

## 1.1 ANTECEDENTES

El Instituto Boliviano de Normalización (IBNORCA) busca constantemente desarrollar proyectos que permitan difundir las normas bolivianas y capacitar a los diferentes sectores, entre ellos el tema de inocuidad de los alimentos, basándose siempre en la contribución al mejoramiento de calidad de productos alimenticios (Gutiérrez, 2010).

Por su parte el SENASAG busca proteger la inocuidad alimentaria, con la finalidad de garantizar la seguridad alimentaria. Según la Ley N°2061 (Ley de creación de SENASAG), tiene entre sus funciones: el control y la garantía de la inocuidad de los alimentos, en los tramos productivos y declarar emergencia pública en asuntos de inocuidad alimentaria (Paredes, 2017).

Asimismo, la Defensa del Consumidor busca propiciar que las relaciones de consumo se ajusten al ordenamiento jurídico vigente, a través de la información y asesoramiento de los consumidores sobre sus derechos y obligaciones mediante el control al efectivo cumplimiento de la normativa y controlando la calidad de productos ofrecidos (Área Defensa del Consumidor en Bolivia, 2017).

El Servicio Departamental de Salud (SEDES) a su vez efectúa de forma desconcentrada el registro y control sanitario de alimentos, respetando la competencia de los gobiernos municipales (Gobernación de Tarija, 2017).

Así también otra institución que realiza los controles y vela por la inocuidad alimentaria es la Intendencia Municipal que tiene como tarea principal realizar el decomiso y destrucción de los productos vencidos que se expenden en mercados y comercios (Gobernación de Tarija, 2013).

En lo que respecta al Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.); es dependiente del Departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y autorizado por el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria “SENASAG”.

Elabora productos alimenticios, mediante el uso de tecnologías adecuadas considerando las normas de calidad vigentes para ofrecer productos sanos, nutritivos e inocuos al consumidor. Asimismo, este laboratorio cuenta con dos áreas, uno de ellas es el área de lácteos, donde se incorpora el área de frutas y otra es el área de cárnicos. En el área de lácteos se elaboran productos como ser: yogur frutado y batido, queso fundido, madurado y dietético, dulce de leche y otros derivados a partir de la leche (U.A.J.M.S, 2017).

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

1. Con el siguiente trabajo se pretende establecer los parámetros fisicoquímicos (humedad, pH y acidez) de caducidad del queso madurado elaborado en el Laboratorio Taller de Alimentos, para determinar el tiempo de durabilidad y vida útil.
2. El presente trabajo tiene la finalidad de coadyuvar a mejorar el producto durante su almacenamiento, mediante la aplicación de métodos de conservación en alimentos.
3. Asimismo, el presente estudio coadyuvará al Laboratorio Taller de Alimentos, especialmente en el área de lácteos con el fin de establecer y/o controlar los parámetros que influyen en el deterioro del queso madurado.
4. Debido a que el queso madurado es un producto perecedero y de consumo preferente por la población, este trabajo está orientado a determinar el tiempo de vida útil.

## **1.3 OBJETIVOS**

Los objetivos planteados para el presente trabajo de investigación son los siguientes:

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar los parámetros de vida útil del queso madurado elaborado en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.), mediante los métodos de

conservación de alimentos, con el fin de establecer las condiciones de almacenamiento.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características físicas y propiedades fisicoquímicas del queso madurado con la finalidad de conocer su composición nutricional.
- Determinar los atributos sensoriales del queso madurado a través de la evaluación sensorial, con el fin de detectar alguna variación organoléptica.
- Determinar los parámetros de caducidad del queso madurado elaborado en el L.T.A, con el propósito de conocer el comportamiento de las variables fisicoquímicas que ocasionan el deterioro de los mismos.
- Interpretar los resultados obtenidos para determinar el tiempo de vida útil del queso madurado.
- Determinar las condiciones de almacenamiento de los quesos madurados elaborados en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.)

### **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

No se tiene suficiente conocimiento, sobre el tiempo de durabilidad del queso madurado elaborado en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A), siendo que la fecha de caducidad de este producto delimitará su tiempo de consumo, se hace necesario un estudio de control para determinar el tiempo de vida útil.

### **1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles serán los métodos de conservación de alimentos a ser aplicados en el queso madurado elaborado en el Laboratorio Taller de Alimentos, que permitan determinar los parámetros de vida útil y establecer las condiciones de almacenamiento?

## 1.6 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Realizando el seguimiento de los parámetros fisicoquímicos: humedad, pH y acidez y del análisis microbiológico de mohos y levaduras ¿se podrá determinar el tiempo de vida útil del queso madurado del Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.)?

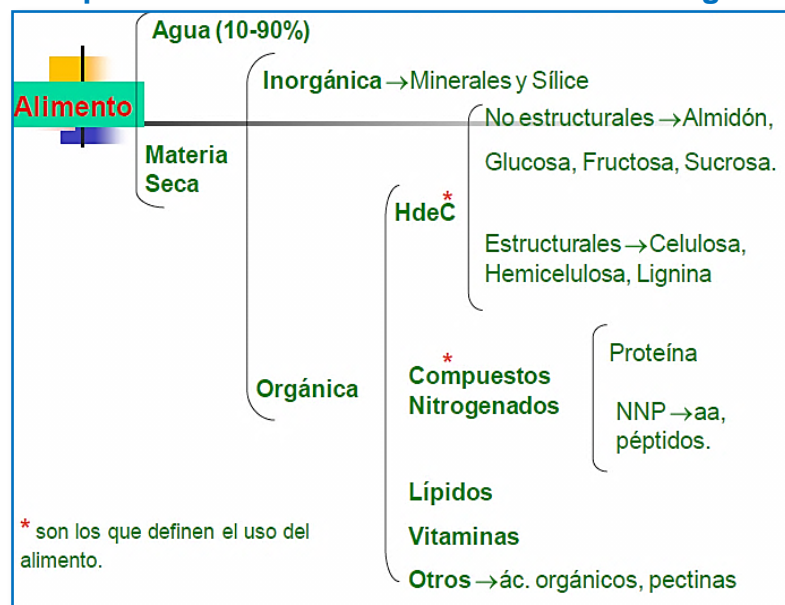
## 2.1 DEFINICIÓN DE ALIMENTO

Un alimento es toda sustancia capaz de aportar nutrientes, como aquello que los seres vivos comen y beben para su subsistencia. El término procede del latín *alimentum* y permite nombrar a cada una de las sustancias sólidas o líquidas que nutren a los seres humanos, las plantas o los animales (Pérez, 2010). En general se define como alimento a toda sustancia nutritiva, sólida o líquida, que permite cumplir las funciones vitales, para el correcto funcionamiento del cuerpo en los seres vivos (Restrepo y Montoya, 2010).

### 2.1.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LOS ALIMENTOS

En general los alimentos se componen de varios nutrientes, estos son compuestos que cubren los requerimientos específicos de los seres vivos (seres humanos y animales) y que se metabolizan con el fin de proveer energía y generar estructuras (óseas, musculares) y/o secreciones (leche). Ejemplo: Hidratos de carbono (estructurales y no estructurales), lípidos, proteínas, minerales y vitaminas (Izarra, 2017), como se observa en la figura 2.1:

**Figura 2.1**  
**Composición nutricional de los alimentos en general**



Fuente: Izarra, 2017.

### 2.1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos se pueden clasificar en varios tipos (Pérez, 2010). La clasificación más habitual y utilizada de los alimentos es la que los agrupa en:

- Cereales, patatas y legumbres.
- Leche y derivados, que aportan un importante número de nutrientes.
- Pescado.
- Huevos.
- Carne, ésta junto a los dos grupos anteriores, es la que se encarga de otorgar al cuerpo humano las proteínas necesarias.
- Grasas y aceites, donde se encuentran, por ejemplo, los frutos secos.
- Frutas y verduras, que se identifican por su gran riqueza en cuanto a minerales y vitaminas.
- Azúcares.

Esta clasificación es la que se usa a la hora de confeccionar una dieta sana y equilibrada que aporte las necesidades que tiene cada organismo (Pérez, 2010). En la figura 2.2, se observan algunos grupos de alimentos:

**Figura 2.2**  
**Grupos de alimentos**



**Fuente:** Izarra, 2017.

## 2.2 CONSERVACIÓN EN ALIMENTOS

La conservación en alimentos, es un conjunto de procedimientos y recursos para preparar y envasar los productos alimenticios con el fin de guardarlos y consumirlos mucho tiempo después. Las sustancias que constituyen los alimentos se alteran con cierta rapidez es por esta razón que el objetivo principal de la conservación de alimentos es prevenir o retardar el daño causado por los microbios y, por ende, su efecto nocivo sobre el alimento. Para ello, es necesario aplicar un adecuado tratamiento; los alimentos sometidos a este tratamiento son llamados conservas alimenticias. La conservación de alimentos corresponde a un conjunto de técnicas encargadas de aumentar la vida y disponibilidad para el consumo humano. Los alimentos son perecederos por lo que necesitan condiciones de tratamiento, conservación y manipulación. Estas técnicas han permitido que alimentos estacionales sean de consumo permanente y asimismo ser aprovechados al máximo (Izarra, 2017). En la figura 2.3, se observan algunas frutas y bebidas conservadas en refrigeración:

**Figura 2.3**  
**Alimentos y bebidas conservados en refrigeración**



**Fuente:** *Izarra, 2017.*

### 2.2.1 MÉTODOS DE CONSERVACIÓN EN ALIMENTOS

Los sistemas de conservación de los alimentos son aquellos que evitan que puedan llegar a producirse alteraciones en el alimento (Gratton, 2011).

En la tabla 2.1, se exponen de forma sintética los tratamientos más generales aplicados en la conservación de los alimentos:

**Tabla 2.1**  
**Métodos de conservación de los alimentos**

<b>Aplicación de Frío</b>	<b>Aplicación de Calor</b>	<b>Modificación de la cantidad de agua</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigeración</li> <li>• Congelación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escaldado</li> <li>• Pasteurización</li> <li>• Esterilización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deshidratación</li> <li>• Liofilización</li> <li>• Concentración</li> </ul>
<b>Métodos químicos</b>		<b>Nuevas tecnologías</b>
Modifican las propiedades sensoriales	No modifican las propiedades sensoriales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiaciones: Ionizantes y no ionizantes.</li> <li>• Altas presiones</li> <li>• Campos eléctricos</li> <li>• Campos magnéticos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Adición de sales:</u> Salazón y curado.</li> <li>• <u>Componentes del humo:</u> Ahumado.</li> <li>• <u>Acidificación:</u> Encurtido, escabeches y marinada.</li> <li>• <u>Adición de azúcar:</u> Glaseado.</li> <li>• <u>Fermentación:</u> Grajeado, alcohólica, acética y butírica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservantes químicos</li> </ul>	

**Fuente:** Gratton y Juliarena, 2011.

## 2.2.2 CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS

Para asegurar que los productos lácteos se conserven sin deteriorarse se debe tener en cuenta una serie de pautas, las mismas que se presentan a continuación (Pérez, 2010):



- La mayoría de los productos lácteos deben estar refrigerados por debajo de los 5°C, deben ser colocados en la parte de atrás de la nevera ya que esta zona es la más fría.
- Nunca se debe congelar leches, natas frescas o fermentadas ya que se tienden a cortarse, tampoco se recomienda congelar los quesos frescos tampoco ya que contienen mucha agua y pueden perder parte de sus propiedades.
- Cuando se deteriora la leche o la nata, estas se ponen rancias, agrias o amargas.
- Los recipientes transparentes deben estar en la oscuridad para evitar los rayos de luz que originan malos olores en estos productos.
- Guardar la mantequilla envuelta para evitar que absorba otros olores de la nevera.
- Almacenar el queso en el cajón de la nevera para retrasar su curación.
- El frío excesivo causará que el queso que consumamos sea poco aromático.
- Sacar 1 hora antes de su consumo el queso del frigorífico. Cuando el queso está a una temperatura baja, la grasa de la leche está congelada y el queso pierde parte de su sabor. Por eso se debe sacar el queso de la nevera para que la temperatura ambiente derrita dicha grasa y haga que el queso recupere su textura y sabor.

### **2.3 DEFINICIÓN DE QUESO**

El queso es el producto sólido o semisólido, madurado o fresco en el que el valor de la relación suero proteínas/caseína no supera al de la leche, es obtenido por coagulación (total o parcial) de la leche por medio de la acción del cuajo o de otros agentes coagulantes adecuados, con un escurrido parcial del lactosuero (Licata, 2017).

El queso es un alimento fresco o curado, fruto de la coagulación de la leche y la posterior separación del suero. Existen cientos de tipos de quesos en función de la leche utilizada, la maduración, microorganismos añadidos, etc. Es una fuente importante de calcio y proteínas, pero también de grasas (Pérez, 2017).

El queso es el producto obtenido por coagulación de la leche cruda o pasteurizada (entera, semidescremada y descremada), constituido esencialmente por caseína de la leche en forma de gel más o menos deshidratado (Eck, 2000). Mediante este proceso se logra preservar el valor nutritivo de la mayoría de los componentes de la leche, incluidas las grasas, proteínas y otros constituyentes menores, generando un sabor especial y una consistencia sólida o semisólida en el producto obtenido (Vélez, 2009).

Desde el punto de vista fisicoquímico, el queso se define como un sistema tridimensional tipo gel, formado básicamente por caseína integrada en un complejo caseinato fosfato cálcico, el cual, por coagulación engloba glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas y otras sustancias menores de la leche, las cuales permanecen absorbidas en el sistema o se mantiene en la fase acuosa retenida (Walstra, 2006).

### **2.3.1 TIPOS DE QUESO Y SU COMPOSICIÓN NUTRICIONAL**

El queso es un alimento de amplio consumo a nivel mundial, cuyas características nutritivas, funcionales, texturales y sensoriales difieren entre cada tipo. Se estima que existen más de 2000 variedades de queso, entre no madurados, semi madurados y frescos (Gunasekaran y Ak, 2003).

Los criterios para la clasificación de queso son múltiples, ya que pueden basarse en cuestiones documentales, jurídicas o tecnologías (Licata, 2017).

En la tabla 2.2, se muestran algunos tipos de queso y su composición, en cuanto a proteínas, grasa, colesterol e hidratos de carbono:

**Tabla 2.2**  
**Tabla comparativa de quesos en cuanto a su composición nutricional**

Tipos de queso	Energía (Kcal)	Proteínas (g)	Grasa total (g)	Grasa saturada (g)	Grasa mono-insaturada (g)	Grasa poli-insaturada (g)	Colesterol (mg)	Hidratos de carbono (g)
Blanco desnatado	78	13.3	1.4	0.9	0.4	trazas	5	3.3
Azul	353	21	29.5	18.5	8.6	0.9	88	0.7
Brie	329	20	27.5	17.5	8	0.8	80	trazas
Camembert	297	20	24	15	6.5	0.6	92	0.4
Cheddar	414	26	34	21.5	9.4	1.4	110	trazas
De Bola	350	29	25	14.8	7.2	0.6	85	2
De Burgos	203	15	15	8.8	4.3	0.9	14.5	2.5
De Cabrales	390	21	33	17	9.5	0.83	*	2
Emmental	380	28	30	18.4	9.2	1.3	100	0.2
Gallego	350	23	28	15	8	0.7	85	2
Gruyere	268	8	25	*	*	*	*	3
Manchego curado	467	36	36	19	8.4	6.2	74.4	0.5
Manchego fresco	332	26	25	13.6	7.2	0.7	*	trazas
Manchego semicurado	392	29	30	19	9	0.7	87	0.5
Parmesano	420	40	29	17.2	8.5	1.1	100	trazas
Roquefort	370	19	33	20.7	8	1.5	100	trazas
Villalón	490	17.5	*	*	*	*	*	1.9
Requesón (ricota)	97	13.6	4	2.5	1	0.1	19	1.8

**Fuente:** *Licata, 2017.*

### 2.3.1.1 CLASIFICACIÓN Y CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE LOS QUESOS

El queso es producido en todo el mundo con una gran diversidad de sabores y aromas, texturas y formas habiéndose recopilado en diversos catálogos y trabajos más de 2000 variedades y tipos (Fox, 2000).

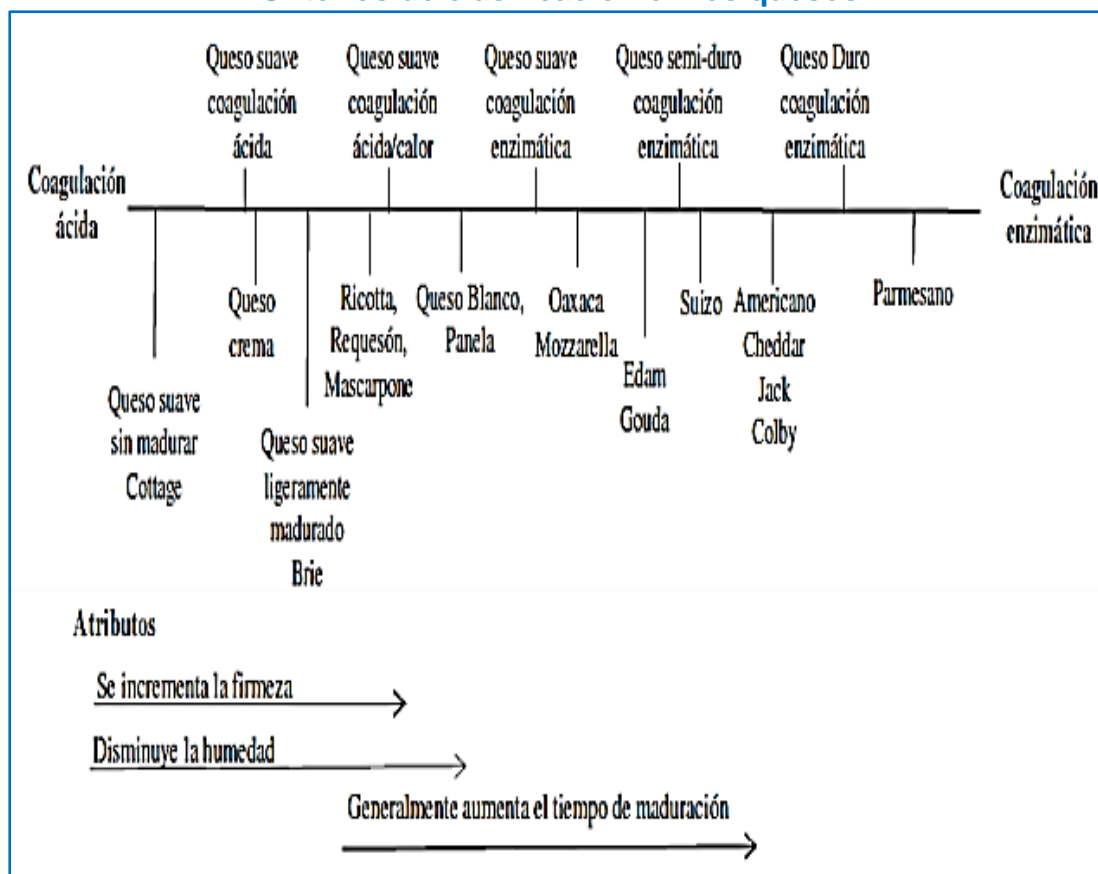
Existen diversos criterios de clasificación en base a las condiciones de proceso o las características fisicoquímicas del tipo de queso:

- a) Por el contenido de humedad se clasifican en quesos duros (20-42%), semiduros (44-55%) y blandos o suaves (aproximadamente 55%) (Scott, 1998).

- b) De acuerdo al tipo de coagulación de la caseína se clasifican en quesos de coagulación enzimática, quesos de coagulación ácida y quesos de coagulación ácida/térmica (Fox, 2000).
- c) De acuerdo a su estado de maduración, se denominan: frescos (6 días), semi-madurado (40 días) y madurados (>70 días) (McSweeney, 2004).

El queso presenta diversos nombres según la región de producción y numerosas variantes en cuanto a las técnicas de elaboración. El queso fresco se caracteriza por un contenido de humedad elevado, un sabor suave y un período de vida de anaquel corto, por lo que debe ser refrigerado (Ramírez y López, 2012). En la figura 2.4, se muestra una representación que engloba estos criterios de clasificación (Farkye, 2004):

**Figura 2.4**  
**Criterios de clasificación en los quesos**



Fuente: Farkye, 2004.

### 2.3.2 DEFINICIÓN DE QUESO MADURADO

De acuerdo a la Norma Oficial Boliviana (NB 33021) establecida para quesos madurados, el queso madurado se define como un producto lácteo elaborado con la cuajada de leche entera, parcial o totalmente descremada, de vaca u otra especie animal, por coagulación de la caseína con el cuajo (quimosina o renina), otras enzimas, microorganismos lácticos, ácidos orgánicos y la adición de fermentos de maduración láctica, mohos especiales, aditivos y condimentos. Es aquel queso que es mantenido durante cierto tiempo a cierta temperatura en condiciones tales que se produzcan los cambios químicos y físicos necesarios para adquirir sus características propias (IBNORCA, 2010). En la figura 2.5, se muestra la imagen de un tipo de queso madurado:

**Figura 2.5**  
**Queso madurado**



**Fuente:** *Licata, 2017.*

### 2.3.3 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS CONTROLADOS EN EL QUESO

Algunos de las determinaciones analíticas para realizar el control de calidad fisicoquímico en el queso, son las siguientes (Ruíz y López, 2009):

- Determinación del contenido de humedad.
- Determinación de pH.
- Determinación de acidez.

- Determinación de materia grasa.
- Determinación de extracto seco.
- Determinación de cloruro sódico (sal), etc.

### 2.3.3.1 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN QUESOS

Cuando un alimento es sometido a secado y a una temperatura adecuada, presenta una pérdida de peso, debido a la evaporación del agua, esta pérdida de peso se mide analíticamente reportándose como humedad (López y Barriga, 2015). La Ecuación 2.1, corresponde al cálculo para determinar el porcentaje de humedad en alimentos y por ende en quesos:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(m_{\text{cápsula}} + m_{\text{muestra}}) - m_{\text{final}}}{m_{\text{muestra}}} \times 100\% \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

Donde:

$m_{\text{cápsula}}$  =Peso de la cápsula vacía (g).

$m_{\text{muestra}}$  =Peso de la muestra (g).

$m_{\text{final}}$  =Peso de la cápsula con muestra seca (g).

### 2.3.3.2 CONTROL DE pH EN QUESOS

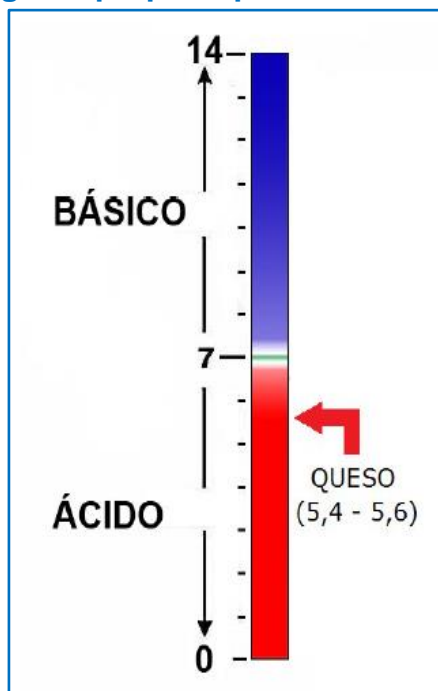
Se reconoce también que el pH es uno de los parámetros que afecta sobre todo las propiedades texturales del queso, debido a su efecto sobre la red de proteínas (Watkinson, 2001). Es una forma de expresar la concentración de iones Hidrógeno  $[H^+]$  o más exactamente de su actividad (Restrepo y Montoya, 2010). En la Ecuación 2.2, se observa la concentración de iones hidrógeno relacionados con el pH:

$$\text{pH} = -\log [H^+] \quad \text{pH} = \log 1/[H^+] \quad \text{Ecuación (2.2)}$$

La determinación de pH en queso, siempre que sea posible, se realiza directamente sobre el mismo. La escala de pH va de 0 hasta 14 y el valor de

7 representa la neutralidad. Concentraciones excesivas de iones de hidrógeno ( $H^+$ ), afectan el agua en algunos de sus usos y por esta razón es una medida de contaminación en potencia. En la figura 2.6, se observa el rango de pH para quesos madurados (Restrepo y Montoya, 2010).

**Figura 2.6**  
**Rango de pH para quesos madurados**



**Fuente:** López y Barriga, 2015.

Si no fuera posible realizar la medida directamente, se realizará una dispersión previa del queso en agua destilada y después se hace la medida directa con ayuda de un pH-metro. La precisión entre los resultados de dos determinaciones sucesivas debe ser de 0,10 pH, el valor para queso semimaduros va de 5.20 a 5.40 (López y Barriga, 2015).

### **2.3.3.3 DETERMINACIÓN DE ACIDEZ EN QUESOS**

La acidez en el queso es otro factor que no solo tiene incidencia sobre el sabor, sino también directamente en los cambios que experimenta la red de proteína (cuajada) del queso, teniendo esta una correlación directa en los fenómenos de sinéresis (es decir; a mayor acidez, mayor sinéresis) y textura final (Pinho,

2004). La Ecuación 2.3, corresponde al cálculo para determinar el porcentaje de ácido láctico (%) en alimentos:

$$\text{Acidez(\%)} = \frac{\text{Vol}_{\text{gastado}}(\text{NaOH}) \times (0,09)}{m_{\text{muestra}}} \quad \text{Ecuación (2.3)}$$

Donde:

$V_{\text{gastado}}(\text{Na OH})$  = Volumen de Na OH gastado en la titulación.  
 0,09 = Factor de Na OH (0,1N).  
 $m_{\text{muestra}}$  = Cantidad de la muestra en mililitros (ml).

Para una normalidad de Hidróxido de sodio 0,5 N se tiene la Ecuación 2.4:

$$\text{Ácido láctico (\%)} = \frac{9}{2} \times \frac{\text{Vol}_{\text{gastado}}(\text{NaOH}) \times f}{m_{\text{muestra}}} \quad \text{Ecuación (2.4)}$$

Donde:

$9/2$  = Valor calculado para Na OH (0,5 N), con respecto a la normalidad de Hidróxido de sodio (0,1N).  
 $V_{\text{gastado}}(\text{Na OH})$  = Volumen de Na OH gastado en la titulación.  
 f = Factor de Na OH (0,5N).  
 $m_{\text{muestra}}$  = Cantidad de la muestra en gramos.

### 2.3.4 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS CONTROLADAS EN LOS QUESOS

La contaminación fúngica de un alimento tiene mucha importancia, no tan sólo por su acción deteriorante, que pudre y malogra materias primas y productos manufacturados, sino también por la capacidad de algunos hongos para sintetizar gran variedad de micotoxinas, para provocar infecciones e incluso reacciones alérgicas en personas hipersensibles a los antígenos fúngicos. Por estos motivos, para conocer la calidad microbiológica de un producto, es pertinente realizar un recuento de hongos y levaduras (Restrepo y Montoya, 2010). El crecimiento y la supervivencia de los microorganismos están fuertemente influenciados por el pH y el contenido de ácidos orgánicos del



alimento. Éstos determinan, de acuerdo a su valor, floras contaminantes diferentes y de distinta resistencia a los factores de conservación. Las bacterias en general requieren un rango de pH externo entre 4-9 para poder crecer; mientras que los hongos y levaduras exhiben mayor tolerancia, pudiendo desarrollarse en los rangos de pH externo 1,5-11,0 y de 1,5-8,0, respectivamente (Alzamora, 1997). Los microorganismos que son resistentes a valores bajos de pH (hongos, levaduras y bacterias acidófilas), poseen también valores menores de pH, lo que indicaría una adaptación específica al medio ácido (Booth y Kroll, 1989). En la tabla 2.3, se observan los requisitos microbiológicos que deben cumplir los quesos madurados, de acuerdo a la Norma Boliviana (ver Anexo I, NB 33021) (Gutiérrez, 2010):

**Tabla 2.3**  
**Características microbiológicas controladas en el queso madurado establecidas en la norma boliviana**

<b>Características</b>	<b>n</b>	<b>c</b>	<b>m</b>	<b>M</b>
Coliformes totales	5	2	1000	5000
Staphylococcus aureus UFC/g	5	2	100	1000
Listeria monocytogenes	5	0	0	0
Salmonella	5	0	0	0

**Fuente:** Gutiérrez, 2010.

Donde:

**n=** Número de unidades de muestras a ser examinadas.

**m=** Valor del parámetro microbiológico por el cual o por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud.

**c=** Número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre “m” y “M” para que el alimento sea aceptable.

**M=** Valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

En la tabla 2.4, se muestran las características microbiológicas que deben cumplir los quesos frescos, de acuerdo a la Norma Colombiana (ver Anexo I, Resolución 01804 de 1989):

**Tabla 2.4**  
**Características microbiológicas controladas en el queso establecidas por la norma colombiana**

Características	n	c	m	M
NMP Coliformes totales/g	3	0	<100	-
Hongos y Levaduras/g	3	1	100	500
Estafilococos coagulasa positiva/g	3	1	1.000	5.000
Salmonella/25g	3	0	0	-

**Fuente:** *Harraut, 1989.*

En la figura 2.7, se observa el análisis microbiológico para el recuento de hongos filamentosos y levaduras en alimentos, que es realizado comúnmente en un laboratorio de microbiología (Coli, 2017):

**Figura 2.7**  
**Cultivo de hongos y levaduras en alimentos**



**Fuente:** *Coli, 2017.*

### 2.3.5 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS SENSORIAL EN EL QUESO

Evaluar, catar y/o analizar un queso, consiste en examinarlo mediante los sentidos con el objeto de captar y valorar los caracteres que se perciben a través de ellos. Como estos caracteres desempeñan un papel determinante en la decisión de compra del producto por el consumidor, el análisis sensorial es un auxiliar de suma importancia para el control y mejora de la calidad en los quesos (Coste, 2017). El análisis sensorial es de suma importancia para el control y mejora de la calidad de los alimentos ya que, a diferencia del análisis fisicoquímico o microbiológico, que sólo dan información parcial acerca de alguna de las propiedades del alimento, el análisis sensorial permite darse una idea global del producto de forma rápida, llegando a informar en algunos casos, su grado de aceptación o rechazo (Cornejo, 2004).

#### 2.3.5.1 ATRIBUTOS SENSORIALES EVALUADOS EN EL QUESO

Para la evaluación sensorial de productos lácteos, se establece que cada atributo debe ser evaluado separadamente, esta evaluación deberá realizarse además en relación a los siguientes atributos (Coste, 2017), como se observa en la tabla 2.5:

**Tabla 2.5**  
**Atributos sensoriales evaluados en el queso en general**

Apariencia exterior	Apariencia interior (color)	Consistencia/textura (Propiedades)	Flavor (olor y gusto)
Forma	Tono/matiz	<b>Mecánicas:</b> Reacción del producto a una fuerza.	Lácticos
	Intensidad		Vegetales
	Uniformidad		Florales
	Brillo/mate		Afrutados
Tamaño	Aureola o cerco	<b>Geométricas:</b> Son aquellas que están relacionadas con el tamaño, la forma y la distribución de las partículas.	Torrefactos
	Ojos	<b>De superficie:</b> Aquellas relacionadas con las sensaciones producidas por el contenido de agua o de grasa en el producto.	Animales
	Rugosidad		Espicias
Peso	Humedad y/o grasa		Otros, jabón, rancio, ensilado, etc.

**Fuente:** Coste, 2017.

## 2.4 ALTERACIÓN DE LOS ALIMENTOS Y SU CLASIFICACIÓN

Un alimento está alterado cuando en él se presentan cambios que limitan su aprovechamiento. El alimento alterado tiene modificadas sus características organolépticas, lo cual hace que no sea apto para el consumo, sin que ello suponga siempre que sea peligroso para la salud. Según la facilidad con la que se alteran los alimentos los podemos clasificar en (Elika, 2010):

- Estables o no perecederos: Son aquellos que contienen menos de un 12% de agua libre. Por ejemplo, azúcar, harina, alubias secas, etc.
- Semiperecederos: Contienen menos de un 60% de agua libre o tienen ácidos o azúcares que dificultan el desarrollo microbiano. Es el caso de las patatas, manzanas, nueces sin cáscara, Si se manipulan y conservan de forma adecuada tardan en alterarse.
- Perecederos: Se alteran con facilidad si no se utilizan procedimientos de conservación específicos.

### 2.4.1 FACTORES QUE PRODUCEN ALTERACIÓN EN LOS ALIMENTOS

Los agentes que provocan este fenómeno de alteración, son principalmente los siguientes (Elika, 2010):

- *Agentes físicos*: son generalmente los atmosféricos, tales como el grado de humedad, actividad del agua, la temperatura y el tiempo.
- *Agentes químicos*: el oxígeno del aire y la luz, el pH y la acidez, que provocan fenómenos de oxidación.
- *Agentes biológicos*: es la propia composición del alimento, como puede ser el caso de las enzimas propias del producto y las procedentes de las bacterias, levaduras y mohos. También han de considerarse otros agentes como parásitos, roedores, etc.

En el cuadro 2.1, se observan las principales causas de alteraciones en los alimentos:

**Cuadro 2.1**  
**Principales causas de alteración en los alimentos**

Tipo de agente	Causa de la alteración	
Agentes físicos	Mecánicas	
	Temperatura	
	Humedad	
	Aire	
	Luz, etc.	
Agentes químicos	Pardeamiento	
	Enranciamiento, etc.	
Agentes biológicos	Enzimáticos	
	Parásitos	
		Bacterias
	Microorganismos	Hongos
		Levaduras

**Fuente:** Gratton y Juliarena, 2011.

## 2.4.2 FACTORES QUE AFECTAN LAS PROPIEDADES DEL QUESO

Independientemente del origen de la leche, las propiedades físicas del queso se rigen por la interacción entre las moléculas de caseína (Tunick, 2000). Algunos de los factores que influyen en estas interacciones varían en función del tipo de queso, el grado de maduración (Lucey et al., 2003), su composición química (en particular el contenido de caseína y de la distribución de la humedad y la grasa), el contenido de sal, pH y acidez (Guo et al., 2012; Scholz, 1995), así como determinadas condiciones medioambientales como ser la temperatura (Johnson y Law, 2011).

### 2.4.2.1 CAMBIOS BIOQUÍMICOS Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS QUE SE PRODUCEN EN EL QUESO

En términos generales, se habla de que existen dos fenómenos opuestos que controlan la firmeza del queso:

- El primero consiste en la acción de las diferentes enzimas proteolíticas sobre la matriz proteica, principalmente sobre la  $\alpha_{S1}$ -caseína, que da como resultado, una disminución de la firmeza y como consecuencia,

modificaciones en algunas propiedades como el color, la elasticidad y textura del queso (Lawrence et al., 1987; Lucey et al., 2003).

- El segundo es el efecto en la pérdida de humedad, que al provocar una disminución de la hidratación de las proteínas conduce a una mayor interacción de las mismas provocando el aumento en la firmeza de la matriz proteica (Adda et al. 1982; Walstra, 1990).

Otro de los cambios bioquímicos que ocurren en el queso es la lipólisis, ya que en la estructura del queso la grasa se encuentra distribuida como material de relleno. En la matriz proteica, por lo tanto, si se incrementa su contenido en la formulación, el queso presentará menor firmeza y mayor elasticidad, mientras que cuando su contenido se reduzca (ya sea por acción lipolítica o intencional para fines de obtener un producto con bajo contenido en grasa) se obtendrán quesos más duros y rígidos (Theophilou y Wibey, 2007; Brighenti et al., 2008).

#### **2.4.2.1.1 EFECTO DEL pH EN EL QUESO**

Se reconoce también que el pH es uno de los parámetros que afecta sobre todo las propiedades texturales del queso, debido a su efecto sobre la red de proteínas. Un pH cercano al punto isoeléctrico provoca fuertes fuerzas iónicas e hidrófobas que resultan en una red de caseína compacta típica de los quesos duros, mientras que en el caso de un pH más alto las caseínas presentan una carga negativa, lo que genera repulsión entre los agregados proteicos, generándose un queso con mayor humedad, más elástico y menos compacto (Watkinson et al., 2001; Lu et al., 2008).

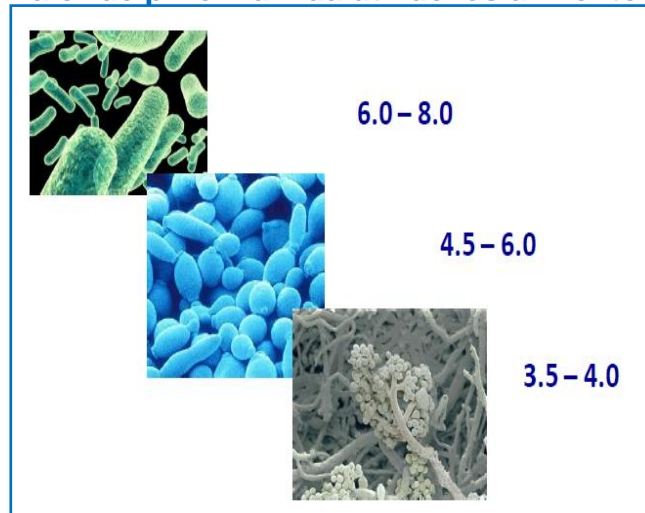
En los quesos frescos, la elevada humedad y el bajo pH, son condiciones que afectan notoriamente la textura y sabor durante la conservación, de forma que una excesiva proteólisis podría ocasionar defectos como una textura excesivamente blanda y un sabor amargo (Fox y McSweeney, 1996). Un ejemplo donde se hace más evidente este defecto es en el queso Oaxaca (de México), que con el tiempo se ablanda, pierde elasticidad y definición visual

de hilado, semejante al que se observa en el queso Mozzarella (Imm et al., 2003; Zisu y Shah, 2005).

#### 2.4.2.1.2 EFECTO DE LA ACIDEZ EN EL QUESO

La acidez en el queso es otro factor que no solo tiene incidencia sobre el sabor, sino también directamente en los cambios que experimenta la red de proteína (cuajada) del queso, teniendo esta una correlación directa en los fenómenos de sinéresis (es decir; a mayor acidez, mayor sinéresis) y textura final (Pinho et al., 2004). Además de la acidez, la sinéresis está afectada también por circunstancias propias del proceso de elaboración y por la presencia de calcio libre, el cual provoca la unión de la caseína en la red proteica de la cuajada (Walstra, 1990). En la figura 2.8, se observa el desarrollo de microorganismos a diferentes valores de pH en el alimento:

**Figura 2.8**  
**Desarrollo de microorganismos por efecto del valor de pH en la vida útil de los alimentos**



**Fuente:** *Jaramillo, 2013.*

#### 2.4.2.1.3 ALTERACIONES CAUSADAS POR EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS EN EL QUESO

Las propiedades físicas del queso pueden verse afectadas como consecuencia de procesos bioquímicos, tales como la proteólisis y la lipólisis.

Las enzimas involucradas en estos procesos pueden estar presentes en el cuajo, la leche o bien, ser producidas por microorganismos (Sousa, 2001).

Algunos microorganismos más utilizados como cultivos iniciadores, además de metabolizar la lactosa, pueden producir y liberar otros compuestos en el queso (Jiménez-Guzmán et al., 2009), ya que se ha evaluado la presencia de un exopolisacárido producido por una cepa de *Streptococcus thermophilus* en la composición y propiedades de queso Panela, por ejemplo, concluyendo que la presencia de dicho compuesto incrementó la retención de humedad y grasa dentro de la matriz del queso. El principal mecanismo a través de un cultivo iniciador puede afectar las propiedades texturales, reológicas y funcionales del queso, ya tiene que ver con la capacidad de producción de ácido, que como ya se mencionó afecta la red proteica y a su capacidad para retener agua. Un aumento en el contenido de humedad provocará una textura más blanda, menor firmeza, y en el caso de los quesos de pasta hilada, producirá una mayor capacidad de fusión (fundibilidad) (Zisu y Shah, 2005).

#### **2.4.2.1.4 OTROS FACTORES QUE CAUSAN DETERIORO EN EL QUESO**

El uso de cuajo artesanal da como resultado quesos de mayor dureza (bajo prueba de compresión y penetración), adhesividad y elasticidad con respecto al cuajo comercial (Jaramillo y Álvarez, 2003), esto se puede deber a la mayor capacidad proteolítica del coagulante artesanal frente al comercial, derivando de una mayor cremosidad de este tipo de quesos. Algunos estudios demuestran que el cambio de dieta del animal lactante modifica la composición de la leche y en consecuencia puede ocasionar un cambio de leve a moderado en las propiedades reológicas y texturales de queso (Jaramillo y Álvarez, 2003).

#### **2.4.2.1.5 EFECTO DE LA OXIDACIÓN DE GRASAS EN EL QUESO**

Finalmente, la oxidación de las grasas es otro fenómeno presente en el queso en mayor o menor extensión. En quesos frescos la exposición a la luz es la



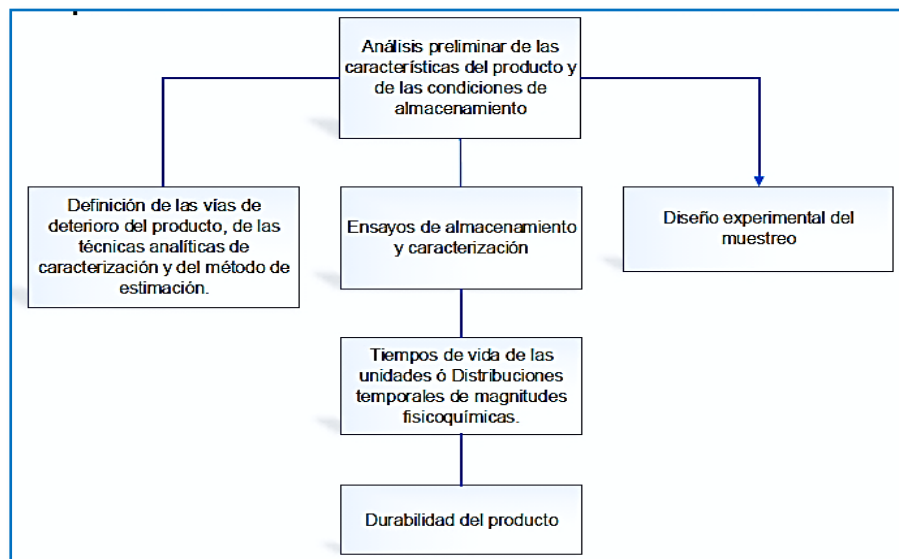
causa principal de oxidación, aparición de aromas atípicos (desagradables) y cambios en el color (Mortense et al., 2004).

En la determinación de vida útil en un alimento que contiene lípidos, es importante conocer los mecanismos y velocidades de reacción. Además de la oxidación del lípido, hay otras reacciones químicas que son inducidas por la luz, y otros factores (Man y Jones, 1997).

## 2.5 VIDA DE ANAQUEL EN ALIMENTOS

Se define como el período de tiempo a partir de la fecha de producción, durante el cual, el alimento mantiene una calidad aceptable, o como el período de tiempo durante el cual el alimento se conserva óptimo para el consumidor. También se entiende como la durabilidad; concebida ésta como el período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, y mantiene sus características sensoriales y funcionales por encima del grado límite de calidad previamente establecido como aceptable (Cantillo, 1994). En la figura 2.9, se muestra el esquema básico para el estudio de la durabilidad en alimentos:

**Figura 2.9**  
**Esquema básico de un estudio de durabilidad en alimentos**



Fuente: Cantillo, 1994.

## **2.6 DEFINICIÓN DE VIDA ÚTIL EN ALIMENTOS**

Esencialmente, la vida útil de un alimento, es el periodo que retendrá un nivel aceptable de su calidad alimenticia desde el punto de vista de la seguridad y del aspecto organoléptico, esto depende de cuatro factores principales: conocer la formulación, el procesado, el empaçado y las condiciones de almacenamiento (Labuza, 1999).

La vida útil (VU) es un período en el cual, bajo circunstancias definidas, se produce una tolerable disminución de la calidad del producto. La calidad engloba muchos aspectos del alimento, como sus características físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales, nutricionales y referentes a inocuidad. En el instante en que alguno de estos parámetros se considera como inaceptable el producto ha llegado al fin de su vida útil (Singh, 2000).

Vida útil o durabilidad es el período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario y mantiene características sensoriales, físico-químicas, nutricionales y funcionales por encima de un grado límite de calidad, previamente establecido como aceptable (Nuñez, 2013).

La vida útil de un alimento es el tiempo que éste puede ser almacenado tras su fabricación hasta que se considera inadecuado para la venta o el consumo (CNTA. 2010).

Es el periodo de tiempo durante el cual un producto puede ser almacenado antes de que un elemento específico provoque que el producto no sea apto para su uso o consumo (Jaramillo, 2013).

### **2.6.1 FACTORES QUE AFECTAN LA VIDA ÚTIL EN LOS ALIMENTOS**

Durante el almacenamiento y distribución, el alimento se expone a una gran gama de condiciones medioambientales. Factores medioambientales como la temperatura, humedad, oxígeno y la luz, pueden activar varios mecanismos

de reacción que pueden llevar a la degradación del alimento. Como consecuencia de estos mecanismos, pueden alterarse alimentos a magnitudes semejantes a la que son rechazados por el consumidor, o pueden causar daños a la persona que los consume. Es por consiguiente indispensable que se entienda bien las deferentes reacciones que causan la deterioración del alimento lo que conlleva a desarrollar procedimientos específicos para la evaluación de la vida útil de los alimentos. Los cambios químicos, físicos y microbiológicos son las causas principales, que provocan deterioro en un alimento (Man y Jones, 1997).

#### **2.6.1.1 CAMBIOS FÍSICOS QUE PRODUCEN DETERIORO EN LOS ALIMENTOS**

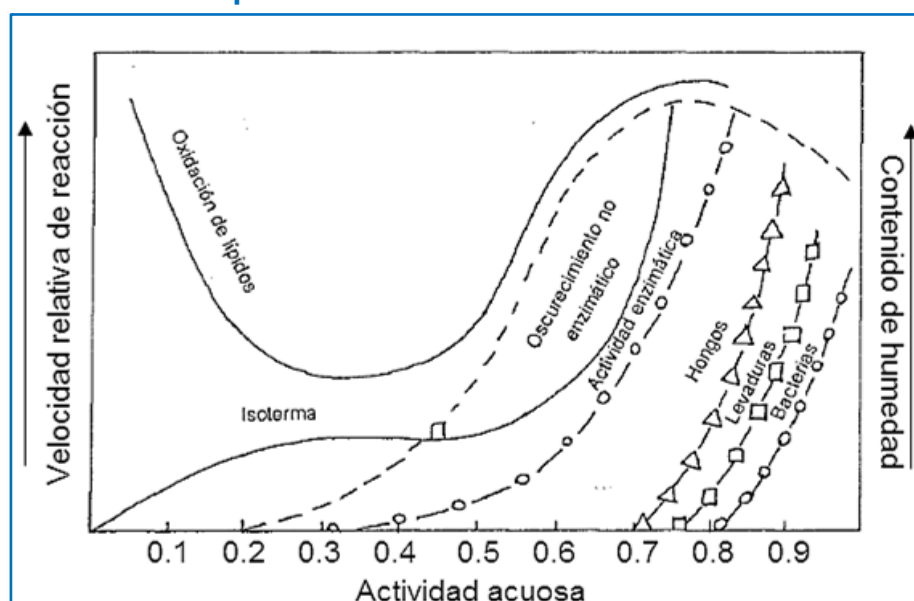
Los cambios físicos son causados por el maltrato de los alimentos durante la cosecha, el procesamiento y la distribución; estos cambios llevan reducir la vida útil de los alimentos. En el caso de alimentos congelados, a fluctuaciones de temperaturas éstos se destruyen más fácilmente. El quemado por congelación es un defecto de la calidad, en alimentos congelados a temperaturas fluctuantes. Si las fluctuaciones son mayores y el alimento sufre un cambio de fase entonces hay cambios indeseables más notorios, por ejemplo, cambios causados en el descongelado y recongelado del alimento (Man y Jones, 1997).

##### **2.6.1.1.1 EFECTO DE LA ACTIVIDAD DEL AGUA ( $a_w$ )**

Reconocidamente la  $a_w$  (actividad de agua) está en correlación con la proporción del crecimiento microbiano y muchas reacciones degradativas como: la hidrólisis enzimática, oxidación, reacción de Millard, pérdida de vitamina, etc., y es un indicador útil de la estabilidad del producto y de la actividad microbiana. Además, en alimentos sensibles a la humedad está constituye un parámetro de calidad por lo que conociendo las condiciones de fabricación y almacenamiento es posible predecir la vida útil (Xiong y Hernandez, 2002).

Los cambios deteriorativos que acontecen en los alimentos dependen fuertemente de la actividad acuosa. Estos cambios incluyen el del colapso de la estructura física, crecimiento microbiano, reacciones enzimáticas, oscurecimiento no enzimático y peroxidación de lípidos. El “mapa” de estabilidad de los alimentos, propuesto por Labuza resume estos cambios (Labuza, 1971). En ese mapa se aprecia que el punto de máxima estabilidad de cualquier alimento es el de la monocapa (Iglesias y Chirife, 1976), como se observa en la figura 2.10:

**Figura 2.10**  
**Mapa de estabilidad de los alimentos**



**Fuente:** Labuza, 1971.

Este “mapa” incluye los aspectos del crecimiento microbiano, reacciones enzimáticas, oscurecimiento no enzimático y peroxidación de lípidos. Esta figura indica lo siguiente (Karel, 1979):

- 1) El punto de máxima estabilidad de los alimentos es el de la monocapa, ya que ahí todas las reacciones deteriorativas de la calidad dan cero o son mínimas.

- 2) Los alimentos frescos son relativamente estables al oscurecimiento no enzimático y la peroxidación de los lípidos, pero son atacados fácilmente por enzimas y microorganismos.
- 3) Los alimentos de humedad “intermedia” (actividad acuosa de 0.7 a 0.8, con adición de fungicidas), por la manera en que han sido diseñados, son estables al ataque microbiano, pero son fuertemente afectados por el oscurecimiento no enzimático y también por las reacciones enzimáticas; no son muy atacados por la peroxidación de los lípidos.
- 4) Los alimentos deshidratados (actividad acuosa menos de 0.62) son relativamente estables a los cambios deteriorativos, especialmente el oscurecimiento no enzimático, las reacciones enzimáticas y el ataque microbiano, dependiendo de su actividad acuosa, pueden ser atacados por la oxidación de lípidos. Obviamente, la estabilidad de estos alimentos aumenta al aproximarse su actividad acuosa a la de la monocapa.
- 5) Un valor de cero (alimento completamente seco) hasta arriba de la monocapa; la velocidad de reacción disminuye uniformemente. En general se ha establecido, que cuando el contenido de humedad es bajo, y especialmente en el caso de los sustratos porosos, la peroxidación de los lípidos insaturados se produce muy rápidamente.

#### **2.6.1.1.2 EFECTO DEL OXÍGENO Y EL DIÓXIDO DE CARBONO**

La disponibilidad de oxígeno es muy importante para las reacciones oxidativas y puede afectar la velocidad y el orden de reacción que depende en si son limitados o en exceso. También afecta la velocidad de respiración y la senescencia de los materiales de los vegetales y el crecimiento microbiano que dependen del potencial redox. La composición de gas es un factor adicional que puede jugar un papel significativo en algunas reacciones de pérdida de calidad (Labuza, 1999).

La presencia de oxígeno en los alrededores del alimento lleva a incrementar las velocidades de oxidación. La concentración de oxígeno es un importante

factor selectivo en todos los ambientes, incluidos los alimentos, que influye en los tipos de microorganismos presentes y en su metabolismo. En el cuadro 2.2, se muestran los tipos de organismos que se desarrollan en presencia o ausencia de oxígeno en un alimento (Elika, 2010):

**Cuadro 2.2**

**Organismos que se desarrollan por efecto del oxígeno en los alimentos**

Organismo	Ambiente en el que se desarrollan
Aerobios	Requieren la presencia de oxígeno para crecer
Anaerobios	Aquellos que no crecen en presencia de oxígeno
Facultativos	Crecen tanto en presencia como en ausencia de oxígeno

**Fuente:** *Elika, 2010.*

### 2.6.1.1.3 ALTERACIÓN DE LOS ALIMENTOS POR EFECTO DE LA TEMPERATURA

El efecto de la temperatura en la vida útil de los alimentos es un factor de distribución. La importancia de la temperatura en las velocidades de reacción ha sido reconocida por mucho tiempo, ya que generalmente, la velocidad de reacción se incrementa conforme se va incrementando la temperatura (Labuza, 1999). La temperatura es uno de los factores que más puede condicionar el crecimiento de los tres tipos de organismos, por encima de los 100°C, punto en el cual los microorganismos empiezan a morir, mientras que si se sitúan por debajo de 0°C no mueren, pero el crecimiento queda inhibido. Las temperaturas de refrigeración, entre 4°C y 8°C, son relativamente seguras (Elika, 2010). En la tabla 2.6, se observan las temperaturas óptimas de crecimiento para ciertos tipos de microorganismos:

**Tabla 2.6**

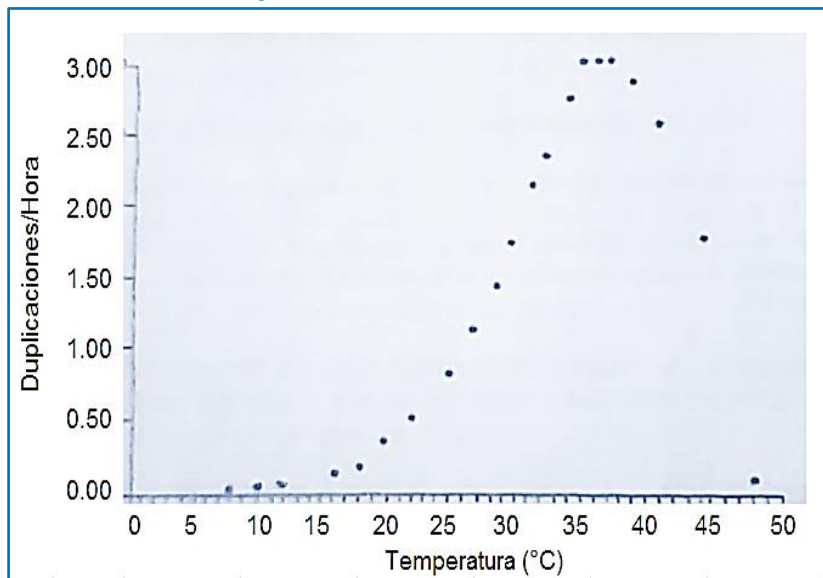
**Temperaturas óptimas de desarrollo para microorganismos**

Clasificación	Rango de Temperatura (°C)	Temperatura óptima (°C)
Termófilos	25-80	50-60
Mesófilos	10-45	20-40
Psicrófilos	-5-30	10-20

**Fuente:** *Biotecnología alimentaria, 2014.*

Se debe tomar en cuenta que no todos los microorganismos crecen en el mismo rango de temperaturas, pues todos ellos tienen una temperatura óptima de crecimiento. Los microorganismos presentan distintos comportamientos en cuanto a la temperatura requerida para su incubación (Biotecnología alimentaria, 2014). En la figura 2.11, se observa el efecto que ejerce la temperatura en el crecimiento y/o desarrollo de microorganismos:

**Figura 2.11**  
**Efecto de la temperatura en el crecimiento microbiano**



**Fuente:** *Biotecnología alimentaria, 2014.*

Los microorganismos presentan distintos comportamientos en cuanto a la temperatura requerida para su incubación. Esto significa que a una determinada temperatura la velocidad de duplicación (o la velocidad de crecimiento poblacional) de los microorganismos es mayor (Biotecnología alimentaria, 2014).

### **2.6.1.2 CAMBIOS QUÍMICOS QUE PRODUCEN DETERIORO EN LOS ALIMENTOS**

Estos cambios pueden causar que un alimento se deteriore y reduciendo así su tiempo de vida útil, ya que durante el proceso y almacenamiento de los alimentos, ocurren varios cambios químicos donde están involucrados los

componentes internos del alimento y los factores medioambientales externos, los cambios químicos más importantes están asociados con la acción enzimática, reacciones de oxidación (particularmente oxidación de los lípidos) que altera el sabor de muchos alimentos, y el pardeamiento no enzimático que causa cambios en la apariencia. A temperaturas favorables, como ser a temperatura ambiente, muchas enzimas reaccionan a velocidades más rápidas que alteran los atributos de calidad en los alimentos. Además de la temperatura, otros factores medioambientales como el oxígeno, el agua y el pH, inducen cambios defectuosos en alimentos que son catalizados por enzimas. La presencia de ácidos grasos insaturados en el alimento son la primera razón para el desarrollo de la rancidez durante el almacenamiento cuando hay oxígeno disponible. Mientras la pérdida de sabores es notable en los alimentos rancios, la generación de radicales libres durante el proceso de autocatálisis lleva a cabo otras reacciones indeseables, por ejemplo, la pérdida de vitaminas, alteración de color, y degradación de proteínas. Las velocidades de oxidación de un lípido son influenciadas por varios factores, como ser la temperatura medioambiental, siendo esta una variable muy importante (Man y Jones, 1997).

### **2.6.1.3 DETERIORO MICROBIOLÓGICO EN ALIMENTOS**

Los microorganismos constituyen un mecanismo importante de deterioro, por lo cual muchos alimentos, especialmente frescos, pierden su calidad. Esto es porque los microbios son ubicuos en el ambiente, y pueden crecer rápidamente. Se ha encontrado que los límites máximo y mínimo de la actividad acuosa para el crecimiento microbiano es entre 0,99 y 0,62. Con respecto a la actividad acuosa mínima, debajo de la cual ya no puede haber crecimiento microbiano, se ha encontrado experimentalmente que ésta depende del tipo de microorganismo. Específicamente se sabe que los microorganismos más resistentes a las bajas actividades acuosas son los hongos, mientras que los menos resistentes son las bacterias. Existe, pues,



una gama de actividad acuosa para el crecimiento normal de cada tipo de microorganismo y un valor abajo del cual el organismo ya no crece (Scott, 1957). En la tabla 2.7, se muestran los valores de la actividad acuosa ( $a_w$ ) que favorecen el crecimiento de microorganismos:

**Tabla 2.7**  
**Valores de la actividad acuosa ( $a_w$ ) que favorecen el crecimiento de microorganismos en los alimentos**

Microorganismo	Gama de $a_w$ para el crecimiento	Valor mínimo de $A_w$ para el crecimiento
Bacterias	0.92-0.99	0.85
Levaduras	0.86-0,93	0.79
Hongos	0.80-0.90	0.62

**Fuente:** Scott, 1957.

Esta tabla indica que todo crecimiento bacteriano es eliminado para actividades menores de 0.85, todo crecimiento de levaduras para actividades menores de 0.78, y todo crecimiento de hongos para actividades menores de 0.62, este último valor representa también la actividad acuosa mínima para el crecimiento de todo tipo de microorganismos.

## 2.7 MÉTODOS PARA DETERMINAR VIDA ÚTIL EN ALIMENTOS

Existen varios métodos para determinar vida útil en alimentos, uno de ellos es mediante modelaciones matemáticas y experimentaciones. En este caso, al inicio del estudio se cuantifican en el producto algunos parámetros fisicoquímicos como, por ejemplo, la actividad de agua y la cantidad de oxígeno presente. Posteriormente los productos sin protección alguna se someten a condiciones de almacenamiento reales pero controladas, y nuevamente con el uso de métodos sensoriales, se determina cuando el producto está fuera de su tiempo vida útil (Ramírez, 1993).

Algunos métodos pueden ser directos e indirectos, como se muestran en el cuadro 2.3 (Jaramillo, 2013):

**Cuadro 2.3**  
**Algunos métodos que permiten determinar la vida útil en alimentos**

Directo	Indirecto
Más utilizado	Emplea estudios de almacenamiento 'acelerados' y microbiología predictiva
Almacenar el producto en condiciones preseleccionadas por un tiempo determinado > a la vida útil esperada	
Controlar el producto a intervalos de tiempo regulares	
Único para cada tipo de producto	

**Fuente:** Jaramillo, 2013.

### 2.7.1 MÉTODOS CINÉTICOS PARA DETERMINAR VIDA ÚTIL EN ALIMENTOS

Estos métodos están basados en la cinética de reacción, son (Anzueto, 2012):

- 1) Orden de la reacción
- 2) Ecuación de Arrhenius
- 3) Gráfica de Vida Útil/Factor Q<sub>10</sub>

#### 2.7.1.1 USO DE LA CINÉTICA DE REACCIONES (ORDEN DE LA REACCIÓN)

La pérdida de calidad (deterioro) de un alimento, puede ser descrita mediante modelos matemáticos. Su importancia radica en que son vías objetivas para predecir los límites de vida útil, estos modelos se fundamentan en que la tasa de deterioro puede expresarse como un cambio en las concentraciones de componentes deseables o indeseables en función del tiempo (Anzueto, 2012). La Ecuación 2.5, es utilizada para determinar la pérdida de calidad en un alimento:

$$\pm \frac{dA}{dt} = k(A)^n$$

**Ecuación (2.5)**

Donde:

- $dA/dt$  = Cambio de cantidad del atributo A con el tiempo.
- A = Cantidad del atributo de calidad a cualquier tiempo t.
- k = Constante de velocidad de reacción.
- t = Tiempo.
- n = Orden de la reacción (0,1,2).

Después de un procedimiento aritmético y aplicando integrales, se obtienen la Ecuación 2.6, para una reacción de orden cero y la Ecuación 2.7, para una ecuación de primer orden (Anzueto, 2012):

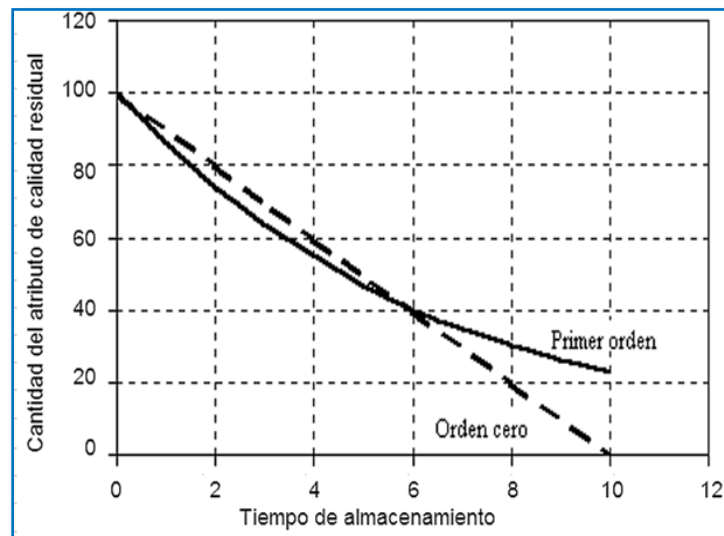
Orden n=0	$A = A_0 - k_c t$	<b>Ecuación (2.6)</b>
Orden n=1	$\ln A = \ln A_0 - k_1 t$	<b>Ecuación (2.7)</b>

Donde:

- $A$  = Valor del atributo al tiempo  $t$ .
- $k_c$  = Constante de velocidad de orden cero (pendiente de la Ecuación 2.6)
- $k_1$  = Constante de velocidad de primer orden (pendiente de la Ecuación 2.7)

Ambas ecuaciones representan una línea recta (Anzueto, 2012). Asimismo, en la figura 2.12, se observa el cambio de calidad respecto del tiempo, tomando en cuenta el efecto del orden de la reacción (Man y Jones, 1997):

**Figura 2.12**  
**Pérdida del atributo de calidad de un alimento mostrando dos diferentes órdenes de reacción**



**Fuente:** Singh citado por Man y Jones, 1996.

La mayoría de las reacciones que muestran pérdidas en la calidad de los alimentos puede ser descrito por cero o primer orden; hay algunos estudios en la literatura que indican el uso de otros órdenes (Man y Jones, 1997).

### 2.7.1.2 DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL EN ALIMENTOS MEDIANTE LA ECUACIÓN DE ARRHENIUS

La relación de Arrhenius, desarrollada teóricamente para las reacciones químicas moleculares reversibles, ha mostrado experimentalmente sostener empíricamente varios y complejos fenómenos físico químico (ejemplo; viscosidad, difusión, sorción). También se ha mostrado la reacción de pérdida de calidad de un alimento descritas por los modelos cinéticos mencionado para seguir un comportamiento de Arrhenius con la temperatura (Man y Jones, 1997). En la vida real el producto puede estar sometido a variaciones de temperatura y puede existir una estrecha relación entre la Temperatura T, y la velocidad de las reacciones, k. Normalmente las constantes de velocidad de reacción, k, obedece a la relación de Arrhenius. Tomando en cuenta la dependencia de la temperatura la ecuación de Arrhenius se expresa como la Ecuación (2.8) (Anzueto, 2012).

$$k = k_0 e^{\left[-\frac{E_A}{RT}\right]}$$

**Ecuación (2.8)**

Donde:

$k_0$  =Es el factor pre-exponencial.

$E_A$  =Es la energía de activación.

$R$  =Es la constante de gas ideal.

$T$  =Es la temperatura en escala absoluta (°K).

Después de un procedimiento aritmético obtenemos, la ecuación lineal de Arrhenius, que corresponde a la Ecuación (2.9):

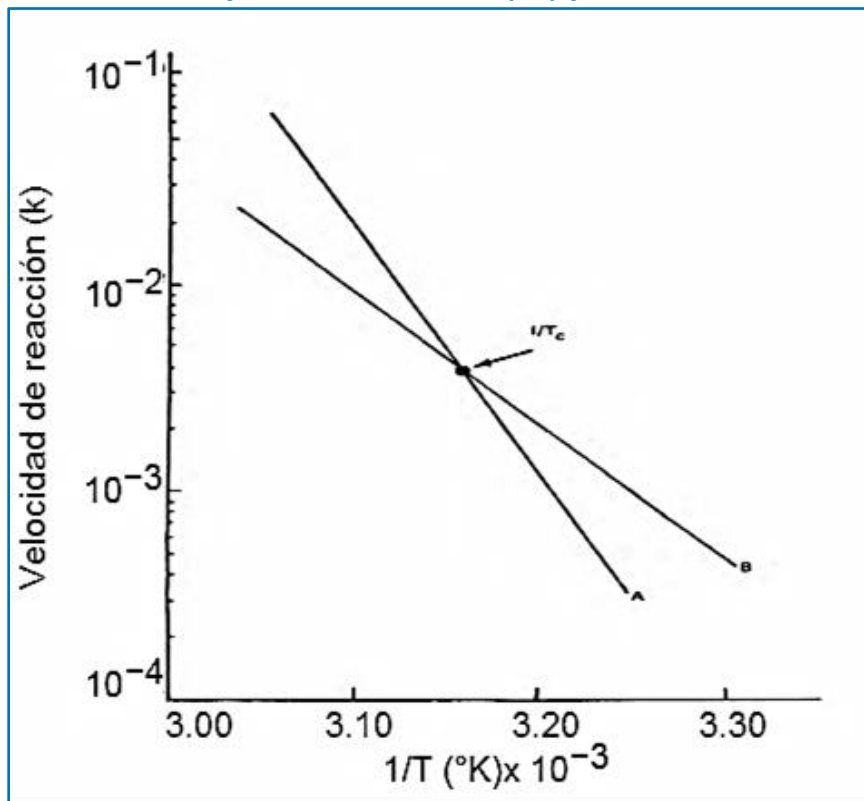
$$\log k = \log k_0 - \left(\frac{E_A}{2.303RT}\right) \times \left(\frac{1}{T}\right)$$

**Ecuación (2.9)**

Es una línea recta en gráfica semi-logarítmica (log k versus 1/T). El valor de  $E_A/R$  es la pendiente (m) de la línea y la energía de activación es  $E_A = m \times R \times 2.303$ . La gráfica se obtiene a partir del cálculo de k (Ecuación 2.6 y Ecuación 2.7) a distintas temperaturas. Por lo menos tres temperaturas (mejor

si es mayor) para tener cierta exactitud. En la figura 2.13, se aprecia la gráfica de Arrhenius donde se encuentra la velocidad de reacción  $k$ , con respecto al inverso de la temperatura absoluta, en grados kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ) para 2 reacciones (Anzueto, 2012):

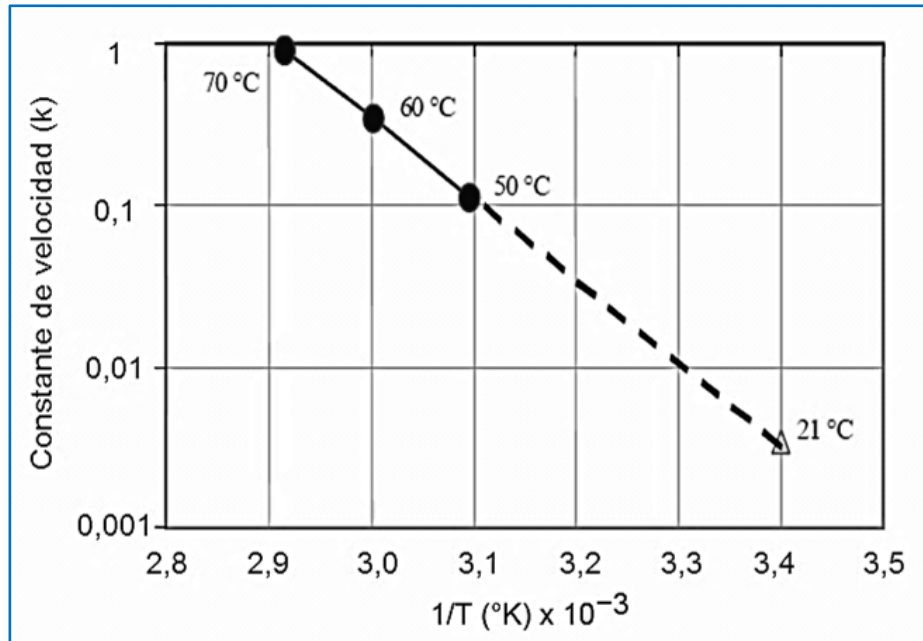
**Figura 2.13**  
**Gráfica de Arrhenius de velocidad de reacción  $k$ , versus**  
**inverso de temperatura absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ ) para dos reacciones**



Fuente: Anzueto, 2012.

Su mayor valor reside en que utilizando valores elevados de  $T$  (40, 50, 60, 70 $^{\circ}\text{C}$ ), se calculan  $k$  y luego se extrapola a temperaturas menores. A través de  $k$  a esa temperatura menor se calcula  $t_s$  usando ecuaciones anteriores en función de  $n$ . Sin embargo, estadísticamente, es mejor registrar seis o más temperaturas. En la figura 2.14, se observa la predicción de la vida útil por extrapolación desde una temperatura elevada a una menor (Anzueto, 2012):

**Figura 2.14**  
**Predicción de la vida útil por extrapolación de la representación gráfica de Arrhenius desde temperaturas altas hasta una baja**



Fuente: Labuza, 1993.

### 2.7.1.3 DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL RESPECTO DEL FACTOR $Q_{10}$

El concepto de  $Q_{10}$ , se define como la relación de las constantes de velocidad de reacción a temperaturas que difieren por 10 °C. Equivalentemente se han definido a  $Q_{10}$  como el cambio de vida útil  $t_s$ , es decir, el tiempo para A (o B) en alcanzar los niveles inaceptables, cuando el alimento es almacenado a una temperatura más alta por 10 °C (Labuza, 1999). Singh citado por Man y Jones (1997), define  $Q_{10}$  como se muestra en la Ecuación 2.10:

$$Q_{10} = \frac{\text{Velocidad de la reacción a temperatura } (T+10)^{\circ}\text{C}}{\text{Velocidad de la reacción a temperatura } T^{\circ}\text{C}} \quad \text{Ecuación (2.10)}$$

Para una reacción del orden cero, la vida útil y la constante de velocidad son inversamente proporcionales. La ecuación de  $Q_{10}$  puede volverse a escribir como la Ecuación 2.11, que se muestra a continuación (Man y Jones, 1997):

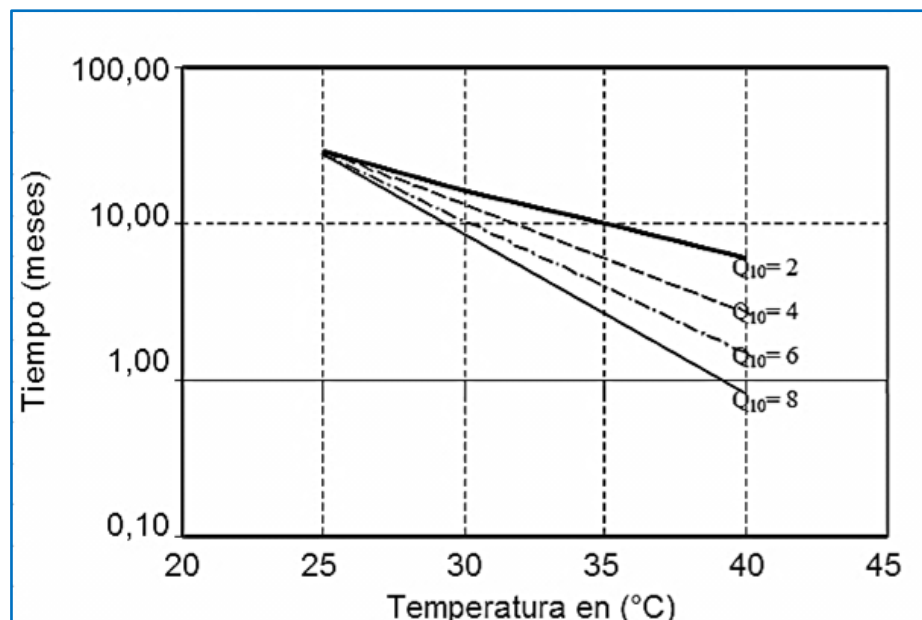
$$Q_{10} = \frac{\text{Vida útil a } T^{\circ}\text{C}}{\text{Vida útil a } (T+10)^{\circ}\text{C}}$$

**Ecuación (2.11)**

Los gráficos de vida útil son verdaderas líneas rectas solo para los rangos cortos de temperatura de 10 a 20 °C. Para estos intervalos cortos, los datos de un gráfico de Arrhenius darán una línea relativamente recta en una gráfica de vida útil. Una serie de líneas puede dibujarse a través del punto que representan los meses para valores de  $Q_{10}$  diferentes. Si las pruebas aceleradas son conducidas a 40 °C, entonces los tiempos de vida útil acelerada para valores de  $Q_{10}$  diferentes pueden obtenerse desde la figura que se observa a continuación. El mismo procedimiento puede llevarse a cabo fácilmente en una computadora con un programa de hoja de cálculo. En la figura 2.15, se muestra la representación gráfica de la vida útil, para diferentes valores de  $Q_{10}$  donde la respuesta es correcta siempre que se conozca su verdadero valor y siempre y cuando la ecuación de Arrhenius sea válida (Man y Jones, 1997):

**Figura 2.15**

**Gráfico de la vida útil acelerada para diferentes valores de  $Q_{10}$**



**Fuente:** Man y Jones, 1997.

### **3.1 DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL**

La parte experimental del presente trabajo de investigación “Determinación de vida útil de queso madurado en el L.T.A.”, se realizó en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A) de la Carrera de Ingeniería de Alimentos y en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), ambos dependientes de la Universidad “Juan Misael Saracho”.

### **3.2 EQUIPOS, INSTRUMENTOS DE LABORATORIO Y UTENSILIOS DE COCINA REQUERIDOS**

Durante la realización de la parte experimental, se utilizaron diferentes utensilios y equipos tanto del Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A) como del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), siendo estos los que se detallan a continuación:

#### **3.2.1 EQUIPOS DE PROCESO**

Los equipos utilizados para el presente trabajo de investigación, se describen a continuación:

##### **3.2.1.1 ESTUFA DE CONVECCIÓN**

Se empleó para determinar el contenido de humedad en las muestras de queso madurado, sometiendo las mismas a una temperatura de 105°C de acuerdo con la técnica basada en la Norma Boliviana (NB 103-75) para la determinación del contenido de humedad en alimentos. Se utilizó la estufa de convección de aire caliente del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), la que se muestra en la figura 3.1, cuyas especificaciones técnicas se encuentran detalladas en el cuadro 3.1:



**Figura 3.1**  
**Estufa de convección**



Fuente: CEANID, 2017.

**Cuadro 3.1**  
**Especificaciones técnicas de la estufa de convección**

Marca	BINDER
Procedencia	U.S.A
Código	U-3104-39290
Rango de trabajo	Desde: T amb+5°C -hasta 300°C División de escala del indicador:1°C

Fuente: CEANID, 2017.

### 3.2.1.2 BALANZA DE HUMEDAD

Se utilizó la balanza de humedad del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), con el objetivo de determinar el contenido de humedad en las muestras de queso madurado, la que se muestra en la figura 3.2 sus especificaciones técnicas se encuentran detalladas en el cuadro 3.2:

**Figura 3.2**  
**Balanza de humedad**



Fuente: CEANID, 2017.

**Cuadro 3.2**  
**Especificaciones técnicas de la balanza de humedad**

Marca	AND-MX-50
Procedencia	U.S.A
Peso máximo	51 g
Error	0,01%

Fuente: *CEANID, 2017.*

### 3.2.1.3 CONSERVADORA CON SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Esta conservadora fue adaptada con un sistema de refrigeración para almacenar las muestras que se han extraído de los tres primeros lotes de queso madurado, es decir las tres primeras muestras sometidas a control para análisis físico, fisicoquímico, microbiológico y organoléptico, tanto en el L.T.A como en el Laboratorio (CEANID). La temperatura y humedad relativa promedio de la conservadora es de  $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR, los datos del registro de temperaturas y humedad relativa fueron extraídos del Anexo E (tabla E-1.1 y tabla E-1.2). En la figura 3.3, se muestra el tipo de conservadora utilizada y sus especificaciones se encuentran detalladas en el cuadro 3.3:

**Figura 3.3**  
**Conservadora con sistema de refrigeración**



Fuente: *L.T.A, 2018.*

**Cuadro 3.3**  
**Especificaciones técnicas de la conservadora**  
**con sistema de refrigeración**

Marca	PROBIOMED
Capacidad aproximada	8 Litros
Medidas	60x40x30cm
Material	Plastofor

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 3.2.1.4 HELADERA TIPO FREEZER

Esta heladera es utilizada para el almacenamiento de productos lácteos elaborados en el L.T.A (Laboratorio Taller de Alimentos), su temperatura y humedad relativa promedio es de  $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 96,67%HR, los datos del registro de temperaturas y humedad relativa fueron extraídos del Anexo E (tabla E-1.1 y tabla E-1.3). Este equipo fue utilizado para almacenar la muestra que se ha extraído del cuarto lote de queso madurado, es decir corresponde a la cuarta muestra sometida a control, para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes, con el fin de determinar el tiempo de vida útil en el queso madurado. En la figura 3.4, se muestra la heladera tipo freezer y los datos sobre sus especificaciones técnicas se muestran en el cuadro 3.4:

**Figura 3.4**  
**Heladera tipo freezer**



**Fuente:** L.T.A, 2018.

**Cuadro 3.4**  
**Especificaciones técnicas de la heladera tipo freezer**

Marca	GENERAL ELECTRIC
Modelo	CRA34BADEX
Serie	E8258047

**Fuente:** L.T.A, 2018.

### 3.2.1.5 FREEZER

En este equipo se almacenan los lotes de los quesos elaborados en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.), para su maduración (por un tiempo de 6 días). La temperatura y humedad relativa promedio de este freezer es de  $1\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 76,28%HR, los datos del registro de temperaturas y humedad relativa fueron extraídos del Anexo E (tabla E-1.1 y tabla E-1.4). Este equipo fue utilizado para almacenar la muestra que se ha extraído del quinto lote de queso madurado, es decir corresponde a la quinta muestra sometida a control, para realizar los análisis fisicoquímicos correspondientes, con el fin de determinar el tiempo de vida útil en el queso madurado. En la figura 3.5, se muestra el freezer utilizado para maduración de quesos y los datos sobre sus especificaciones técnicas se muestran en el cuadro 3.5:

**Figura 3.5**  
**Freezer utilizado para maduración de quesos**



**Fuente:** L.T.A, 2018.

**Cuadro 3.5**  
**Especificaciones técnicas del freezer**

Marca	CÓNSUL
Volumen Total Bruto	530 Lt
Modelo	CH853C8DEA
Serie	JJ6049868
Potencia	226W
Capac. Cong. (24Hrs)	33,7 Kg

Fuente: *L.T.A, 2018.*

### 3.2.1.6 ENVASADORA AL VACÍO

La envasadora al vacío, se utilizó para envasar las muestras de queso madurado, de tal manera que se evite la contaminación con el ambiente y que el queso absorba o pierda humedad del ambiente. En la figura 3.6, se muestra la envasadora utilizada y los datos de sus especificaciones técnicas se detallan en el cuadro 3.6:

**Figura 3.6**  
**Envasadora al vacío**



Fuente: *L.T.A, 2018.*

**Cuadro 3.6**  
**Especificaciones técnicas de la envasadora al vacío**

Marca	EHRlich
Capacidad	3 ciclos
Industria	Planagro
Serie	Fev-5064 Conta.
Modelo	Polinox, 2013
Gas Max.	1 Atmósfera
Año de fabricación	2014
Industria	Boliviana

Fuente: *Elaboración propia.*

### 3.2.2 INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

El material de laboratorio que se utilizó durante la realización del presente trabajo: “Determinación de vida útil del queso madurado en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A)”, se detalla a continuación:

#### 3.2.2.1 BALANZA ANALÍTICA

Se utilizó la balanza analítica del laboratorio (CEANID), para pesar las muestras de queso madurado y realizar los análisis fisicoquímicos tales como: contenido de humedad (%), pH, acidez (ácido láctico en %) e índice de rancidez en las mismas. En la figura 3.7, se muestra la balanza analítica y los datos de sus especificaciones técnicas se detallan en el cuadro 3.7:

**Figura 3.7**  
**Balanza analítica**



Fuente: CEANID, 2018.

**Cuadro 3.7**  
**Especificaciones técnicas de la balanza analítica**

Nombre	Balanza analítica (electrónica)
Marca	KERN ABS
Capacidad Máxima	220 g
Valor (d)	0,1 mg

Fuente: CEANID, 2018.

### 3.2.2.2 BALANZA DIGITAL

Se utilizó la balanza digital del área de lácteos del Laboratorio Taller de Alimentos, con el fin de determinar las características físicas de las muestras de queso (control de peso) en los distintos lotes de las cinco muestras de queso madurado analizadas, las que se encuentran detalladas en el Anexo A (tabla A-1.1, tabla A-1.2, tabla A-1.3 y tabla A-1.4), también permitió realizar el control de la variación de peso en función del tiempo para la primera muestra de queso madurado, los datos de este control se detallan en el Anexo A (tabla A-3.1). La balanza digital utilizada, se muestra en la figura 3.8 y sus especificaciones técnicas se detallan en el cuadro 3.8:

**Figura 3.8**  
**Balanza digital**



Fuente: L.T.A, 2017.

**Cuadro 3.8**  
**Especificaciones técnicas de la balanza digital**

Marca	METTLER TOLEDO
Industria	Switzerland
Modelo	PB 1502-s
Precisión	0,01 g
Error	0,10 g
Capacidad Máxima	1510 g
Capacidad Mínima	0,50 g

Fuente: L.T.A, 2017.

### 3.2.2.3 pH-METRO

Se utilizó el pH-metro del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), para determinar el valor de pH en las muestras de queso madurado con el fin de obtener datos y analizar la variación del mismo en función del tiempo. En la figura 3.9 se muestra el pH-metro utilizado y sus especificaciones técnicas se detallan en el cuadro 3.9:

**Figura 3.9**  
**pH-metro**



Fuente: CEANID, 2018.

**Cuadro 3.9**  
**Especificaciones técnicas del pH-metro**

Marca	METTLER TOLEDO		
Características técnicas	pH	mV	Temperatura
Intervalo de medida	0,00 - 14,00	± 1999	-5 ... 105°C
Resolución	0,01	1	0,1°C
Exactitud relativa	± 0,01	± 1	± 0,5 °C
Calibración	1, 2 o 3 puntos	-	-
Dimensiones/peso	180 x 180 x 61 (mm)/0,61 kg	-	-

Fuente: CEANID, 2018.



### 3.2.2.4 PSICRÓMETRO

Este instrumento, permitió medir el valor de la humedad relativa tanto en el ambiente del Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A) como en los equipos donde se almacenaron las muestras de queso madurado, como ser: en la conservadora con sistema de refrigeración (figura 3.3) donde se almacenaron las tres primeras muestras, en la heladera (figura 3.4) donde se almacenó la cuarta muestra y en el freezer (figura 3.5) donde fue almacenada la quinta muestra, los datos del registro de las mediciones de humedad relativa se encuentran detalladas en el Anexo E (tabla E-1.2, tabla E-1.3 y tabla E-1.4). En la figura 3.10 se muestra el psicrómetro utilizado:

**Figura 3.10**  
**Psicrómetro**



**Fuente:** *L.T.A, 2017.*

### 3.2.3 MATERIAL DE LABORATORIO

Se utilizó el material de laboratorio principalmente del Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), para realizar especialmente los análisis fisicoquímicos en las muestras de queso madurado. En la tabla 3.1, se muestran los materiales de laboratorio utilizados:

**Tabla 3.1**  
**Material de laboratorio**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Tipo</b>
Termómetro de Hg	3	Normal	Vidrio
Tubos de ensayo	6	Pequeño	Vidrio
Vaso de precipitado	6	Mediano	Vidrio
Varillas	2	Normal	Vidrio
Buretas	2	Mediano	Vidrio
Vidrio reloj	4	Mediano	Vidrio
Matraz	6	Mediano	Vidrio
Embudos	2	Pequeño	Vidrio
Cápsulas	6	Pequeño	-
Pinza	2	Mediana	Metálico
Vernier	1	Mediano	Metálico
Desecador	1	Mediano	Metálico
Espátula	1	Mediana	Metálico
Gotero	2	Pequeño	Plástico
Frasco lavador (Piceta)	1	Mediano	Plástico
Reglas	2	Pequeño	Plástico
Papel filtro	2	Pliegue	Papel
Guantes	30	Mediano	Látex
Barbijos	30	Pequeño	-

**Fuente:** *Elaboración propia.*

### 3.2.4 REACTIVOS QUÍMICOS

En la tabla 3.2, se detallan los reactivos químicos utilizados durante los análisis fisicoquímicos, realizados en el laboratorio (CEANID) para las muestras de queso madurado:

**Tabla 3.2**  
**Reactivos químicos**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Tipo</b>
Hidróxido de Sodio	500	ml	Envase de vidrio
Fenolftaleína (1%)	20	ml	Envase plástico
Agua Destilada	5	Lt	Bidón de plástico
Alcohol desinfectante	60	ml	Envase de plástico
Desinfectante líquido	350	ml	Envase dosificador
Detergente líquido	100	ml	Envase dosificador

**Fuente:** *Elaboración propia.*

### 3.2.5 UTENSILIOS DE COCINA

Los utensilios de cocina utilizados en el presente trabajo: “Determinación de vida útil del queso madurado en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A)”, fueron empleados para acondicionar y envasar la muestra (cuchillos, rallador, platillos, recipientes, bolsas de vacío, etc.), mantener limpios tanto los instrumentos de laboratorio (escobillas, esponjas y papel de cocina) como el espacio donde se han manipulado las muestras (papel absorbente y de cocina), todo esto con el fin de acondicionar y evitar cualquier tipo de contaminación en las muestras de queso madurado. En la tabla 3.3 se detallan a continuación los utensilios de cocina utilizados:

**Tabla 3.3**  
**Utensilios de cocina utilizados**

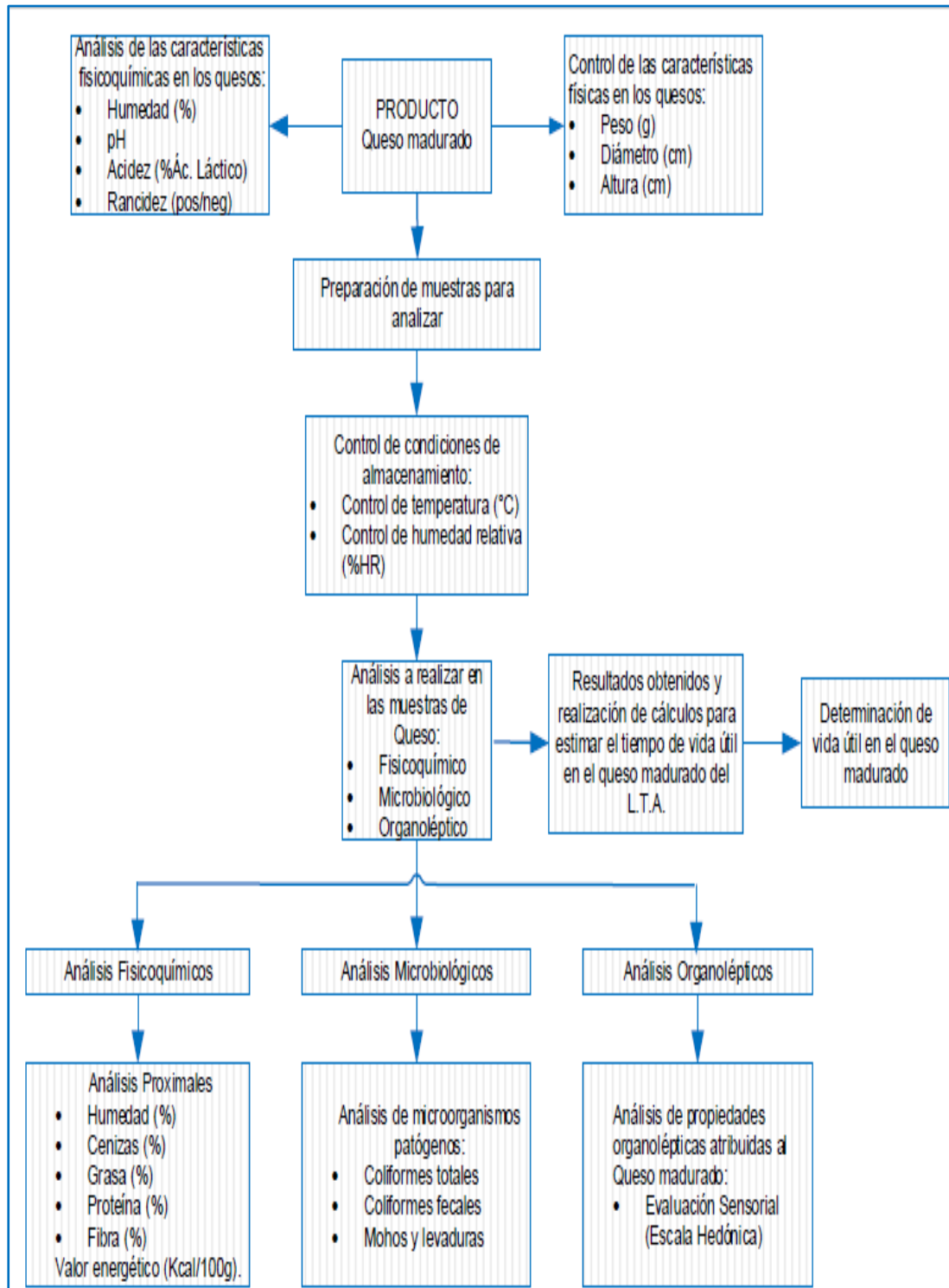
Utensilios	Cantidad	Tamaño	Tipo
Cuchillos	2	Mediano	Acero inoxidable
Rallador de queso	2	Mediano	Metálico
Platillos	2	Pequeño	Vidrio
Repasadores	3	Mediano	Polietileno
Papel de cocina	1	Mediano	Papel (Rollo)
Papel absorbente	1	Normal	Papel (Rollo)
Bolsas de vacío	20	Pequeño	Polietileno
Esponja	2	Mediano	-
Recipientes para muestras	6	Pequeño	Plástico
Escobillas delgadas	2	Pequeño	-

**Fuente:** *Elaboración propia.*

### 3.3 ESQUEMA LÓGICO PARA LA “DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL DEL QUESO MADURADO EN EL L.T.A.”

El esquema lógico utilizado para desarrollar el presente trabajo, muestra el control de condiciones de almacenamiento, control de características físicas y los tipos de análisis de laboratorio (principalmente fisicoquímicos) a realizar en las muestras de queso madurado, con el fin de determinar el tiempo de vida útil. En la figura 3.11, se muestra el esquema lógico a seguir para la “Determinación de vida útil del queso madurado en el Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A.)”:

**Figura 3.11**  
**Esquema lógico para la determinación de vida útil del queso madurado elaborado en el L.T.A.**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

### **3.3.1 DESCRIPCIÓN DEL ESQUEMA LÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL EN EL QUESO MADURADO**

Los pasos planteados en el esquema lógico para la: “Determinación de vida útil del queso madurado en el L.T.A”, se detallan a continuación.

#### **3.3.1.1 CONTROL DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN LAS MUESTRAS DE QUESO MADURADO**

Se realizó el control de temperatura (°C) y humedad relativa (%), en los equipos donde se almacenaron las muestras. Este control se realizó en: la conservadora con sistema de refrigeración en la conservadora con sistema de refrigeración (figura 3.3), en la heladera tipo freezer (figura 3.4) y en el freezer de maduración de quesos (figura 3.5), los registros de las mediciones realizadas se muestran en el Anexo E (tabla E-1.1) para el control de temperatura y (tabla E-1.2, tabla E-1.3, tabla E-1.4 y Anexo E-5) para el control de humedad relativa (%HR).

#### **3.3.1.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE QUESO MADURADO PARA ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO, MICROBIOLÓGICO Y ORGANOLÉPTICO**

Las muestras de queso madurado fueron adquiridas del área de ventas del Laboratorio Taller de Alimentos (L.T.A), donde se tomaron cinco muestras divididas por lote, estas muestras fueron fraccionadas en partes y envasadas al vacío en envase termo contraíble (a excepción de la primera muestra), utilizando la envasadora al vacío (figura 3,6) para realizar el análisis fisicoquímico, microbiológico (en el laboratorio CEANID) y organoléptico (en el L.T.A) semanalmente. Finalmente fueron almacenadas en los equipos de refrigeración: conservadora (figura 3.3), heladera tipo freezer (figura 3.4) y freezer (figura 3,5).

#### **3.3.1.3 CONTROL DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS EN LAS MUESTRAS DE QUESO MADURADO**

Se han extraído 10 muestras de cada lote de queso madurado de cinco lotes sometidos a control y se realizó la medición de las características físicas en

las 10 muestras de cada lote, los datos obtenidos de estas mediciones se encuentran en el Anexo A (Anexo A-1) y las imágenes se muestran en el Anexo A (Anexo A-2). En el cuadro 3.10, se muestran las características físicas que fueron controladas en las muestras de los lotes de queso madurado:

**Cuadro 3.10**  
**Características físicas del queso madurado**

Características	Unidades
Peso	(g)
Diámetro	(cm)
Altura	(cm)

Fuente: *Elaboración propia.*

### 3.3.1.4 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL QUESO MADURADO

Se realizó principalmente el análisis de: contenido de humedad (%), pH, acidez (%), rancidez (Pos/Neg) e índice de peróxidos (mEqO<sub>2</sub>/Kg) en las muestras de queso madurado, además de los análisis proximales (muestra representativa). En la tabla 3.4 se encuentran los análisis fisicoquímicos realizados en las muestras de queso madurado:

**Tabla 3.4**  
**Análisis fisicoquímicos realizados en el queso madurado**

Parámetros	Métodos	Técnica	Unidades
Humedad	NB 028-88	Gravimetría	(%)
Proteínas	NB/ISO 8968-1:08	Volumetría	(%)
Fibra	Manual CEANID	Gravimetría	(%)
Materia grasa	NB 466-81	Gravimetría	(%)
Cenizas	NB 39034:10	Gravimetría	(%)
Carbohidratos	-----	Cálculo	(%)
pH	SM 4500-H-B	Electrometría	-----
Acidez	-----	Titulación	(%)
Índice de peróxidos	NB 32008:06	Titulación	mEqO <sub>2</sub> /Kg
Rancidez	-----	Ensayo de Kreis	Pos/Neg

Fuente: *CEANID, 2017.*

### 3.3.1.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL QUESO MADURADO

En la tabla 3.5 se observan los análisis microbiológicos realizados en las muestras de queso madurado para determinar el tiempo de vida útil:

**Tabla 3.5**  
**Análisis microbiológicos realizados en el queso madurado**

Parámetros	Métodos	Unidades	Técnica
Coliformes totales	NB 32005:02	UFC/g	Tubos múltiples
Coliformes fecales	NB 32005:02	UFC/g	Recuento en placa
Mohos y Levaduras	NB 32006:03	UFC/g	Recuento en placa

Fuente: *CEANID, 2017.*

### 3.3.1.6 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL QUESO MADURADO

Para realizar la evaluación sensorial en las muestras de queso madurado, se tomó en cuenta la aplicación de la escala hedónica de acuerdo al trabajo experimental, donde se presentaron 10 jueces no entrenados, esta evaluación fue realizada en dos muestras de queso madurado (muestras representativas). La primera evaluación sensorial se realizó con una sola muestra en envase abierto esto con el objetivo de identificar de manera rápida la causa de deterioro en el queso detectando alguna variación organoléptica en el queso, mediante la opinión de los jueces evaluadores.

La segunda evaluación sensorial se realizó con dos muestras: la muestra sometida a control, la cual fue envasada al vacío (Q201) para ser comparada con otra muestra fresca de (Q202), es decir una muestra obtenida una vez que ha finalizado su tiempo de maduración de 6 días, esto con el fin de identificar alguna variación organoléptica en la muestra (Q201) e identificar alguna diferencia entre ambas muestras a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento. En la tabla 3.6, se muestran los datos de las muestras sometidas a evaluación sensorial:

**Tabla 3.6**  
**Análisis organoléptico en las muestras de queso madurado**

Muestras	Almacenamiento de las muestras	Código de muestra		Finalidad
		Controlada	Referencia	
1	Conservadora con sistema de refrigeración	Q201	-	Identificar variación
2		Q201	Q202	Identificar diferencias

Fuente: *Elaboración propia.*

#### 4.1 CONTROL DE LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO EN LAS MUESTRAS DE QUESO MADURADO

Para realizar el control de las condiciones de almacenamiento en las muestras de queso madurado almacenadas en los equipos de refrigeración, se tomaron en cuenta cinco muestras divididas por lote de queso madurado, donde se realizaron mediciones de temperatura (°C) y humedad relativa (%HR) a cada equipo. Los resultados promedio obtenidos se muestran en la tabla 4.1 de datos extraídos del Anexo E (tabla E-1.1; tabla E-1.2; tabla E-1.3 y tabla E-1.4):

**Tabla 4.1**  
**Promedio de las condiciones de almacenamiento en las muestras**

Muestras	Equipo de almacenamiento	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
1	Conservadora con sistema de refrigeración	8±2	86,57
2		8±2	86,57
3		8±2	86,57
4	Heladera tipo freezer	3±1	96,67
5	Freezer	1±1	76,28

Fuente: *Elaboración propia.*

#### 4.2 CONTROL DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS EN LAS MUESTRAS DE QUESO MADURADO

Para realizar el control de las características físicas en las muestras, se tomaron 10 muestras de cada lote de queso madurado. Los resultados promedio obtenidos se muestran en la tabla 4.2, de los datos extraídos del Anexo A (Anexo A-1), donde se muestran también las imágenes (Anexo A-2):

**Tabla 4.2**  
**Promedios de las características físicas controladas en las muestras**

N° de lote de la muestra	Peso (g)	Diámetro (cm)	Altura (cm)
1	984,00	13,24	5,33
2	958,00	13,10	4,52
3	1009,00	13,40	5,06
4	909,00	13,12	4,58
5	942,00	13,51	4,70

Fuente: *Elaboración propia.*



### 4.3 CONTROLES DE LABORATORIO REALIZADOS EN LAS MUESTRAS DE QUESO MADURADO

Para realizar el trabajo a nivel experimental se tomaron cinco muestras divididas por lote de queso madurado. La primera y la segunda muestra fueron seleccionadas para realizar el análisis físico (variación de peso en función del tiempo) y análisis fisicoquímicos (análisis proximales y análisis de pH, acidez e índice de rancidez). Para el control de variación de los parámetros de vida útil, se tomaron en cuenta a partir de la tercera, cuarta y quinta muestra de queso madurado, realizando el seguimiento de los parámetros fisicoquímicos, mediante los análisis de laboratorio que se muestran en el cuadro 4.1:

**Cuadro 4.1**  
**Tipos de análisis de laboratorio realizados en las muestras**

Muestras	1	2	3	4	5
Análisis físico	Variación de peso	-	-	-	-
Análisis fisicoquímico	Proximales	Acidez Rancidez	Humedad pH Acidez Peróxidos	Humedad pH Acidez	Humedad pH Acidez
Almacenamiento	Conservadora con sistema de refrigeración			Heladera tipo freezer	Freezer

Fuente: *Elaboración propia.*

#### 4.3.1 CONTROL FÍSICO Y FISICOQUÍMICO REALIZADO EN LA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO

Para realizar el control físico y fisicoquímico en la muestra representativa de queso madurado, se ha seleccionado la muestra del primer y del segundo lote de queso madurado es decir, la primera y segunda muestra las cuales fueron almacenadas en la conservadora con sistema de refrigeración en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ). Los controles realizados en esta muestra fueron los siguientes:

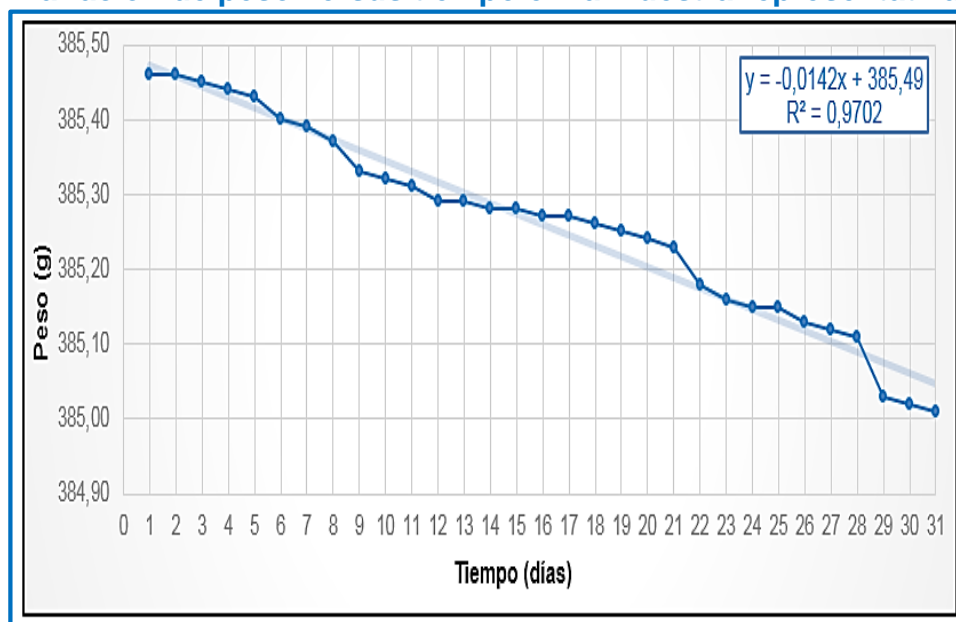
- Control de variación de peso en función del tiempo.

- Análisis de las propiedades fisicoquímicas (análisis proximales y análisis fisicoquímico de: pH, acidez e índice de rancidez).
- Control de variación de acidez en función del tiempo.
- Control de índice de rancidez en función del tiempo.

#### 4.3.1.1 VARIACIÓN DE PESO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO

Para realizar el control de la variación de peso en función del tiempo para la muestra representativa, cuya muestra fue extraída del primer lote de control, es decir corresponde a la primera muestra, donde se tomó una parte de la misma y se realizó un seguimiento durante 31 días de almacenamiento. En la figura 4.1, se muestra la variación de peso en función del tiempo para la muestra representativa de queso madurado, de datos extraídos del Anexo A (tabla A-3.1):

**Figura 4.1**  
**Variación de peso versus tiempo en la muestra representativa**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.1, se observa la variación de peso en función del tiempo para la muestra representativa almacenada en condiciones ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$  y  $86,57\% \text{HR}$ ), donde se puede ver que desde el 1 día hasta los 21 días, el peso de la muestra

varía de 385,46g a 385,23g y desde los 22 días hasta los 28 días varía de 385,18g a 385,11g, donde existe una disminución y finalmente a los 31 días disminuye en un valor de 385,01g, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento. En base a la figura 4.1, que muestra la variación de peso en función del tiempo para la muestra representativa, se puede observar que realizada la regresión se llega a obtener la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.1:

$$y = -0,0142x + 385,49$$

**Ecuación (4.1)**

#### 4.3.1.2 PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS EN LA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO

Para realizar el análisis de las propiedades fisicoquímicas en la muestra representativa de queso madurado, fue seleccionada la muestra del primer lote de quesos (primera muestra), la cual fue almacenada en la conservadora (figura 3.3) en condiciones ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$  y 86,57%HR), durante el seguimiento de 10 días de almacenamiento. Los análisis fueron realizados por el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos, y Monitoreo Ambiental (RIMH). En la tabla 4.3, se muestran los resultados obtenidos del análisis:

**Tabla 4.3**  
**Propiedades fisicoquímicas en la muestra representativa**

Parámetros	Técnica	Unidades	Resultados
Humedad	Gravimetría	%	38,82
Proteína total	Khejdal	%	9,15
Fibra	Gravimetría	%	0,00
Materia seca	Gravimetría	%	61,18
Materia grasa	Soxhlet	%	23,50
Cenizas	Gravimetría	%	6,29
Carbohidratos	Nomográfico	%	0,00
pH	Electrometría	-	6,00
Acidez	Titulación	(%)	1,01
Rancidez	Ensayo de Kreis	Índice de Oxidabilidad	Ausencia

**Fuente:** RIMH, 2017.

Como se puede observar en la tabla 4.3, la muestra representativa de queso madurado tiene un contenido de: humedad 38,82%, materia seca 61,18%, proteína total 9,15%, fibra 0,00%, materia grasa 23,50%, cenizas 6,29%, carbohidratos 0,00%, como composición nutricional y pH 6,00, acidez 1,01% y ausencia en el índice de rancidez, durante 10 días de almacenamiento en la conservadora con sistema de refrigeración en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR).

#### 4.3.1.3 CONTROL DE ACIDEZ EN LA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO

Para realizar el control de acidez en la muestra representativa de queso madurado, fue seleccionada la muestra del segundo lote de quesos (segunda muestra) debido a que se han obtenido mejores datos en el análisis, esta muestra fue almacenada en la conservadora con sistema de refrigeración en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR). El control se realizó en el laboratorio (CEANID), a partir de la quinta hasta la octava semana de almacenamiento. En la tabla 4.4, se muestran los resultados obtenidos de datos extraídos del Anexo E (tabla E-2.2):

**Tabla 4.4**  
**Resultados del control de acidez en función del tiempo para la muestra representativa**

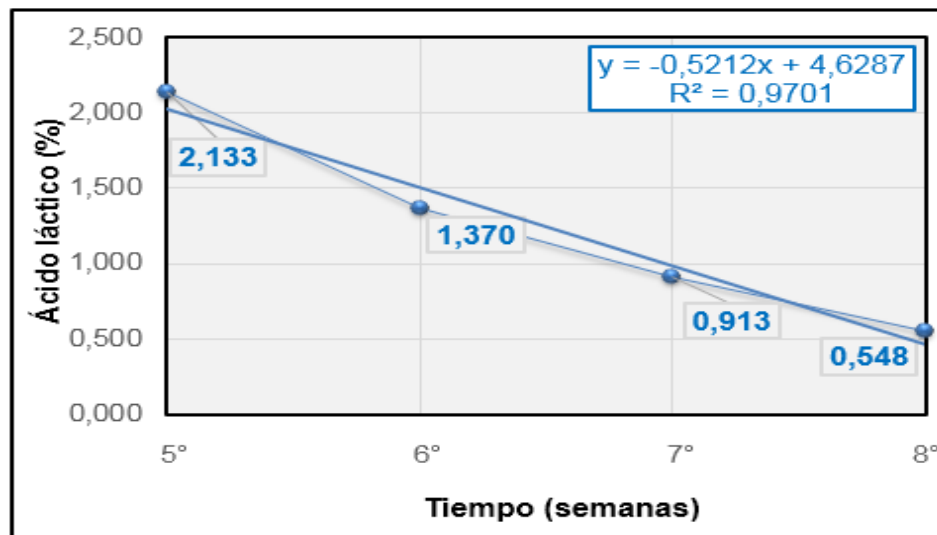
Tiempo (semanas)	Ácido Láctico (%)
5°	2,133
6°	1,370
7°	0,913
8°	0,548

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la tabla 4.4, se observan los datos del control de acidez en función del tiempo para la muestra representativa almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR), donde se puede ver que desde la quinta hasta la sexta semana el % de Ácido láctico en la muestra varía de 2,133% a 1,370%, registrándose una disminución y desde la séptima hasta la octava

semana varía de 0,913% a 0,548% es decir, la acidez en la muestra disminuye a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

**Figura 4.2**  
**Variación de acidez versus tiempo en la muestra representativa**



Fuente: *Elaboración propia.*

En base a la figura 4.2, que muestra la variación de acidez en función del tiempo para la muestra representativa almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR) durante el control realizado a partir del segundo mes de almacenamiento, se puede observar que realizada la regresión se llega a obtener la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.2:

$$y = -0,5212x + 4,6287$$

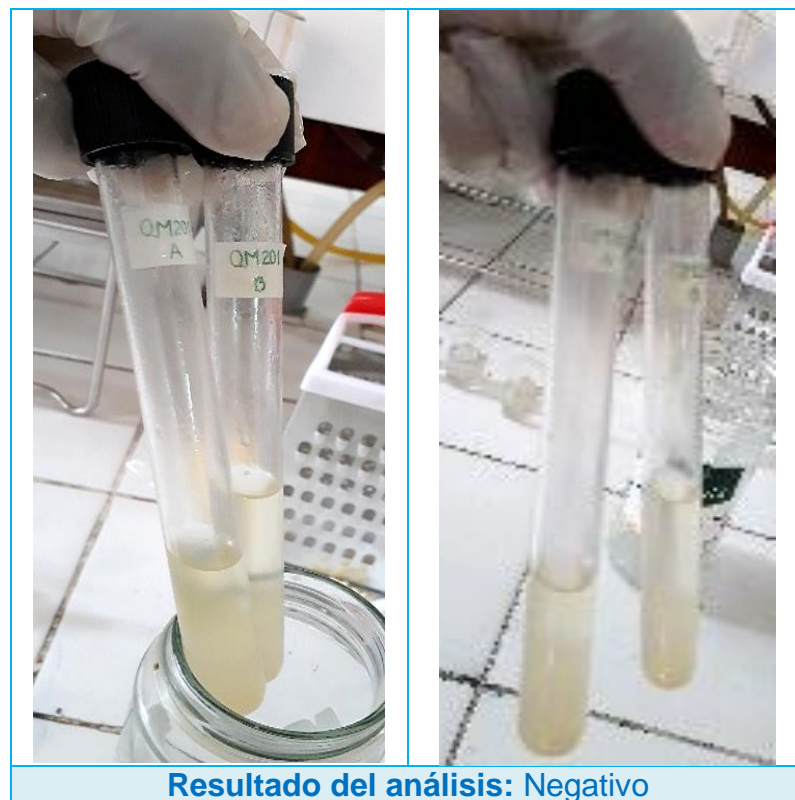
**Ecuación (4.2)**

#### **4.3.1.4 CONTROL DEL ÍNDICE DE RANCIDEZ EN LA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO**

Para realizar el control del índice de rancidez en la muestra representativa de queso madurado, fue seleccionada la muestra del segundo lote de quesos es decir, corresponde a la segunda muestra la cual fue almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR), debido a que se han

obtenido mejores resultados en la determinación. Este control se ha realizado con la finalidad de determinar si el queso se encontraba rancio durante los dos primeros meses de almacenamiento. Los resultados obtenidos durante el primer mes de control de almacenamiento se muestran en la figura 4.3:

**Figura 4.3**  
**Control del índice de rancidez en la muestra representativa durante el primer mes de control de almacenamiento**

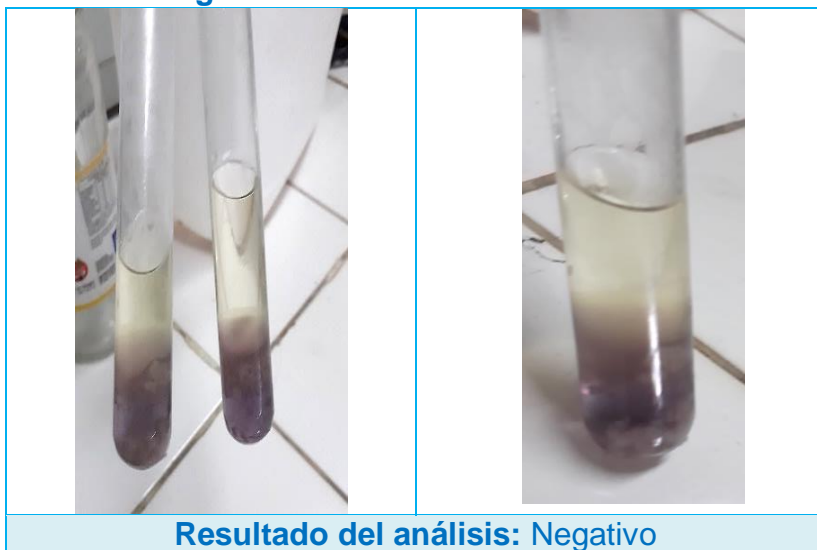


**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.3, se observa que la muestra después de un mes de control de almacenamiento presenta una coloración amarilla, por lo tanto, el índice de rancidez muestra un resultado negativo (Pos/Neg), ya que se registra como positivo cuando se observa una coloración rojiza en la muestra. De acuerdo al resultado obtenido se puede decir que el queso después de un mes de

almacenamiento es apto para ser consumido ya que no presenta sabor extraño a rancio. En la figura 4.4, se muestra el resultado obtenido del control del índice de rancidez después de dos meses de almacenamiento en la muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.4**  
**Control del índice de rancidez en la muestra representativa durante el segundo mes de control de almacenamiento**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

Como se puede observar en la figura 4.4, la muestra forma dos fases de líquido en el interior del tubo de ensayo, una coloración amarilla en la parte superior (más densa) y una coloración marrón en la parte inferior (precipitado). Por lo tanto, el índice de rancidez en la muestra representativa da como resultado negativo (Pos/Neg) después de dos meses de almacenamiento, lo que quiere decir que aún es apto para ser consumido pues no presenta sabor extraño a rancio.

#### **4.3.2 CONTROL DE VARIACIÓN DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA CONSERVADORA**

Para realizar el control de los parámetros fisicoquímicos de la muestra almacenada en la conservadora con sistema de refrigeración (figura 3.3) en condiciones ( $8\pm 2^\circ$  y 86,57%HR), la muestra fue extraída del tercer lote de

quesos, es decir, corresponde a la tercera muestra. Los controles fisicoquímicos realizados en la muestra fueron los siguientes:

- Control del contenido de humedad en función del tiempo.
- Control de pH en función del tiempo.
- Control de acidez en función del tiempo.

#### 4.3.2.1 CONTROL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA CONSERVADORA

Para realizar el control de humedad de la muestra almacenada en la conservadora (tercera muestra), el control fue realizado utilizando la balanza de humedad (figura 3.2) del laboratorio (CEANID) durante 30 días de almacenamiento. En la tabla 4.5, se muestran los resultados obtenidos de datos extraídos del Anexo E (tabla E-2.1):

**Tabla 4.5**  
**Control de humedad para la muestra almacenada en la conservadora**

Tiempo (días)	Humedad (%)
1	48,12
2	48,12
5	48,10
7	47,82
8	47,75
12	46,93
16	46,82
19	46,45
22	46,16
24	45,73
28	45,69
30	45,41

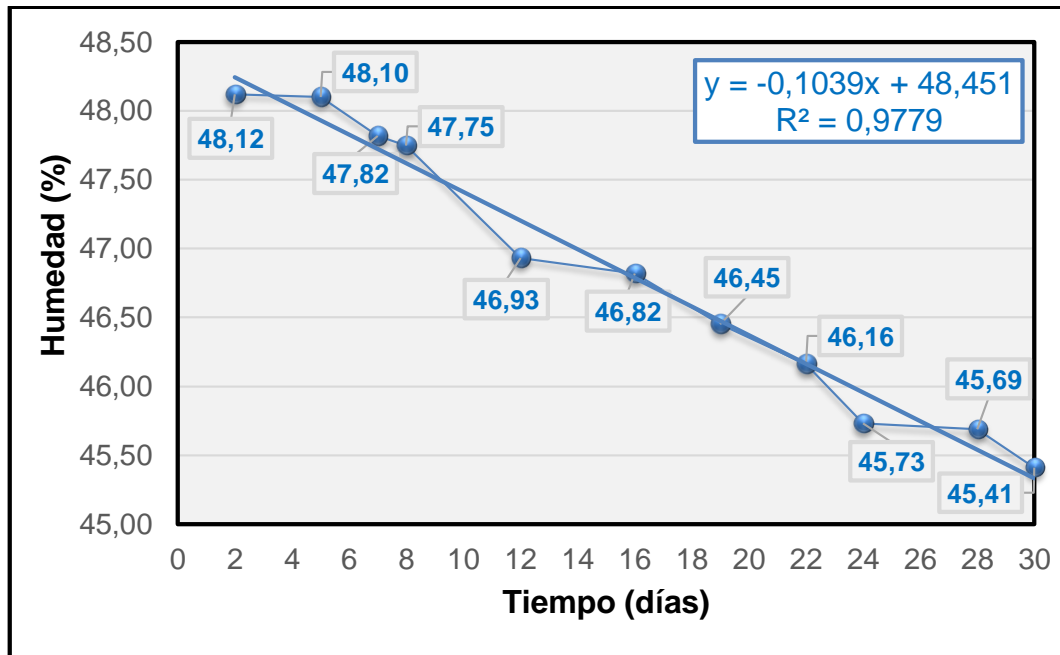
**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la tabla 4.5, se observan los datos de control del contenido de humedad para la muestra almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR), donde se puede ver que desde el 1 día hasta el 7 día, varía de



48,12% a 47,82% el contenido de humedad, pero a partir del 8 día hasta los 22 días disminuye de 47,75% a 46,16% y finalmente desde los 24 días hasta los 30 días, disminuye de 45,73% a 45,41%, conforme pasa el tiempo de almacenamiento.

**Figura 4.5**  
**Variación del contenido de humedad versus tiempo para la muestra almacenada en la conservadora**



Fuente: *Elaboración propia.*

En base a la figura 4.5, que muestra la variación del contenido de humedad en función del tiempo para la muestra almacenada en la conservadora, para tal efecto, se puede indicar que realizando la regresión se llegó a obtener la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.3:

$$y = -0,1039x + 48,451$$

**Ecuación (4.3)**

#### **4.3.2.2 CONTROL DE pH EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA CONSERVADORA**

Para realizar el control de pH para la muestra almacenada en la conservadora (tercera muestra) en condiciones ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$  y 86,57%HR) aproximadamente, el

control fue realizado utilizando el pH-metro (figura 3.9) del laboratorio (CEANID), este control fue realizado durante un tiempo de 20 días de almacenamiento, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.6:

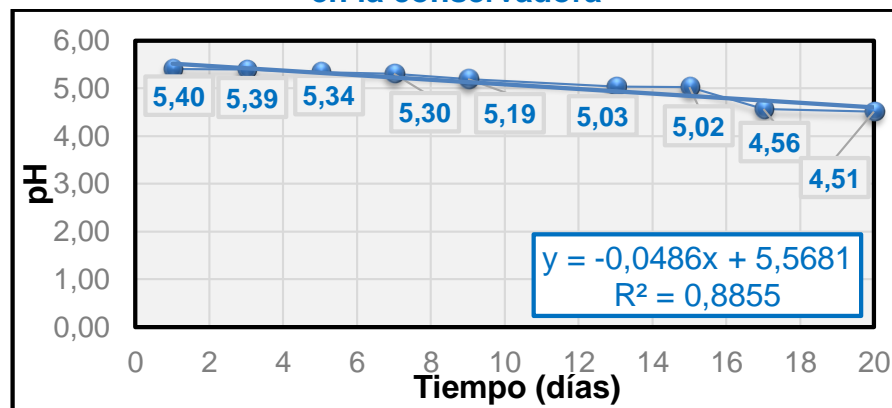
**Tabla 4.6**  
**Control de pH para la muestra almacenada en la conservadora**

Tiempo (días)	Valor de pH
1	5,40
3	5,39
5	5,34
7	5,30
9	5,19
13	5,03
15	5,02
17	4,56
20	4,51

Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla 4.6, se observan los datos del control de pH en función del tiempo para la muestra almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR), donde se puede ver que desde el 1 día hasta los 17 días el valor de pH, varía de 5,40 a 4,56, valor que se mantiene aproximadamente hasta los 20 días en 4,51, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

**Figura 4.6**  
**Variación de pH versus tiempo para la muestra almacenada en la conservadora**



Fuente: *Elaboración propia.*

En base a la figura 4.6, que muestra la variación de pH en función del tiempo para la muestra almacenada en la conservadora, se observa que realizada la regresión se llega a obtener la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.4:

$$y = -0,0486x + 5,5681$$

**Ecuación (4.4)**

#### 4.3.2.3 CONTROL DE ACIDEZ EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA CONSERVADORA

Para realizar el control de acidez para la muestra almacenada en la conservadora (tercera muestra) en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ), el control fue realizado en el laboratorio (CEANID) durante 30 días de almacenamiento. En la tabla 4.7, se muestran los resultados obtenidos de datos extraídos del Anexo E (tabla E-2.3):

**Tabla 4.7**  
**Control de acidez para la muestra almacenada en la conservadora**

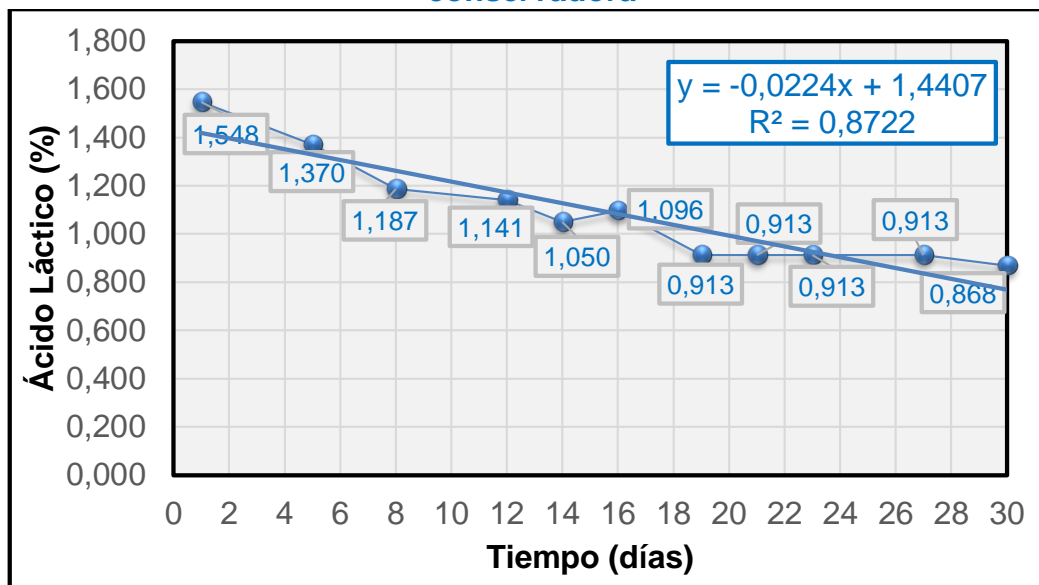
Tiempo (días)	Ácido láctico (%)
1	1,548
5	1,370
8	1,187
12	1,141
14	1,120
16	1,096
19	0,913
21	0,913
23	0,913
27	0,913
30	0,868

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la tabla 4.7, se observan los datos del control de acidez en función del tiempo para la muestra almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ), donde se puede ver que desde el 1 día hasta los 16 días varía

de 1,548% a 1,096% el valor de acidez en la muestra, registrándose una disminución y a partir de los 19 días hasta los 27 días, se mantiene en un valor de 0,913%. Sin embargo, a partir de los 30 días disminuye en 0,868% el valor de acidez en la muestra, a medida que pasa el tiempo de almacenamiento.

**Figura 4.7**  
**Variación de acidez versus tiempo para la muestra almacenada en la conservadora**



Fuente: *Elaboración propia.*

En base a la figura 4.7, que muestra la variación de acidez en función del tiempo para la muestra almacenada en la conservadora, se puede observar que realizada la regresión se llegó a obtener la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.5:

$$y = -0,0224x + 1,4407$$

**Ecuación (4.5)**

### 4.3.3 CONTROL DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA HELADERA

Para realizar el control de los parámetros fisicoquímicos para la muestra almacenada en la heladera tipo freezer (figura 3.4) en condiciones ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 96,67%HR), la muestra fue extraída del cuarto lote de quesos, es decir,

corresponde a la cuarta muestra. Los controles fisicoquímicos realizados en la muestra fueron los siguientes:

- Control del contenido de humedad en función del tiempo.
- Control de pH en función del tiempo
- Control de acidez en función del tiempo.
- Control del índice de peróxidos en función del tiempo.

#### 4.3.3.1 CONTROL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA HELADERA

Para realizar el control del contenido de humedad para la muestra almacenada en la heladera tipo freezer (cuarta muestra), el control fue realizado utilizando la balanza de humedad (figura 3.2) del laboratorio (CEANID) durante 30 días de almacenamiento, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.8:

**Tabla 4.8**  
**Control de humedad para la muestra almacenada en la heladera**

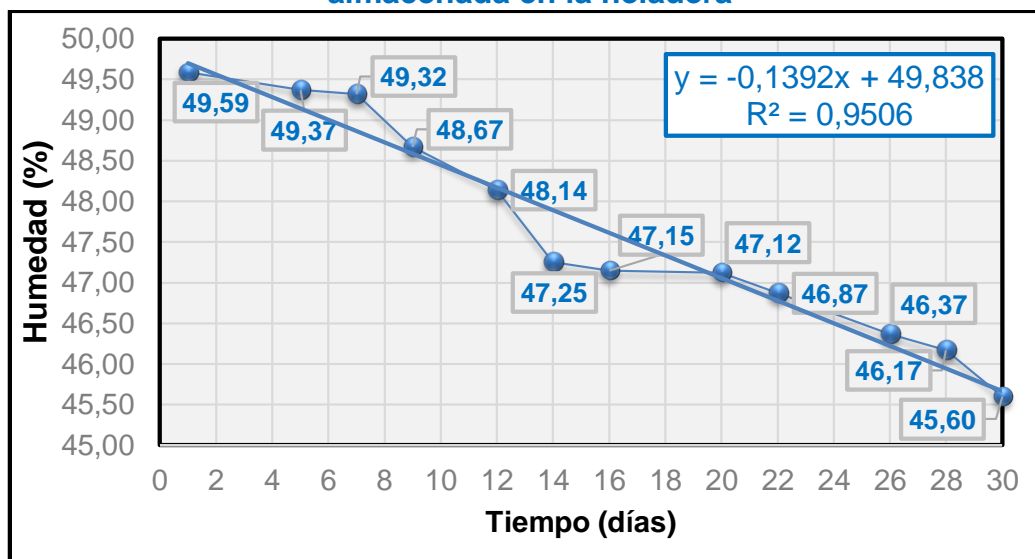
Tiempo (días)	Humedad(%)
1	49,59
5	49,37
7	49,32
9	48,67
12	48,14
14	47,25
16	47,15
20	47,12
22	46,87
26	46,37
28	46,17
30	45,60

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la tabla 4.8, se puede observar que a medida que pasa el tiempo de almacenamiento para la muestra almacenada en la heladera en condiciones ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 96,67%HR), en el 1 día hasta el 9 día el contenido de humedad varía de 49,59% a 48,67% y desde el 12 día hasta los 20 días, varía de 48,14% a

47,12% y finalmente desde los 22 días hasta los 30 días disminuye de 46,87% a 45,60%, el contenido de humedad en la muestra a medida que pasa el tiempo de almacenamiento.

**Figura 4.8**  
**Variación del contenido de humedad versus tiempo para la muestra almacenada en la heladera**



Fuente: *Elaboración propia.*

En base a la figura 4.8, que muestra la variación del contenido de humedad en función del tiempo para la muestra almacenada en la heladera, se puede observar que realizada la regresión se llega a obtener la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.6:

$$y = -0,1392x + 49,838$$

**Ecuación (4.6)**

#### 4.3.3.2 CONTROL DE pH EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA HELADERA

Para realizar el control de pH para la muestra almacenada en la heladera (cuarta muestra) en condiciones ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 96,67%HR) aproximadamente, el control fue realizado utilizando el pH-metro (figura 3.9) del laboratorio (CEANID), este control fue realizado durante un tiempo de 5 semanas de almacenamiento, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.9:

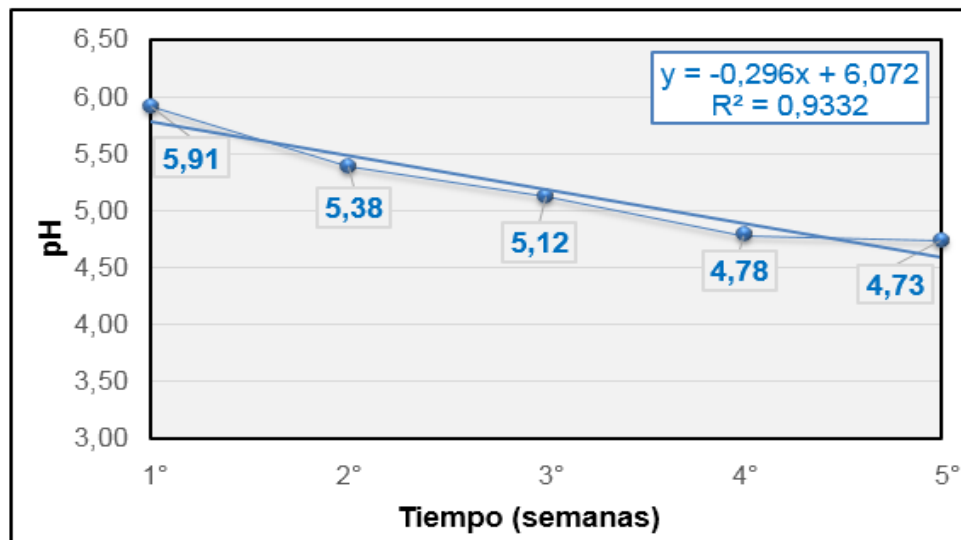
**Tabla 4.9**  
**Control de pH para la muestra**  
**almacenada en la heladera**

Tiempo (semanas)	Valor de pH
1°	5,91
2°	5,38
3°	5,12
4°	4,78
5°	4,73

Fuente: CEANID, 2018.

En la tabla 4.9, se puede observar que a medida que pasa el tiempo de almacenamiento para la muestra almacenada en la heladera en condiciones ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $96,67\%\text{HR}$ ), en la primera semana se tiene un valor de pH 5,91, pero a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento el valor de pH disminuye en la cuarta semana en 4,78, manteniéndose aproximadamente hasta la quinta semana en un valor de 4,73.

**Figura 4.9**  
**Variación de pH versus tiempo para la muestra almacenada en la heladera**



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.9, se muestra la variación de pH en función del tiempo para la muestra almacenada en la heladera, donde se puede observar que realizada

la regresión se llega a obtener la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.7:

$$y = -0,296x + 6,072$$

**Ecuación (4.7)**

#### 4.3.3.3 CONTROL DE ACIDEZ EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA HELADERA

Para realizar el control de acidez de la muestra almacenada en la heladera tipo freezer (cuarta muestra) en condiciones ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $96,67\%\text{HR}$ ), este control fue realizado en el laboratorio (CEANID), durante 30 días de almacenamiento. En la tabla 4.10, se muestran los resultados obtenidos de datos extraídos del Anexo E (tabla E-2.4):

**Tabla 4.10**  
**Control de acidez para la muestra almacenada en la heladera**

Tiempo (días)	Ácido láctico (%)
1	0,594
5	0,594
7	0,594
9	0,548
16	0,441
20	0,441
22	0,441
26	0,457
28	0,457
30	0,457

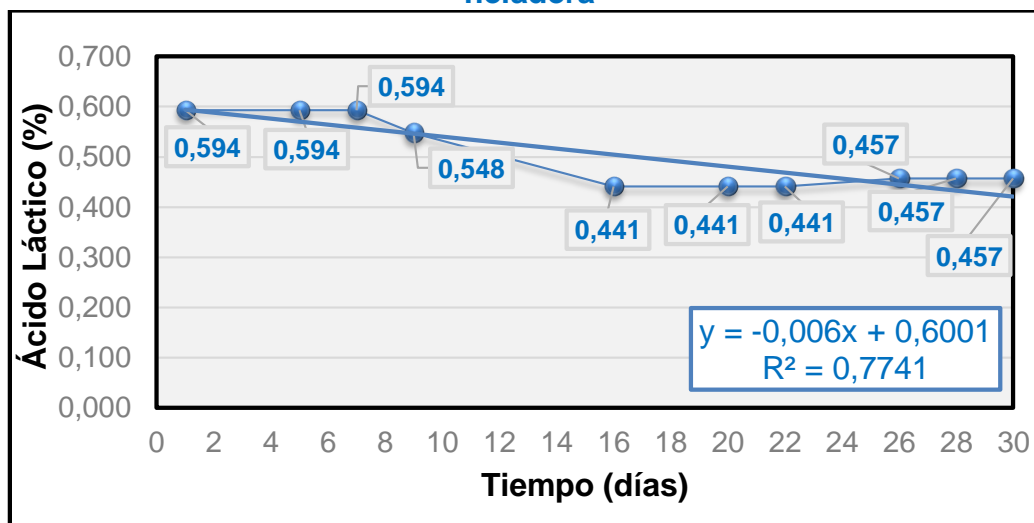
**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la tabla 4.10, se puede observar que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento para la muestra almacenada en la heladera en condiciones ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $96,67\%\text{HR}$ ), se puede ver que desde el 1 día hasta los 9 días varía de 0,594% a 0,548% el valor de acidez en la muestra, donde existe una disminución. Sin embargo, desde los 16 días hasta los 22 días, se mantiene en 0,441% y finalmente desde los 22 días hasta los 30 días varía de 0,441%



a 0,457% registrándose un incremento, a medida que pasa el tiempo de almacenamiento en la muestra.

**Figura 4.10**  
**Variación de acidez versus tiempo para la muestra almacenada en la heladera**



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.10, se muestra la variación de acidez en función del tiempo para la muestra almacenada en la heladera, donde se puede observar que realizada la regresión se llega a obtener la siguiente expresión matemática, que corresponde a la Ecuación 4.8:

$$y = -0,006x + 0,6001$$

**Ecuación (4.8)**

#### 4.3.3.4 CONTROL DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA HELADERA

Para realizar el control del índice de peróxidos en la muestra almacenada en la heladera tipo freezer (cuarta muestra) en condiciones ( $3 \pm 1^\circ\text{C}$  y 96,67%HR), este control fue realizado por el laboratorio (CEANID), durante 5 semanas de almacenamiento con la finalidad de determinar la presencia de oxígeno en la muestra y justificar el desarrollo de microorganismos. En la tabla 4.11, se muestran los resultados obtenidos de este análisis:

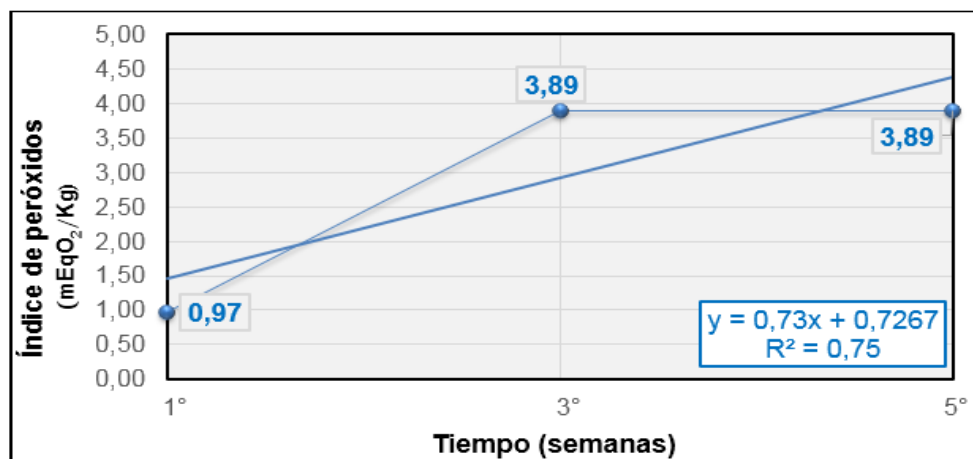
**Tabla 4.11**  
**Control del índice de peróxidos en función del tiempo**  
**para la muestra almacenada en la heladera**

Tiempo (Semanas)	Resultados (mEqO <sub>2</sub> /Kg)
1°	0,97
3°	3,89
5°	3,89

Fuente: CEANID, 2018.

Como se observa en la tabla 4.11, a medida que pasa el tiempo de almacenamiento para la muestra almacenada en la heladera en condiciones ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $96,67\%\text{HR}$ ), se puede ver que en la primera semana se tiene un valor de índice de peróxidos  $0,97\text{mEqO}_2/\text{Kg}$ . Sin embargo, a partir de la tercera semana existe un incremento que va de  $0,97\text{mEqO}_2/\text{Kg}$  a  $3,89\text{mEqO}_2/\text{Kg}$ , valor que se mantiene hasta la quinta semana, es decir, existe una mayor cantidad de oxígeno disuelto en la muestra a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, lo cual justifica el desarrollo de microorganismos identificados mediante el análisis microbiológico realizado en la muestra.

**Figura 4.11**  
**Variación del índice de peróxidos versus tiempo para la muestra**  
**almacenada en la heladera**



Fuente: *Elaboración propia.*

En figura 4.11, se muestra la variación del índice de peróxidos en función del tiempo para la muestra almacenada en la heladera, para tal efecto, realizando

la regresión se llegó a obtener la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.9:

$$y = 0,73x + 0,7267$$

**Ecuación (4.9)**

#### **4.3.4 CONTROL DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN EL FREEZER**

Para realizar el control de los parámetros fisicoquímicos para la muestra almacenada en el freezer de maduración de quesos (figura 3.5) en condiciones ( $1\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 76,28%HR), la muestra fue extraída del quinto lote de quesos, es decir, corresponde a la quinta muestra. Los controles fisicoquímicos realizados en la muestra fueron los siguientes:

- Control del contenido de humedad en función del tiempo.
- Control de pH en función del tiempo.
- Control de acidez en función del tiempo.

##### **4.3.4.1 CONTROL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN EL FREEZER**

Para realizar el control del contenido de humedad para la muestra almacenada en el freezer (quinta muestra) en condiciones ( $1\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 76,28%HR), el control fue realizado durante 30 días utilizando la balanza de humedad (figura 3.2) del laboratorio (CEANID), los resultados obtenidos se muestran a continuación en la tabla 4.12:

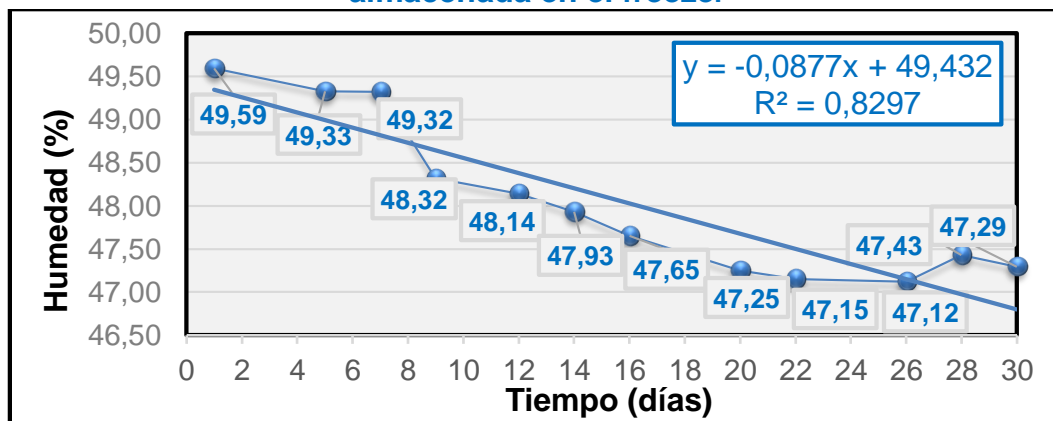
**Tabla 4.12**  
**Control de humedad para la muestra**  
**almacenada en el freezer**

Tiempo (días)	Humedad (%)
1	49,59
5	49,33
7	49,32
9	48,32
12	48,14
14	47,93
16	47,65
20	47,25
22	47,15
26	47,12
28	47,43
30	47,29

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se observa en la tabla 4.12, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento para la muestra almacenada en el freezer en condiciones ( $1\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $76,28\% \text{HR}$ ), se puede ver que desde el 1 día hasta los 12 días el contenido de humedad varía de 49,59% a 48,14% y a partir de los 14 días hasta los 26 días varía desde 47,93% a 47,12%, es decir, se registra una disminución. Sin embargo, a los 28 días se registra un incremento de 47,43% y al finalizar los 30 días disminuye en un valor de 47,29%.

**Figura 4.12**  
**Variación del contenido de humedad versus tiempo para la muestra**  
**almacenada en el freezer**



Fuente: *Elaboración propia.*

En base a la figura 4.12, que muestra la variación del contenido de humedad en función del tiempo para la muestra almacenada en el freezer, se puede observar que realizada la regresión se obtiene la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.10:

$$y = -0,0877x + 49,432$$

**Ecuación (4.10)**

#### 4.3.4.2 CONTROL DE pH EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN EL FREEZER

Para realizar el control de pH para la muestra almacenada en el freezer (quinta muestra), el control fue realizado durante 5 semanas de almacenamiento utilizando el pH-metro (figura 3.9) del laboratorio (CEANID), los resultados obtenidos del análisis se muestran en la tabla 4.13:

**Tabla 4.13**  
**Control de pH para la muestra almacenada en el freezer**

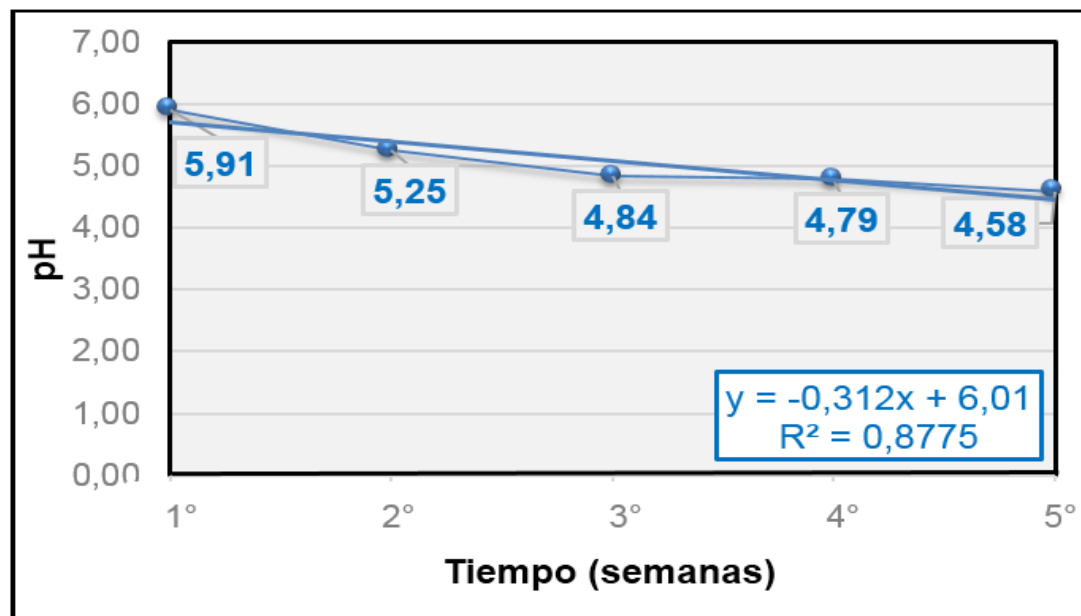
Tiempo (semanas)	Valor de pH
1°	5,91
2°	5,25
3°	4,84
4°	4,79
5°	4,58

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Como se observa en la tabla 4.13, a medida que pasa el tiempo de almacenamiento para la muestra almacenada en el freezer en condiciones ( $1\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 76,28%HR), se puede ver que desde la primera hasta la tercera semana, el valor de pH varía de 5,91 a 4,84 registrándose una disminución. Sin embargo, en la tercera y cuarta semana el valor se mantiene aproximadamente en 4,84 y 4,79, finalmente en la quinta semana disminuye

en 4,58 el valor de pH, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento en la muestra.

**Figura 4.13**  
**Variación de pH versus tiempo para la muestra almacenada en el freezer**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.13, se muestra la variación de pH en función del tiempo para la muestra almacenada en el freezer, donde se puede observar que realizada la regresión se llegó a obtener la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.11:

$$y = -0,312x + 6,01$$

**Ecuación (4.11)**

#### **4.3.4.3 CONTROL DE ACIDEZ EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN EL FREEZER**

Para el control de acidez en función del tiempo para la muestra almacenada en el freezer (quinta muestra), este control fue realizado en el laboratorio (CEANID) durante 30 días de almacenamiento. En la tabla 4.14, se muestran los resultados obtenidos de datos extraídos del Anexo E (tabla E-2.5):

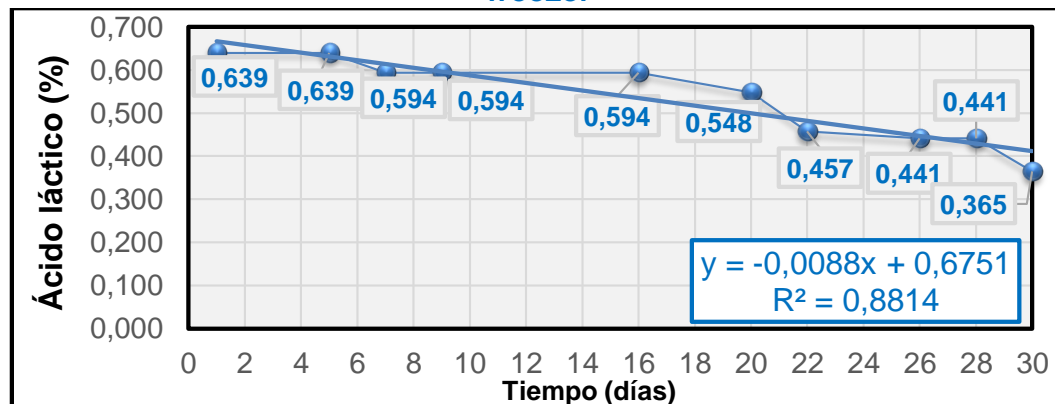
**Tabla 4.14**  
**Control de acidez para la muestra**  
**almacenada en el freezer**

Tiempo (días)	Ácido láctico (%)
1	0,639
5	0,639
7	0,594
9	0,594
16	0,594
20	0,548
22	0,457
26	0,441
28	0,441
30	0,365

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se observa en la tabla 4.14, a medida que pasa el tiempo de almacenamiento para la muestra almacenada en el freezer en condiciones ( $1\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 76,28%HR), se puede ver que desde 1 día hasta los 7 días, el valor de acidez en la muestra varía de 0,639% a 0,594% valor que se mantiene hasta los 16 días. Sin embargo, a los 20 días disminuye en un valor de 0,548% y desde los 22 días hasta los 28 días varía de 0,457 a 0,441, finalmente disminuye a los 30 días en 0,365%, conforme transcurre el tiempo de almacenamiento.

**Figura 4.14**  
**Variación de acidez versus tiempo para la muestra almacenada en el freezer**



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.14, se muestra la variación de acidez en función del tiempo para la muestra almacenada en el freezer, donde se puede observar que realizada la regresión se llega a obtener la siguiente expresión matemática que corresponde a la ecuación 4.12:

$$y = -0,0088x + 0,6751$$

**Ecuación (4.12)**

#### 4.4 CONTROL MICROBIOLÓGICO REALIZADO EN LAS MUESTRAS DE QUESO MADURADO

Para realizar el control microbiológico en las muestras de queso madurado se han seleccionado tres muestras representativas, extraídas del: primer, tercer y cuarto lote de quesos, es decir corresponden a la: primera, tercera y cuarta muestra de queso madurado, debido a que se han obtenido mejores resultados en los análisis microbiológicos. En el cuadro 4.2, se muestran los análisis microbiológicos realizados en las muestras:

**Cuadro 4.2**

##### **Análisis microbiológicos realizados en las muestras de queso madurado**

<b>Muestras Representativas</b>	<b>Almacenamiento de la muestra</b>	<b>Tipo de análisis</b>	<b>Laboratorio de análisis</b>
1	Conservadora	Coliformes totales	RIMH
2		Coliformes fecales	CEANID
3	Heladera	Mohos y levaduras	CEANID

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Como se observa en el cuadro 4.2, las muestras representativas corresponden a la primera, tercera y cuarta muestra, almacenadas en refrigeración para ser analizadas en el laboratorio (RIMH y CEANID). En el caso de la primera muestra fue almacenada en envase abierto para su control y analizada microbiológicamente por el laboratorio “RIMH”, en el caso de la tercera y cuarta muestra estas fueron envasadas al vacío y analizadas microbiológicamente en el laboratorio “CEANID”, realizándose principalmente el análisis microbiológico de: coliformes totales, coliformes fecales y el análisis de mohos y levaduras.



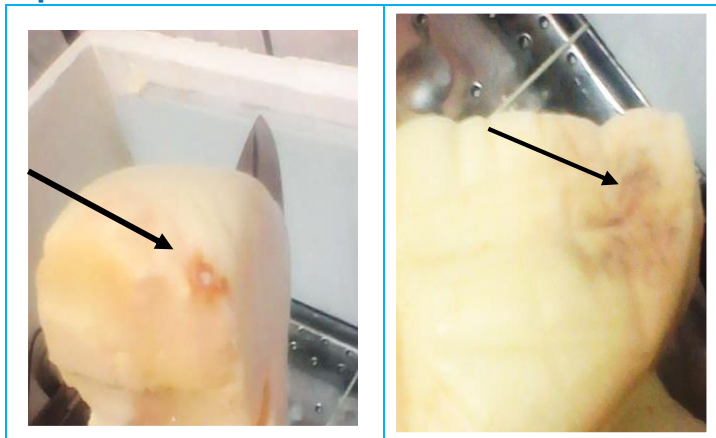
#### 4.4.1 CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO

Para realizar el control microbiológico en la primera muestra representativa de queso madurado, esta fue extraída del primer lote de quesos, es decir corresponde a la primera muestra, la cual fue almacenada en la conservadora con sistema de refrigeración en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ). Esta muestra fue analizada en envase abierto durante 40 días, con el fin de detectar el tipo de microorganismo que se desarrolla en el queso en esta condición.

##### 4.4.1.1 PRIMER CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO

Para realizar el control microbiológico en la primera muestra representativa, esta fue almacenada en envase abierto en la conservadora con sistema de refrigeración en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ), donde a los 32 días de almacenamiento, se observó contaminación microbiana en la muestra de queso madurado. En la figura 4.15, se muestra la presencia mohos en la muestra durante los 32 días de control de almacenamiento:

**Figura 4.15**  
**Presencia de mohos y levaduras en la primera muestra representativa a los 32 días de almacenamiento**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.15, se observa que la muestra presenta una coloración anaranjada (izquierda) y una coloración ligeramente marrón (derecha), lo cual indica contaminación microbiológica, para corroborarlo la muestra fue

analizada por el laboratorio (RIMH) con el fin de identificar el tipo de microorganismo presente en la muestra. En la tabla 4.15, se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico:

**Tabla 4.15**  
**Resultados del análisis microbiológico realizado en la primera muestra representativa de queso madurado**

Parámetros	Metodología	Unidades	Resultados
Coliformes fecales	Tubos múltiples	NMP/g	0,00E+00
Coliformes totales	Tubos múltiples	NMP/g	5,00E+01
Escherichia Coli	Membrana filtrante	NMP/g	0,00E+00
Mohos	Recuento en placa	UFC/g	8,00E+01
Levaduras	Recuento en placa	UFC/g	6,00E+01

**Fuente:** RIMH, 2017.

En la tabla 4.15, se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado en la primera muestra representativa de queso madurado, almacenada en la conservadora con sistema de refrigeración (figura 3.3) en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR), obteniéndose los siguientes resultados: coliformes fecales 0,00E+00, coliformes totales 5,00E+01, *Escherichia Coli* 0,00E+00, mohos 8,00E+01 y levaduras 6,00E+01, es decir se pudo verificar tanto la presencia de coliformes totales como de mohos y levaduras en la muestra durante los 32 días de almacenamiento.

#### **4.4.1.2 SEGUNDO CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO**

Este control fue se realizado a los 35 días de almacenamiento, debido a que se pudo observar el desarrollo de mohos y levaduras en la muestra a medida que transcurría el tiempo de almacenamiento. En la figura 4.16, se observa el desarrollo de mohos y levaduras a los 35 días de control de almacenamiento en la primera muestra representativa almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR):

**Figura 4.16**  
**Presencia de mohos y levaduras en la primera muestra representativa a los 35 días de almacenamiento**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.16, se observa que la muestra presenta una coloración rojiza que va avanzando poco a poco, extendiéndose visiblemente en la superficie de la misma, conforme va transcurriendo el tiempo de almacenamiento. Mediante el análisis microbiológico se ha podido identificar este tipo de microorganismo como mohos y levaduras de acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla 4.15 en la primera muestra representativa almacenada en la conservadora con sistema de refrigeración en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR).

#### **4.4.1.3 TERCER CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO**

Este control se realizó a los 40 días de control de almacenamiento para la primera muestra representativa de queso madurado, almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR), debido a que se ha observado que la presencia de mohos y levaduras ha ocasionado su deterioro. En la figura 4.17 se observa que el desarrollo de mohos y levaduras ha producido daños en la textura de la muestra y un cambio de coloración:

**Figura 4.17**  
**Presencia de mohos y levaduras en la primera muestra representativa a los 40 días de almacenamiento**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.17, se observa el desarrollo de mohos y levaduras en la primera muestra representativa a los 40 días de almacenamiento, como se puede ver este tipo de moho presenta un aspecto lanoso y una coloración rojiza y anaranjada que ha cubierto casi toda la superficie del queso, afectando considerablemente su textura, lo cual ha ocasionado deterioro en el queso. De acuerdo a la bibliografía consultada (Coli, U), se podría decir que es un tipo de hongo filamentoso por la presencia de coloración rojiza y anaranjada en la muestra y comparando las imágenes de los resultados obtenidos en el análisis de mohos y levaduras realizado en una muestra de queso madurado que se encuentra en el Anexo C (Anexo C-1) con la figura 2.7 (Cultivo de hongos y levaduras).

#### **4.4.1.4 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA DESDE EL PUNTO DE VISTA MICROBIOLÓGICO**

Para estimar el tiempo de vida útil en la primera muestra representativa de queso madurado, en primer lugar, se ha identificado la fecha en la que se ha observado contaminación microbiológica en la misma y posteriormente se ha

realizado el análisis microbiológico con el fin de corroborar la presencia de microorganismos en la muestra, por lo que de acuerdo con los resultados obtenidos del análisis microbiológico que se encuentra en la tabla 4.15, se puede indicar que el queso almacenado en envase abierto en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ), empieza a deteriorarse a partir de los 32 días de almacenamiento. Debido a que en esta fecha se ha identificado la presencia de mohos y levaduras que se muestran en la figura 4.15 y por el deterioro que ha producido en el queso a medida que ha transcurrido el tiempo de almacenamiento que se observa en la figura 4.16 y figura 4.17, por lo que no es apto para consumo.

#### 4.4.2 CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO

Para realizar el control microbiológico en la segunda muestra representativa de queso madurado, esta fue extraída del tercer lote de quesos, es decir corresponde a la tercera muestra, la cual fue almacenada en la conservadora con sistema de refrigeración en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ). Esta muestra fue analizada en envase cerrado durante 3 semanas, con el fin de detectar el tipo de microorganismo que se desarrolla en el queso en esta condición y realizar un seguimiento para ver el tiempo en el que cumple la norma de acuerdo a los parámetros microbiológicos para quesos (ver Anexo I, Resolución de 1804). En la tabla 4.16, se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado en la segunda muestra representativa:

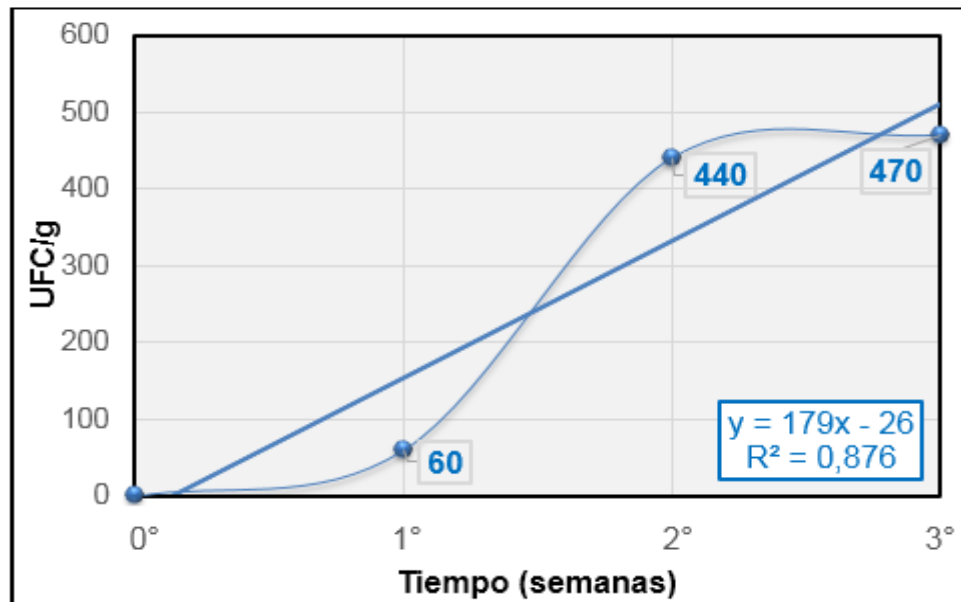
**Tabla 4.16**  
**Resultados del análisis microbiológico realizado en la segunda muestra representativa de queso madurado**

Semana	Coliformes (UFC/g)		Mohos y levaduras (UFC/g)
	Totales	Fecales	
1°	$<1,0 \times 10^1$	$<1,0 \times 10^1$	$6,0 \times 10^1$
2°	-	-	$4,4 \times 10^2$
3°	-	-	$4,7 \times 10^2$

Fuente: CEANID, 2018.

En la figura 4.16, se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado en la segunda muestra representativa de queso madurado, la cual fue almacenada en la conservadora con sistema de refrigeración en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ), obteniéndose como resultados: mohos y levaduras  $6,0 \times 10^1 \text{UFC/g}$ , coliformes totales  $<1,0 \times 10^1 \text{UFC/g}$  y coliformes fecales  $<1,0 \times 10^1 \text{UFC/g}$  en la primera semana, mohos y levaduras  $4,4 \times 10^2 \text{UFC/g}$  en la segunda semana y  $4,7 \times 10^2 \text{UFC/g}$  en la tercera semana de almacenamiento.

**Figura 4.18**  
**Crecimiento de mohos y levaduras versus tiempo en la segunda muestra representativa de queso madurado**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.18, se observa el crecimiento de mohos y levaduras en función del tiempo para la segunda muestra representativa de queso madurado almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ), donde se puede observar que hubo un crecimiento desde cero hasta la primera semana que va de  $0 \text{UFC/g}$  a  $6,0 \times 10^1 \text{UFC/g}$  y luego a partir de la segunda semana se observa un crecimiento exponencial que va de  $6,0 \times 10^1 \text{UFC/g}$  a  $4,4 \times 10^2 \text{UFC/g}$  y posteriormente existe un crecimiento microbiano de

4,7x10<sup>2</sup>UFC/g en la tercera semana, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### 4.4.2.1 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA DESDE EL PUNTO DE VISTA MICROBIOLÓGICO

Dado que el análisis microbiológico permite determinar el tiempo de vida de un alimento por este motivo, se decidió realizar una comparación de los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado en la segunda muestra representativa, con el máximo valor permitido para el análisis de mohos y levaduras en quesos establecido por la Norma colombiana (ver Anexo I, Resolución de 1804), por este motivo se decidió plantear los resultados obtenidos en base a la tabla 4.17:

**Tabla 4.17**

**Estimación de tiempo de vida útil en la segunda muestra representativa de queso madurado desde el punto de vista microbiológico**

Tiempo (semanas)	Coliformes (UFC/g)		Mohos y levaduras (UFC/g)	Cumple
	Totales	Fecales		
1°	<1,0x10 <sup>1</sup> (*)	<1,0x10 <sup>1</sup> (*)	6,0x10 <sup>1</sup> (*)	SI
2°	-	-	4,4x10 <sup>2</sup> (*)	SI
3°	-	-	4,7x10 <sup>2</sup> (*)	SI
Valor máximo permitido según resolución 1804				
-	-	-	500	-

**Fuente:** *Harraut, 1989; (\*) CEANID, 2018.*

Los parámetros microbiológicos en general cumplieron con la norma durante la primera semana de seguimiento. Sin embargo, en el caso de mohos y levaduras, se observa un crecimiento exponencial a partir de la segunda semana, es decir, desde la primera hasta la segunda semana va de 6,0x10<sup>1</sup>UFC/g a 4,4x10<sup>2</sup>UFC/g y luego se incrementa hasta la tercera semana en 4,7x10<sup>2</sup>UFC/g. Por lo tanto, de acuerdo con los resultados obtenidos se puede estimar que el deterioro en el queso empieza entre la tercera y cuarta semana, ya que el valor registrado de 4,7x10<sup>2</sup>UFC/g en la tercera semana, está cercano a alcanzar el límite establecido por la norma (ver Anexo I,

Resolución de 1804), debido a que el análisis microbiológico se encuentra entre los valores que determinan la vida útil de un alimento, se puede indicar que el queso empieza a deteriorarse entre la tercera y cuarta semana de almacenamiento en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ).

#### 4.4.3 CONTROL MICROBIOLÓGICO EN LA TERCERA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO

Para realizar el control microbiológico en la tercera muestra representativa de queso madurado, la muestra fue extraída del cuarto lote de quesos, es decir corresponde a la cuarta muestra, la cual fue almacenada en la heladera tipo freezer en condiciones ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $96,67\%\text{HR}$ ). Esta muestra fue analizada en envase cerrado durante 5 semanas, con el fin de detectar el tipo de microorganismo que se desarrolla en el queso en esta condición y realizar un seguimiento para ver el tiempo en el cual cumple con la norma respecto al análisis microbiológico de mohos y levaduras para quesos (ver Anexo I, Resolución de 1804). En la tabla 4.18, se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado en la tercera muestra representativa:

**Tabla 4.18**  
**Resultados obtenidos del análisis microbiológico en la tercera muestra representativa de queso madurado**

Tiempo (Semanas)	Mohos y levaduras (UFC/g)	
	Exponencial	Lineal
1°	$6,5 \times 10^1$	65,00
2°	$6,0 \times 10^1$	60,00
3°	$5,5 \times 10^1$	55,00
4°	$1,7 \times 10^3$	1700,00
5°	$1,8 \times 10^3$	1800,00

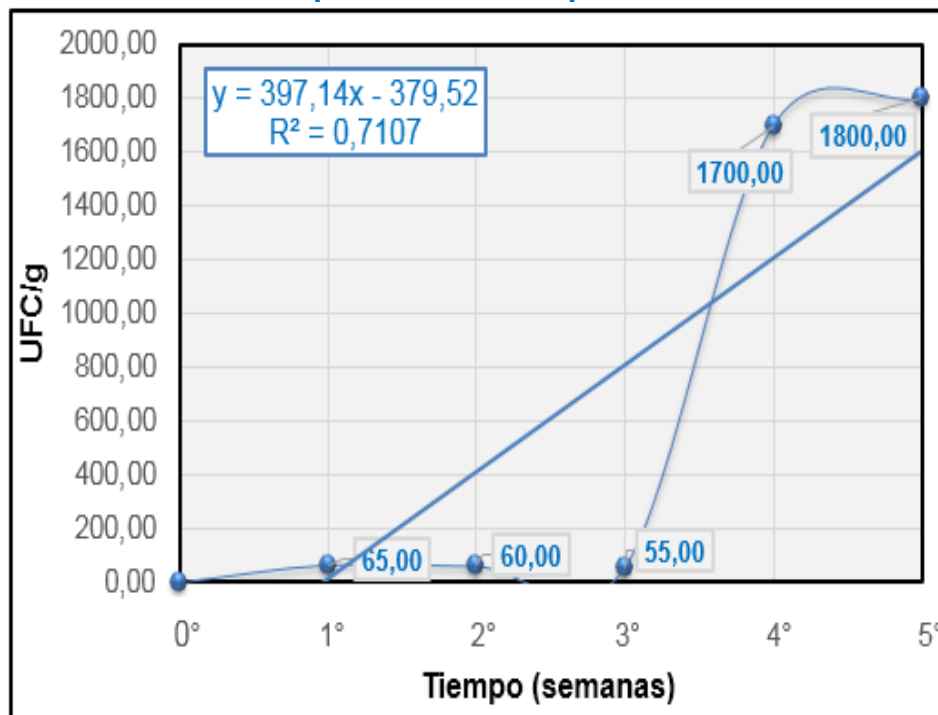
Fuente: CEANID, 2018.

En la tabla 4,18 se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico de mohos y levaduras en la tercera muestra representativa de queso madurado almacenada en la heladera tipo freezer en condiciones ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $96,67\%\text{HR}$ ). De acuerdo al análisis de mohos y levaduras se han obtenido los siguientes resultados:  $6,5 \times 10^1$  UFC/g en la primera semana,



$6,0 \times 10^1$  UFC/g en la segunda semana,  $5,5 \times 10^1$  UFC/g en la tercera semana,  $1,7 \times 10^3$  UFC/g en la cuarta semana y  $1,8 \times 10^3$  UFC/g en la quinta semana de control de almacenamiento. En la figura 4.19, se observa el crecimiento de mohos y levaduras en función del tiempo para la tercera muestra representativa de queso madurado, almacenada en la heladera tipo freezer durante un seguimiento de 5 semanas:

**Figura 4.19**  
**Crecimiento de mohos y levaduras versus tiempo en la tercera muestra representativa de queso madurado**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.19, se muestra el crecimiento de mohos y levaduras en función del tiempo para la tercera muestra representativa de queso madurado almacenada en la heladera tipo freezer en condiciones ( $3 \pm 1^\circ\text{C}$  y  $96,67\% \text{HR}$ ), donde se puede observar que desde cero hasta la primera semana hubo un crecimiento de  $0 \text{ UFC/g}$  a  $6,5 \times 10^1 \text{ UFC/g}$ , pero a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento a partir de la tercera semana hasta la cuarta semana, existe un crecimiento exponencial que va desde  $5,5 \times 10^1 \text{ UFC/g}$  a

1,7x10<sup>3</sup>UFC/g, finalmente en la quinta semana se tiene un incremento con un valor de 1,8x10<sup>3</sup>UFC/g a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### 4.4.3.1 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN LA TERCERA MUESTRA REPRESENTATIVA DESDE EL PUNTO DE VISTA MICROBIOLÓGICO

Dado que el análisis microbiológico permite determinar el tiempo de vida de un alimento por este motivo, se decidió realizar una comparación de los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado en la tercera muestra representativa, con el máximo valor permitido para el análisis de mohos y levaduras en quesos establecido por la Norma colombiana (ver Anexo I, Resolución de 1804), por este motivo se decidió plantear los resultados obtenidos en base a la tabla 4.19:

**Tabla 4.19**  
**Estimación de tiempo de vida útil en la tercera muestra representativa de queso madurado desde el punto de vista microbiológico**

Tiempo (semanas)	Mohos y levaduras (UFC/g)		Cumple
	Exponencial	Lineal	
1°	6,5x10 <sup>1</sup> (*)	65,00	Si
2°	6,0x10 <sup>1</sup> (*)	60,00	Si
3°	5,5x10 <sup>1</sup> (*)	55,00	Si
4°	1,7x10 <sup>3</sup> (*)	1700,00	No
5°	1,8x10 <sup>3</sup> (*)	1800,00	No
Valor máximo permitido según resolución 1804			
	500		-

**Fuente:** *Harraut, 1989; (\*) CEANID, 2018.*

En la tabla 4,19 se muestran los resultados obtenidos del análisis microbiológico de mohos y levaduras realizado en la tercera muestra representativa de queso madurado almacenada en la heladera tipo freezer, donde se puede ver que existe un crecimiento exponencial a partir de la cuarta semana, es decir, desde la tercera hasta la cuarta semana, va de 5,5x10<sup>1</sup>UFC/g a 1,7x10<sup>3</sup>UFC/g y se incrementa hasta la quinta semana a 1,8x10<sup>3</sup>UFC/g. Por lo tanto, de acuerdo con los resultados obtenidos se puede estimar que el deterioro en el queso empieza entre la tercera y la cuarta

semana, ya que el valor registrado de  $1,7 \times 10^3$  UFC/g en la cuarta semana se encuentra por encima del límite establecido por la norma (ver Anexo I, Resolución de 1804), debido a que el análisis microbiológico también permite determinar la vida útil de un alimento, se puede indicar que el queso empieza a deteriorarse entre la tercera y cuarta semana de almacenamiento en condiciones ( $3 \pm 1^\circ\text{C}$  y 96,67%HR).

#### **4.5 CONTROL ORGANOLÉPTICO REALIZADO EN LAS MUESTRAS DE QUESO MADURADO**

Para realizar el control organoléptico en las muestras representativas de queso madurado, se realizó la evaluación sensorial con el fin de detectar alguna variación organoléptica en las muestras de queso que permitan estimar el tiempo de su deterioro. Para ello se han seleccionado dos muestras representativas, siendo estas las siguientes:

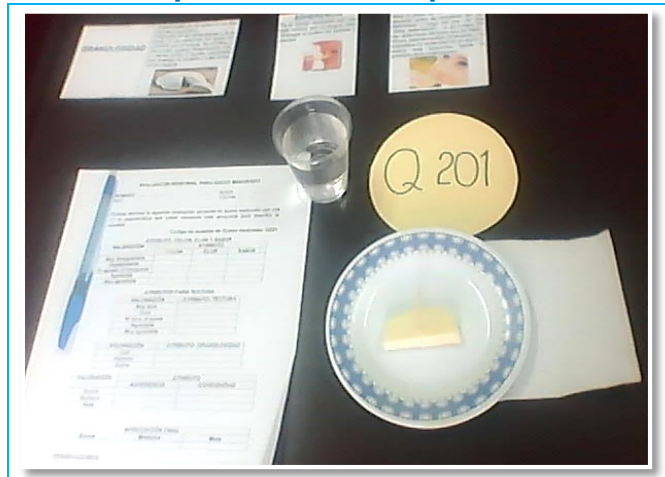
- Primera muestra representativa: Muestra almacenada en envase abierto en condiciones ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$  y 86,57%HR) por un tiempo de (1-4) semanas.
- Segunda muestra representativa: Muestra almacenada en envase cerrado en condiciones ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$  y 86,57%HR) por un tiempo de (1-10) semanas.

##### **4.5.1 CONTROL ORGANOLÉPTICO EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO**

Para realizar el control organoléptico en la primera muestra representativa de queso madurado, esta muestra fue extraída del primer lote de quesos y fue almacenada en la conservadora con sistema de refrigeración (figura 3.3), en condiciones ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$  y 86,57%HR). La evaluación sensorial fue realizada cada semana durante 4 semanas con 10 jueces no entrenados. En la figura 4.20, se observa la preparación para la evaluación sensorial realizada para esta muestra, el test utilizado se encuentra en el Anexo D (Anexo D-1). Para tal efecto se preparó una sola muestra de queso madurado, para un control de (1-4) semanas de almacenamiento, utilizando el siguiente código:

- Código para la primera muestra representativa almacenada durante (1-4) semanas: **Q201**

**Figura 4.20**  
**Preparación para la evaluación sensorial en la primera**  
**muestra representativa de queso madurado**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

#### 4.5.1.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA

En la tabla 4.20, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo color en la primera muestra representativa de queso madurado.

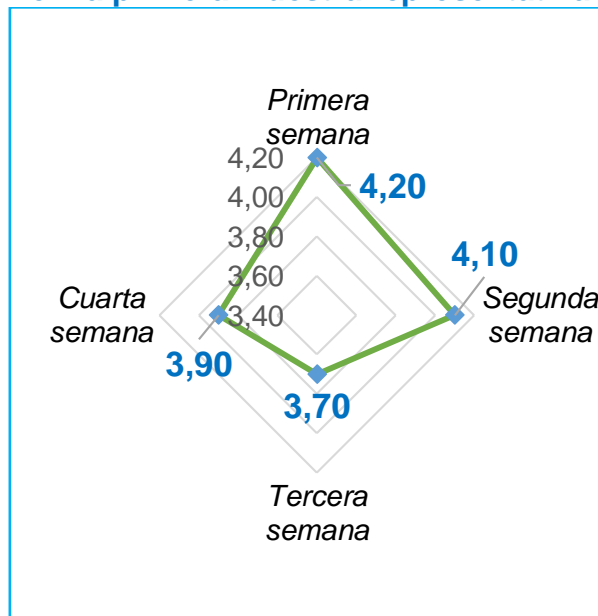
**Tabla 4.20**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo**  
**color en la primera muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)			
	Primera semana	Segunda semana	Tercera semana	Cuarta semana
1	4	4	3	4
2	5	4	5	4
3	4	3	4	3
4	4	4	3	4
5	4	5	4	4
6	5	5	5	5
7	4	4	3	4
8	4	4	3	3
9	4	4	3	3
10	4	4	4	5
$\bar{X}$	<b>4,20</b>	<b>4,10</b>	<b>3,70</b>	<b>3,90</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.21, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.20 para el atributo color en la primera muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.21**  
**Resultados promedio del atributo color**  
**en la primera muestra representativa**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.21, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 4,20 en escala hedónica de 1 a 5 puntos. Sin embargo, a partir de la segunda hasta la tercera semana existe una disminución en el atributo color que va de 4,10 a 3,70 y finalmente, se tiene un incremento en la cuarta semana de 3,90 a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### **4.5.1.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO OLOR EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA**

En la tabla 4.21, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo olor en la primera muestra representativa de queso madurado:

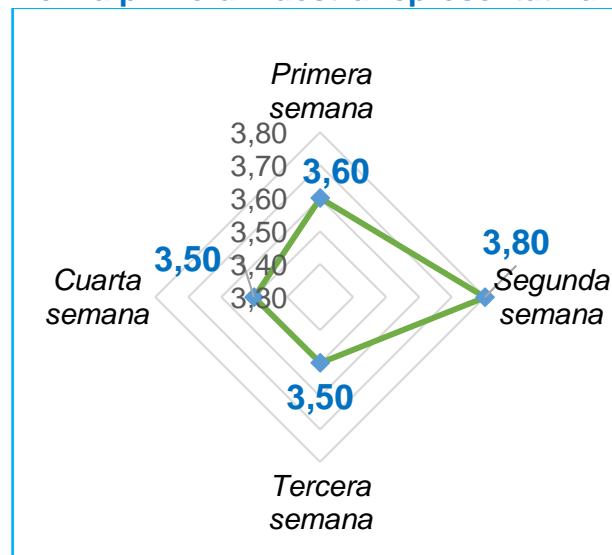
**Tabla 4.21**  
Resultados de la evaluación sensorial del atributo olor en la primera muestra representativa

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)			
	Primera semana	Segunda semana	Tercera semana	Cuarta semana
1	4	4	4	2
2	4	4	4	5
3	3	4	4	4
4	4	3	4	3
5	3	3	3	3
6	5	5	5	5
7	4	3	3	3
8	3	4	3	4
9	3	4	2	2
10	3	4	3	4
$\bar{X}$	<b>3,60</b>	<b>3,80</b>	<b>3,50</b>	<b>3,50</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.22, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.21 para el atributo olor en la primera muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.22**  
Resultados promedio del atributo olor en la primera muestra representativa



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.22, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 3,60 en escala hedónica de 1 a 5 puntos. Sin embargo, en la segunda semana existe un incremento del atributo olor de 3,80 y finalmente se tiene una disminución en la tercera semana de 3,50, valor que se mantiene hasta la cuarta semana a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### 4.5.1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA

En la tabla 4.22, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo sabor en la primera muestra representativa de queso madurado:

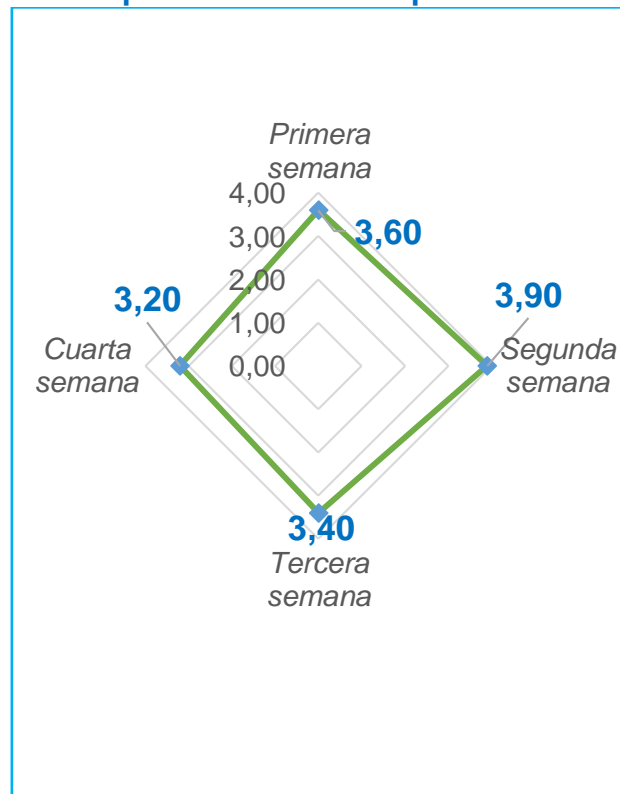
**Tabla 4.22**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo**  
**sabor en la primera muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)			
	Primera semana	Segunda semana	Tercera semana	Cuarta semana
1	3	3	4	3
2	5	5	5	4
3	4	4	3	3
4	3	4	2	3
5	2	4	3	2
6	5	5	5	5
7	4	3	4	2
8	3	3	3	3
9	3	4	2	4
10	4	4	3	3
$\bar{X}$	<b>3,60</b>	<b>3,90</b>	<b>3,40</b>	<b>3,20</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.23, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.22 para el atributo sabor en la primera muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.23**  
**Resultados promedio del atributo sabor**  
**en la primera muestra representativa**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.23, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 3,60 en escala hedónica de 1 a 5 puntos. Sin embargo, en la segunda semana existe un incremento en el atributo sabor de 3,90 y finalmente, se tiene una disminución a partir de la tercera hasta la cuarta semana que va de 3,40 a 3,20 a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### **4.5.1.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA**

En la tabla 4.23, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo textura en la primera muestra representativa de queso madurado:



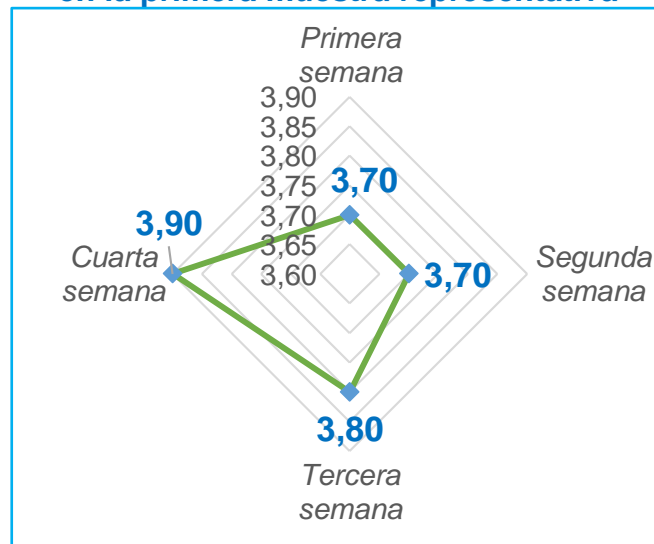
**Tabla 4.23**  
Resultados de la evaluación sensorial del atributo  
textura en la primera muestra representativa

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)			
	Primera semana	Segunda semana	Tercera semana	Cuarta semana
1	3	3	4	3
2	5	4	5	4
3	5	4	4	4
4	3	3	3	5
5	3	3	3	3
6	4	4	4	5
7	4	4	4	4
8	3	4	3	3
9	3	4	4	4
10	4	4	4	4
$\bar{X}$	<b>3,70</b>	<b>3,70</b>	<b>3,80</b>	<b>3,90</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.24, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.23 para el atributo textura en la primera muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.24**  
Resultados promedio del atributo textura  
en la primera muestra representativa



Fuente: *Elaboración propia.*

Como se observa en la figura 4.24, de acuerdo con los datos observados por los jueces, en la primera semana se tiene un valor de 3,70 en escala hedónica de 1 a 5 puntos, valor que se mantiene en la segunda semana. Sin embargo, a partir de la tercera hasta la cuarta semana existe un incremento en el atributo textura, que va de 3,80 a 3,90 a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, lo cual puede indicar que conforme pasa el tiempo la textura en el queso madurado va mejorando.

#### 4.5.1.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO GRANULOSIDAD EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA

En la tabla 4.24, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo granulosidad en la primera muestra representativa de queso madurado:

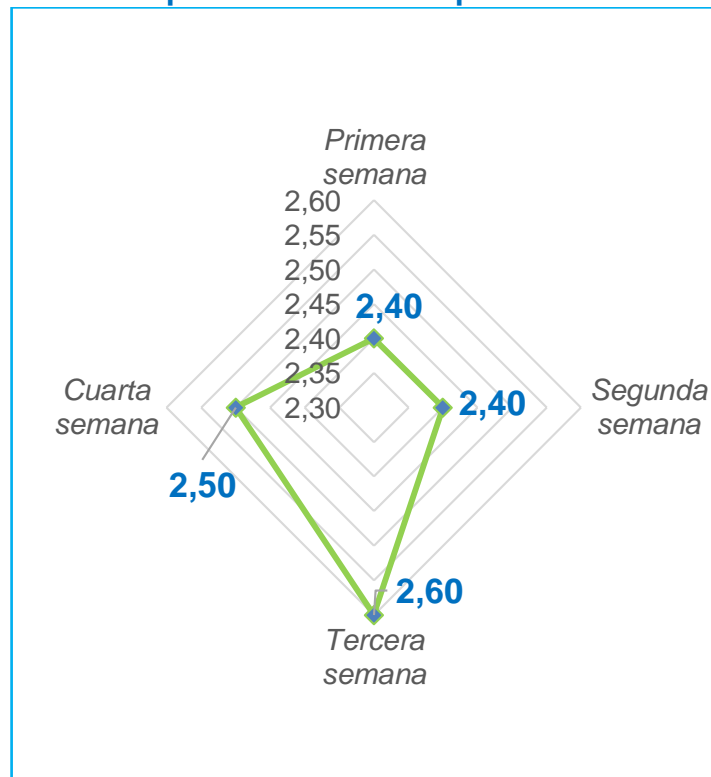
**Tabla 4.24**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo granulosidad en la primera muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)			
	Primera semana	Segunda semana	Tercera semana	Cuarta semana
1	2	2	3	3
2	3	3	3	3
3	2	2	3	3
4	3	1	2	2
5	3	2	3	2
6	2	3	3	3
7	2	3	3	3
8	2	3	1	1
9	2	2	2	2
10	3	3	3	3
$\bar{X}$	<b>2,40</b>	<b>2,40</b>	<b>2,60</b>	<b>2,50</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.25, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.24 para el atributo granulosidad en la primera muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.25**  
**Resultados promedio del atributo granulosidad**  
**en la primera muestra representativa**



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.25, se observa que desde la primera hasta la segunda semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 2,40 en escala hedónica de 1 a 3 puntos que se mantiene. Sin embargo, en la tercera semana existe un incremento en el atributo granulosidad de 2,60 y finalmente, se tiene una disminución en la cuarta semana de 2,50 a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### **4.5.1.6 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO ADHERENCIA EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA**

En la tabla 4.25, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo adherencia en la primera muestra representativa de queso madurado:

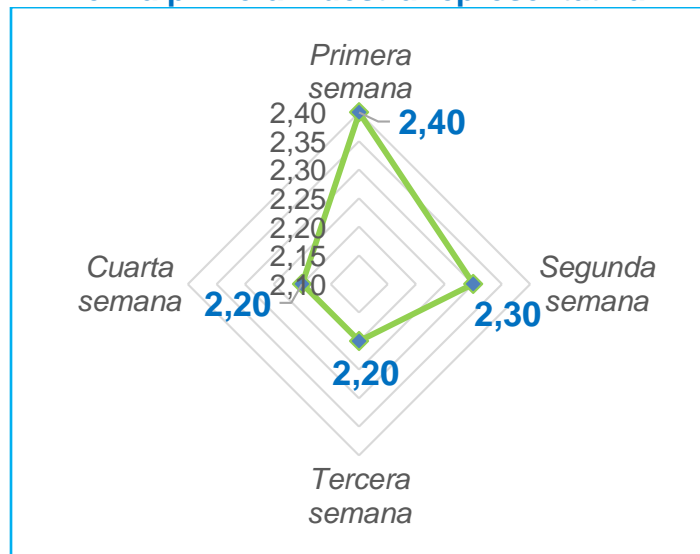
**Tabla 4.25**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo adherencia en la primera muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)			
	Primera semana	Segunda semana	Tercera semana	Cuarta semana
1	3	2	2	2
2	3	3	3	3
3	2	2	2	2
4	2	2	2	2
5	2	2	1	2
6	3	3	3	3
7	2	2	3	3
8	2	3	2	2
9	2	2	2	1
10	3	2	2	2
$\bar{X}$	<b>2,40</b>	<b>2,30</b>	<b>2,20</b>	<b>2,20</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.26, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.25 para el atributo adherencia en la primera muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.26**  
**Resultados promedio del atributo adherencia en la primera muestra representativa**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.26, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 2,40 en escala hedónica de 1 a 3 puntos. Sin embargo, a partir de la segunda hasta la cuarta semana existe una disminución del atributo adherencia que va de 2,30 a 2,20, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### 4.5.1.7 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COHESIVIDAD EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA

En la tabla 4.26, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo cohesividad en la primera muestra representativa de queso madurado:

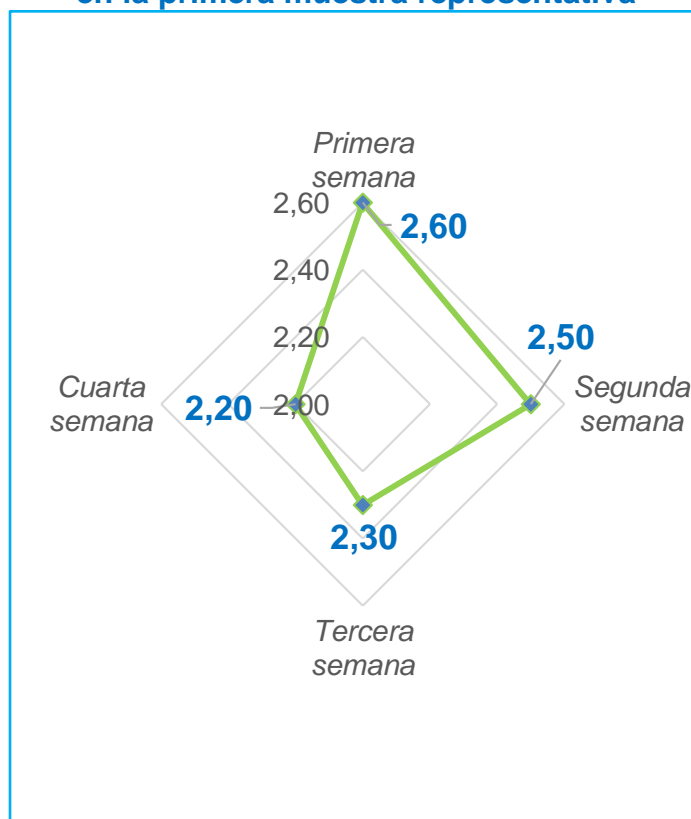
**Tabla 4.26**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo cohesividad en la primera muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)			
	Primera semana	Segunda semana	Tercera semana	Cuarta semana
1	3	3	3	3
2	3	3	3	3
3	2	3	2	1
4	2	1	1	2
5	3	3	2	1
6	3	3	3	3
7	3	2	3	3
8	2	2	3	2
9	3	2	1	2
10	2	3	2	2
<b><math>\bar{X}</math></b>	<b>2,60</b>	<b>2,50</b>	<b>2,30</b>	<b>2,20</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.27, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.26 para el atributo cohesividad en la primera muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.27**  
**Resultados promedio del atributo cohesividad**  
**en la primera muestra representativa**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.27, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 2,60 en escala hedónica de 1 a 3 puntos. Sin embargo, a partir de la segunda hasta la cuarta semana existe una disminución del atributo cohesividad que va de 2,50 a 2,20, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### **4.5.1.8 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA APRECIACIÓN FINAL EN LA PRIMERA MUESTRA REPRESENTATIVA**

En la tabla 4.27, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para la apreciación final en la primera muestra representativa de queso madurado:

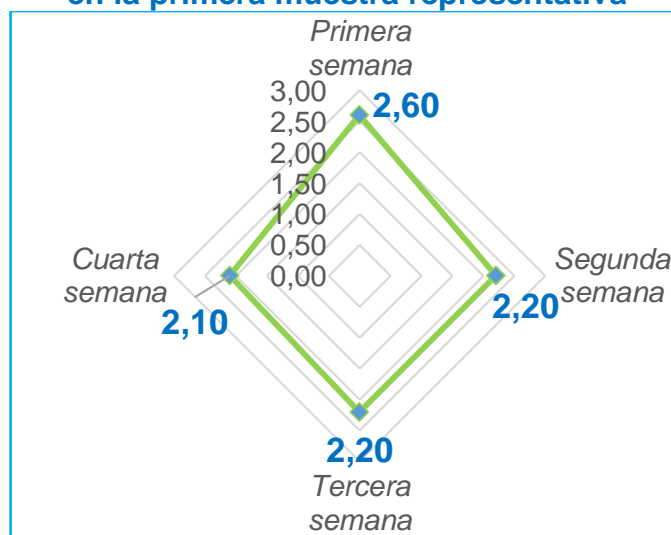
**Tabla 4.27**  
Resultados de la evaluación sensorial para la apreciación final en la primera muestra representativa

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)			
	Primera semana	Segunda semana	Tercera semana	Cuarta semana
1	2	2	2	2
2	3	3	3	3
3	3	2	2	2
4	3	2	2	2
5	3	2	2	1
6	3	3	3	3
7	3	2	2	2
8	2	2	2	2
9	2	2	2	2
10	2	2	2	2
<b>X̄</b>	<b>2,60</b>	<b>2,20</b>	<b>2,20</b>	<b>2,10</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.28, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.27 para la apreciación final en la primera muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.28**  
Resultados promedio de la apreciación final en la primera muestra representativa



Fuente: *Elaboración propia.*

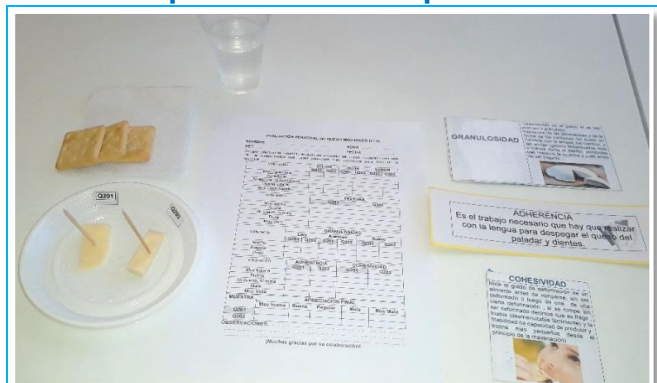
En la figura 4.28, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 2,60 en escala hedónica de 1 a 3 puntos. Sin embargo, a partir de la segunda hasta la cuarta semana existe una disminución en la apreciación final que va de 2,20 a 2,10, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### 4.5.2 CONTROL ORGANOLÉPTICO EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA DE QUESO MADURADO

Para realizar el control organoléptico en la segunda muestra representativa de queso madurado esta muestra fue extraída del segundo lote de quesos, es decir corresponde a la segunda muestra la cual fue almacenada en la conservadora con sistema de refrigeración (figura 3.3) en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR). La evaluación sensorial fue realizada cada semana durante (1-10) semanas con 10 jueces no entrenados. En la figura 4.29, se observa la preparación para la evaluación sensorial realizada en la muestra, el test utilizado se encuentra en el Anexo D (Anexo D-2 y Anexo D-3). Para tal efecto, se prepararon dos muestras: una muestra almacenada durante (1-10) semanas para ser comparada con una muestra fresca de queso madurado. Las muestras analizadas fueron identificadas utilizando los siguientes códigos:

- Código de muestra para queso madurado de (1-10) semanas: **Q201**.
- Código de muestra para queso fresco: **Q202**.

**Figura 4.29**  
**Preparación para la evaluación sensorial en la segunda muestra representativa de queso madurado**



Fuente: *Elaboración propia.*



#### 4.5.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COLOR EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA

En la tabla 4.28, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo color en la segunda muestra representativa de queso madurado, los datos fueron extraídos del Anexo D (tabla D-4.1):

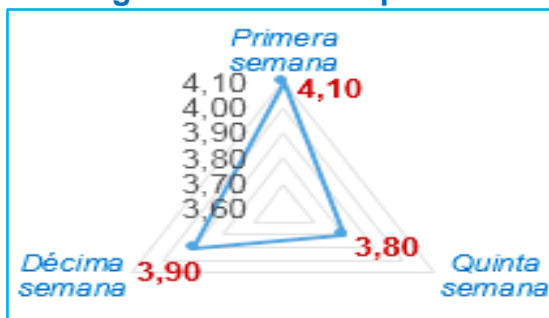
**Tabla 4.28**  
Resultados de la evaluación sensorial del atributo color en la segunda muestra representativa

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)		
	Primera semana	Quinta semana	Décima semana
1	5	4	5
2	4	4	4
3	4	4	3
4	5	4	4
5	3	3	4
6	5	5	5
7	3	2	3
8	4	3	4
9	4	5	3
10	4	4	4
$\bar{X}$	<b>4,10</b>	<b>3,80</b>	<b>3,90</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.30, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.28 para el atributo color en la segunda muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.30**  
Resultados promedio del atributo color en la segunda muestra representativa



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.30, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 4,10 en escala hedónica de 1 a 5 puntos. Sin embargo, en la quinta semana existe una disminución en el atributo color de 3,80 y finalmente se tiene un incremento de 3,90 en la décima semana, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### 4.5.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO OLOR EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA

En la tabla 4.29, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo olor en la segunda muestra representativa de queso madurado, los datos fueron extraídos del Anexo D (tabla D-4.2):

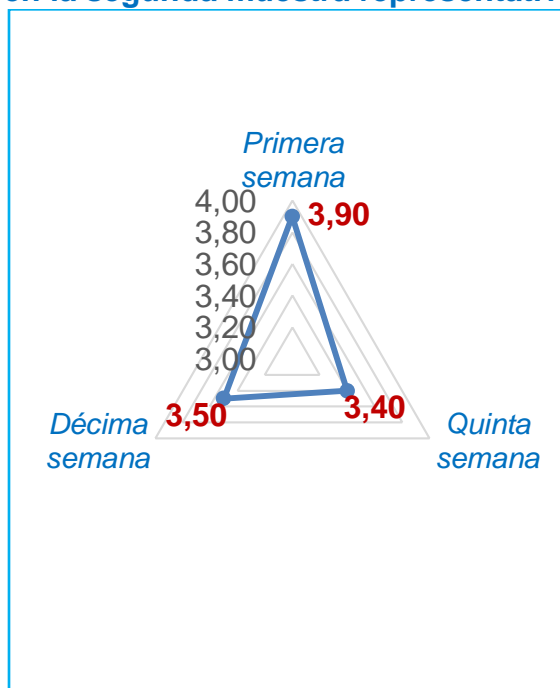
**Tabla 4.29**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo olor en la segunda muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)		
	Primera semana	Quinta semana	Décima semana
1	4	3	5
2	4	3	4
3	4	2	3
4	4	3	2
5	3	3	3
6	5	5	4
7	4	3	3
8	4	3	3
9	3	5	4
10	4	4	4
$\bar{X}$	<b>3,90</b>	<b>3,40</b>	<b>3,50</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.31, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.29 para el atributo olor en la segunda muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.31**  
**Resultados promedio del atributo olor**  
**en la segunda muestra representativa**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.31, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 3,90 en escala hedónica de 1 a 5 puntos. Sin embargo, en la quinta semana existe una disminución en el atributo olor de 3,40, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento y finalmente se tiene un incremento de 3,50 en la décima semana.

#### **4.5.2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO SABOR EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA**

En la tabla 4.30, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo sabor en la segunda muestra representativa de queso madurado, los datos fueron extraídos del Anexo D (tabla D-4.3):

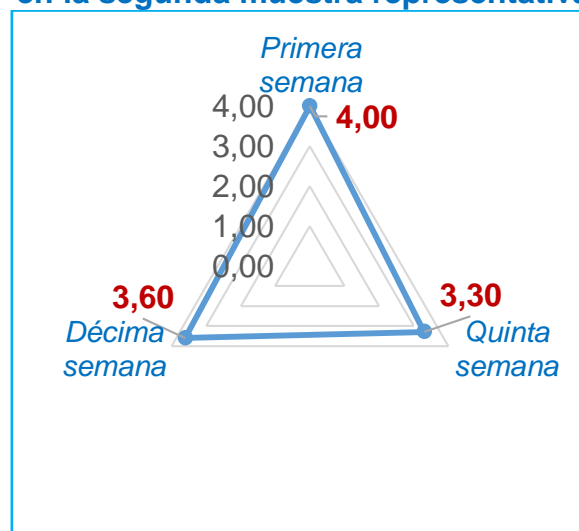
**Tabla 4.30**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo**  
**sabor en la segunda muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)		
	Primera semana	Quinta semana	Décima semana
1	4	4	4
2	4	3	5
3	4	4	4
4	4	4	2
5	3	2	5
6	4	4	3
7	5	1	2
8	4	3	3
9	4	4	4
10	4	4	4
$\bar{X}$	<b>4,00</b>	<b>3,30</b>	<b>3,60</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.32, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.30 para el atributo sabor en la segunda muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.32**  
**Resultados promedio del atributo sabor**  
**en la segunda muestra representativa**



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.32, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 4,00 en escala hedónica de 1 a 5 puntos. Sin embargo, en la quinta semana existe una disminución en el atributo sabor de 3,30, y finalmente, se tiene un incremento en la décima semana con un valor de 3,60 a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### 4.5.2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO TEXTURA EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA

En la tabla 4.31, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo textura en la segunda muestra representativa de queso madurado, los datos fueron extraídos del Anexo D (tabla D-4.4):

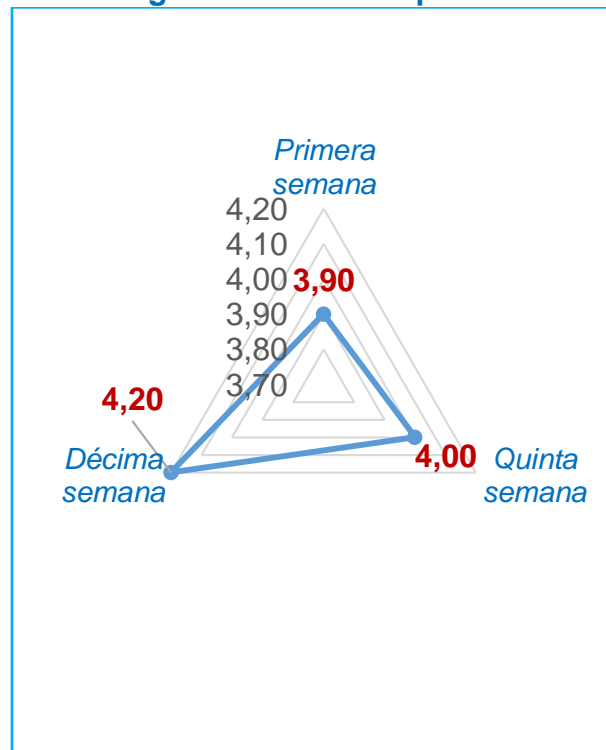
**Tabla 4.31**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo**  
**textura en la segunda muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)		
	Primera semana	Quinta semana	Décima semana
1	4	3	3
2	4	5	5
3	5	5	3
4	4	5	5
5	3	4	5
6	5	4	3
7	4	3	3
8	4	3	5
9	3	4	5
10	3	4	5
$\bar{X}$	<b>3,90</b>	<b>4,00</b>	<b>4,20</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.33, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.31 para el atributo textura en la segunda muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.33**  
**Resultados promedio del atributo textura**  
**en la segunda muestra representativa**



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.33, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 3,90 en escala hedónica de 1 a 5 puntos. Sin embargo, a partir de la quinta hasta la décima semana existe un incremento en el atributo textura que va de 4,00 a 4,20 a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### **4.5.2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO GRANULOSIDAD EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA**

En la tabla 4.32, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo granulosidad en la segunda muestra representativa de queso madurado, los datos fueron extraídos del Anexo D (tabla D-4.5):

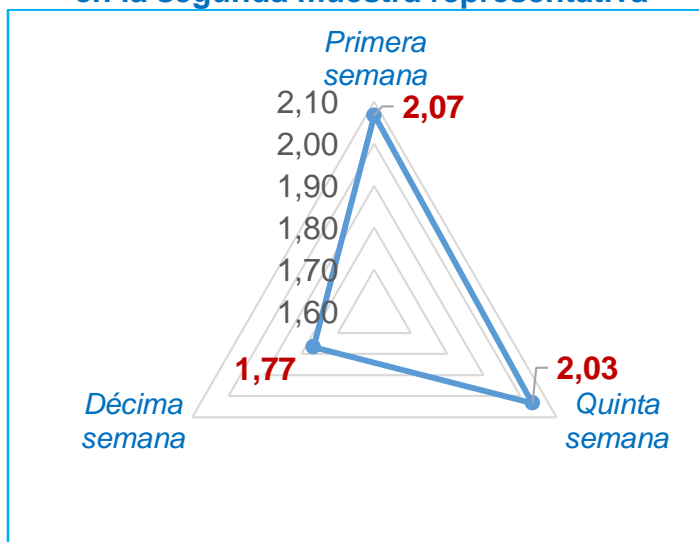
**Tabla 4.32**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo granulosidad en la segunda muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)		
	Primera semana	Quinta semana	Décima semana
1	2	1	2
2	2	3	1
3	2	2	2
4	2	2	1
5	2	2	2
6	3	2	2
7	2	2	1
8	2	2	3
9	2	2	2
10	2	2	2
$\bar{X}$	<b>2,07</b>	<b>2,03</b>	<b>1,77</b>

Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.34, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.32 para el atributo granulosidad en la segunda muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.34**  
**Resultados promedio del atributo granulosidad en la segunda muestra representativa**



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.34, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 2,07 en escala hedónica de 1 a 3 puntos. Sin embargo, a partir de la quinta hasta la décima semana existe una disminución en el atributo granulosidad que va de 2,03 a 1,77 a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### 4.5.2.6 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO ADHERENCIA EN EL EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA

En la tabla 4.33, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo adherencia en la segunda muestra representativa de queso madurado, los datos fueron extraídos del Anexo D (tabla D-4.6):

**Tabla 4.33**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo adherencia en la segunda muestra representativa**

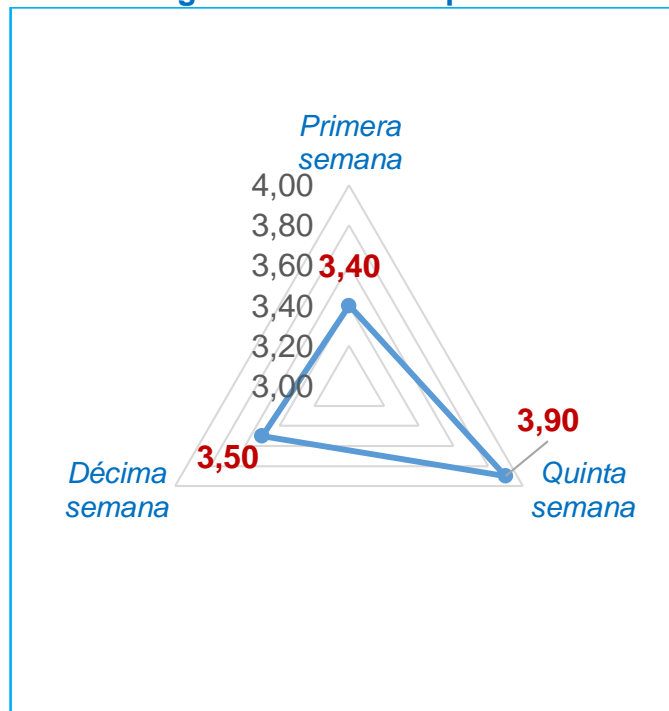
N° de jueces	Muestra (escala hedónica)		
	Primera semana	Quinta semana	Décima semana
1	2	3	3
2	4	5	4
3	4	4	2
4	2	3	4
5	2	5	4
6	4	5	5
7	5	2	4
8	4	3	4
9	4	5	3
10	3	4	2
$\bar{X}$	<b>3,40</b>	<b>3,90</b>	<b>3,50</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.35, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.33 para el atributo adherencia en la segunda muestra representativa de queso madurado:



**Figura 4.35**  
**Resultados promedio del atributo adherencia**  
**en la segunda muestra representativa**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.35, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 3,40 en escala hedónica de 1 a 5 puntos. Sin embargo, en la quinta semana existe un incremento de 3,90 en el atributo de adherencia y finalmente, se tiene una disminución en la décima semana con un valor de 3,50 a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### **4.5.2.7 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL ATRIBUTO COHESIVIDAD EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA**

En la tabla 4.34, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para el atributo cohesividad en la segunda muestra representativa de queso madurado, los datos fueron extraídos del Anexo D (tabla D-4.7):

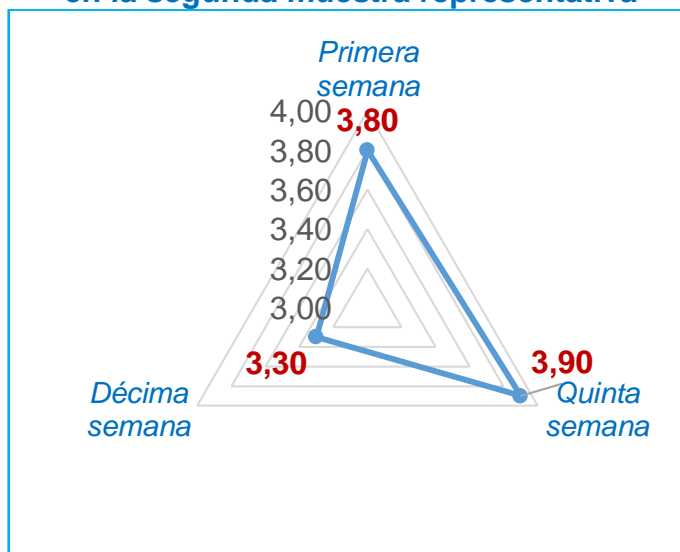
**Tabla 4.34**  
**Resultados de la evaluación sensorial del atributo cohesividad en la segunda muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)		
	Primera semana	Quinta semana	Décima semana
1	4	3	3
2	3	3	4
3	3	4	2
4	4	4	4
5	2	5	4
6	4	4	3
7	5	3	4
8	5	4	4
9	4	5	2
10	4	4	3
<b>X̄</b>	<b>3,80</b>	<b>3,90</b>	<b>3,30</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.36, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.34 para el atributo cohesividad en la segunda muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.36**  
**Resultados promedio del atributo cohesividad en la segunda muestra representativa**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.36, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 3,80 en escala hedónica de 1 a 5 puntos. Sin embargo, en la quinta semana existe un incremento de 3,90 en la apreciación final y finalmente, en la décima semana se tiene una disminución de 3,30 a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### 4.5.2.8 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA APRECIACIÓN FINAL EN LA SEGUNDA MUESTRA REPRESENTATIVA

En la tabla 4.35, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación sensorial para la apreciación final en la segunda muestra representativa de queso madurado, los datos fueron extraídos del Anexo D (tabla D-4.8):

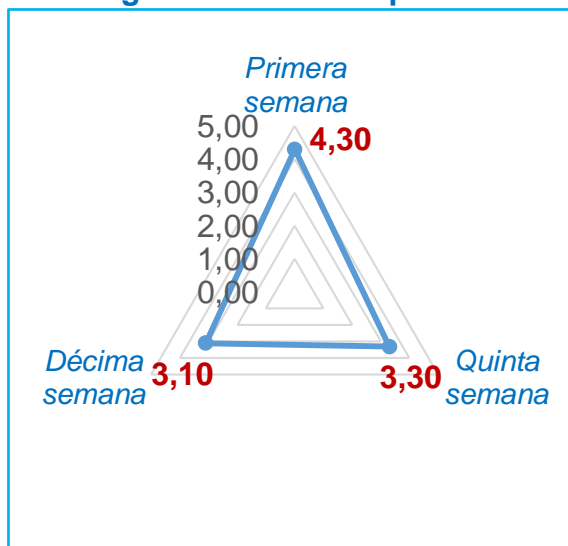
**Tabla 4.35**  
**Resultados de la evaluación sensorial de la apreciación final en la segunda muestra representativa**

N° de jueces	Muestra (escala hedónica)		
	Primera semana	Quinta semana	Décima semana
1	4	4	4
2	4	2	3
3	4	2	4
4	4	3	2
5	4	2	3
6	5	5	4
7	5	3	2
8	5	3	2
9	4	5	3
10	4	4	4
$\bar{X}$	<b>4,30</b>	<b>3,30</b>	<b>3,10</b>

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.37, se muestran los resultados promedio obtenidos de la evaluación sensorial que se muestra en la tabla 4.35 para la apreciación final en la segunda muestra representativa de queso madurado:

**Figura 4.37**  
**Resultados promedio de la apreciación**  
**en la segunda muestra representativa**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.37, se observa que en la primera semana y de acuerdo con los datos que los jueces han observado, se tiene un valor de 4,30 en escala hedónica de 1 a 5 puntos. Sin embargo, a partir de la quinta hasta la décima semana existe una disminución de la apreciación final, que va de 3,30 a 3,10 a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento.

#### **4.6 DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN EL QUESO MADURADO DEL L.T.A. MEDIANTE CINÉTICA QUÍMICA**

Para determinar el tiempo de vida útil en el queso madurado del L.T.A, se han seleccionado tres muestras de las cinco muestras divididas por lote, debido a que se han obtenido mejores datos en la determinación, siendo estas: la tercera, cuarta y quinta muestra. Las muestras fueron almacenadas en condiciones diferentes: conservadora ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 86,57%HR), heladera ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 96,67%HR) y freezer ( $1\pm 1^{\circ}\text{C}$  y 76,28%HR). Para realizar la cinética química se ha determinado el orden de la reacción utilizando la Ecuación 2.6 y Ecuación 2.7, que se encuentran además en el Anexo E (Anexo E-4.1 y Anexo E-4.2) y para ello se han tomado en cuenta los datos de variación de los

parámetros fisicoquímicos de: humedad(%) y acidez(%) en función del tiempo, principalmente humedad en determinadas muestras y los datos que se encuentran en el Anexo E (Anexo E-3) para efectuar el cálculo correspondiente y determinar el tiempo de vida útil en el queso madurado del L.T.A.

$$t = \frac{Q_f - Q_i}{k}$$

**Ecuación (2.6) para orden cero**

$$t = \frac{\ln Q_f - \ln Q_i}{k}$$

**Ecuación (2.7) para primer orden**

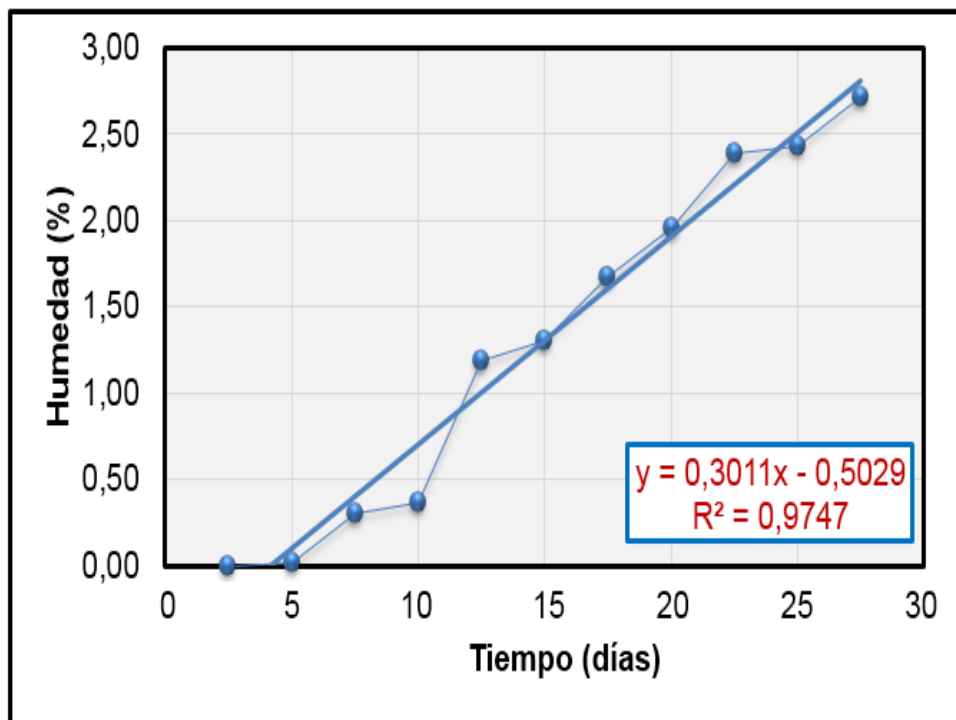
#### **4.6.1 PRUEBA DE ORDEN CERO Y PRIMER ORDEN DE REACCIÓN PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA CONSERVADORA**

Para realizar las pruebas de orden cero y primer orden de la muestra almacenada en la conservadora con sistema de refrigeración (figura 3.3) en condiciones ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$  y 86,57%HR), la muestra fue extraída del tercer lote de quesos, es decir corresponde a la tercera muestra de queso madurado. Para realizar las pruebas se utilizaron los datos de los parámetros fisicoquímicos: humedad (tabla 4.5) y acidez (tabla 4.7) en función del tiempo, además de datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.1 y tabla E-3.2).

##### **4.6.1.1 PRUEBA DE ORDEN CERO Y PRIMER ORDEN DE REACCIÓN PARA EL PARÁMETRO HUMEDAD DE LA MUESTRA ALMACENADA EN LA CONSERVADORA**

Para realizar la prueba de orden cero y primer orden de la muestra almacenada en la conservadora en condiciones ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$  y 86,57%HR) se ha tomado en cuenta la variación del parámetro humedad en función del tiempo (tabla 4.5) y datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.1), la figura 4.38 corresponde a la prueba de reacción para orden cero y la figura 4.39 corresponde a la prueba realizada para una reacción de primer orden:

**Figura 4.38**  
**Prueba de orden cero para el parámetro humedad de la muestra almacenada en la conservadora**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

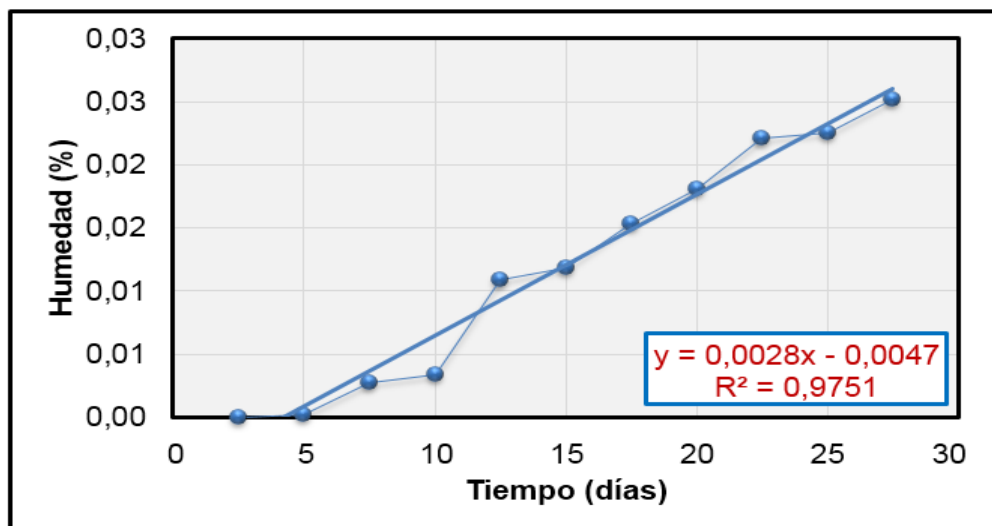
En la figura 4.38, se observa la prueba de orden cero de reacción para el parámetro humedad de la muestra almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^\circ\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ), donde se tiene una velocidad de reacción  $0,3011 \text{ mol/día}$  y un coeficiente de regresión ( $R^2$ )  $0,9747$ , obteniéndose la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.13:

$$y = 0,3011x - 0,5029$$

**Ecuación (4.13)**

En la figura 4.39, se observa la prueba realizada para una reacción de primer orden en base a los datos obtenidos del parámetro humedad en función del tiempo para la muestra almacenada en la conservadora y de datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.1):

**Figura 4.39**  
**Prueba de primer orden para el parámetro humedad de la muestra almacenada en la conservadora**



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.39, se observa la prueba de primer orden de reacción para el parámetro humedad de la muestra almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ), donde se tiene una velocidad de reacción  $0,0028$  mol/día y un coeficiente de regresión ( $R^2$ )  $0,9751$ , obteniéndose la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.14:

$$y = 0,0028x - 0,0047$$

**Ecuación (4.14)**

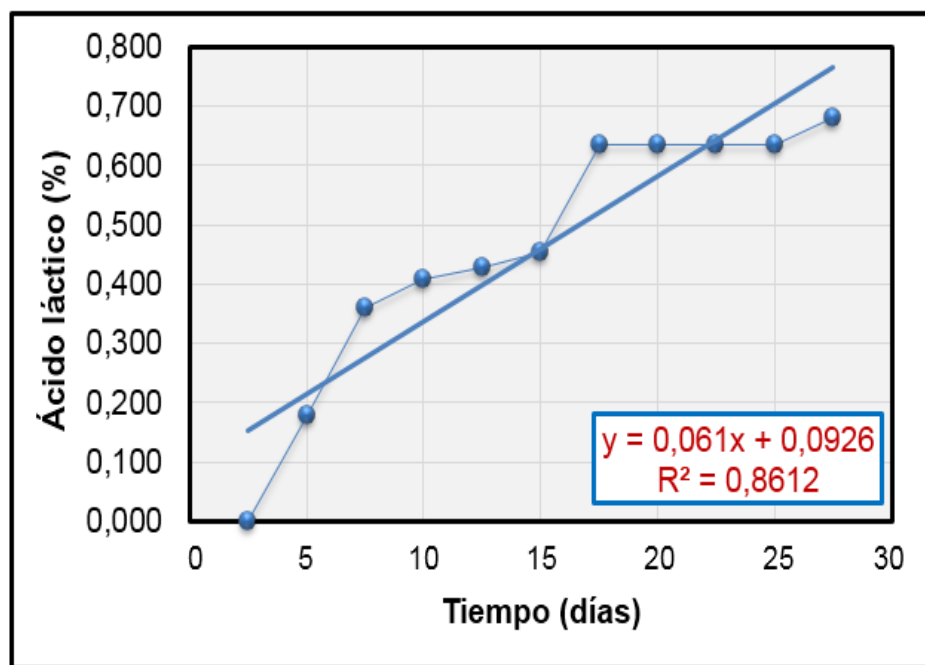
Por lo tanto, de acuerdo a la figura 4.38 y figura 4.39, se puede observar que la reacción de mejor orden de reacción es la que corresponde a la figura 4.39 ya que tiene el mayor coeficiente de regresión lineal ( $R^2$ )  $0,9751$ .

#### **4.6.1.2 PRUEBA DE ORDEN CERO Y PRIMER ORDEN DE REACCIÓN PARA EL PARÁMETRO ACIDEZ DE LA MUESTRA ALMACENADA EN LA CONSERVADORA**

Para realizar la prueba de orden cero y primer orden de la muestra almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ) se ha tomado en cuenta la variación del parámetro acidez en función del tiempo (tabla 4.7) y los

datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.3). La figura 4.40 corresponde a la prueba para orden cero de reacción y la figura 4.41 corresponde a la prueba realizada para primer orden de reacción:

**Figura 4.40**  
**Prueba de orden cero para el parámetro acidez de la muestra almacenada en la conservadora**



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 4.40, se observa la prueba de orden cero de reacción para el parámetro acidez de la muestra almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ), donde se tiene una velocidad de reacción  $0,061 \text{ mol/día}$  y un coeficiente de regresión ( $R^2$ )  $0,8612$ , obteniéndose la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.15:

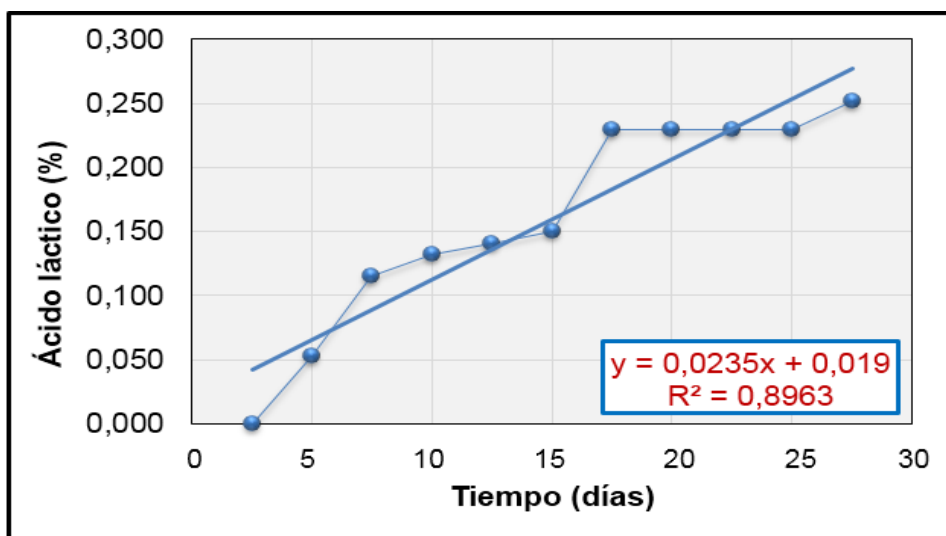
$$y = 0,061x - 0,0926$$

**Ecuación (4.15)**

En la figura 4.41, se observa la prueba realizada para la reacción de primer orden en base a los datos obtenidos del parámetro acidez en función del tiempo, para la muestra almacenada en la conservadora y de datos extraídos del Anexo E (Tabla E-3.2):



**Figura 4.41**  
**Prueba de primer orden para el parámetro acidez de la muestra almacenada en la conservadora**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.41, se observa la prueba de primer orden de reacción para el parámetro acidez de la muestra almacenada en la conservadora en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $86,57\%\text{HR}$ ), donde se tiene una velocidad de reacción  $0,0235$  mol/día y un coeficiente de regresión ( $R^2$ )  $0,8963$ , obteniéndose la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.16:

$$y = 0,0235x + 0,019$$

**Ecuación (4.16)**

Por lo tanto, de acuerdo a la figura 4.40 y figura 4.41, se puede observar que la reacción de mejor orden es la que corresponde a la figura 4.41, ya que tiene el mayor coeficiente de regresión ( $R^2$ )  $0,8963$ .

#### **4.6.1.3 DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA CONSERVADORA**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación del orden de reacción para los parámetros fisicoquímicos de humedad y acidez para la muestra almacenada en la conservadora y los datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.1 y tabla E-3.2), se puede evidenciar que la reacción de primer orden

en ambos parámetros es la más favorable debido a que se tiene un mayor coeficiente de regresión, en base a estos datos se efectuó la determinación de vida útil en la muestra almacenada en la conservadora, los que se encuentran en el cuadro 4.3:

**Cuadro 4.3**  
**Datos obtenidos para la determinación de tiempo de vida útil para la muestra almacenada en la conservadora**

Parámetro fisicoquímico	Valor de la pendiente	Concentración		Predicción de tiempo de vida útil (días)
		ln (Q <sub>f</sub> )	ln (Q <sub>i</sub> )	
Humedad (%)	0,0028 (Figura 4.39)	3,8157	3,8737	21 (*)
Ácido láctico (%)	0,0235 (Figura 4.41)	-0,1416	0,4370	25 (*)

**Fuente:** *Elaboración propia; (\*) Singh, 1996.*

En el cuadro 4.3, se observan los datos de la velocidad de reacción (valor de la pendiente) que corresponden a la figura 4.39 y figura 4.41, datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.1 y tabla E-3.2) para ln(Q<sub>f</sub>) y ln(Q<sub>i</sub>) y de las ecuaciones del Anexo E (Anexo E-4.2) para efectuar el cálculo de vida útil en la muestra almacenada en la conservadora en condiciones (8±2°C y 86,57%HR), obteniéndose como resultado un tiempo de vida útil de 21 días de acuerdo al control del parámetro fisicoquímico humedad (primer cálculo, Anexo E-3.1) y de 25 días de acuerdo al parámetro fisicoquímico acidez (segundo cálculo, Anexo E-3.1). A continuación, se muestra la Ecuación 2.7 utilizada para el cálculo de vida útil que corresponde a la ecuación para primer orden, la misma que ha sido extraída del Anexo E (Anexo E-4.2):

$$t = \frac{\ln Q_f - \ln Q_i}{k}$$

**Ecuación (2.7) de primer orden aplicada para determinar el tiempo de vida útil**

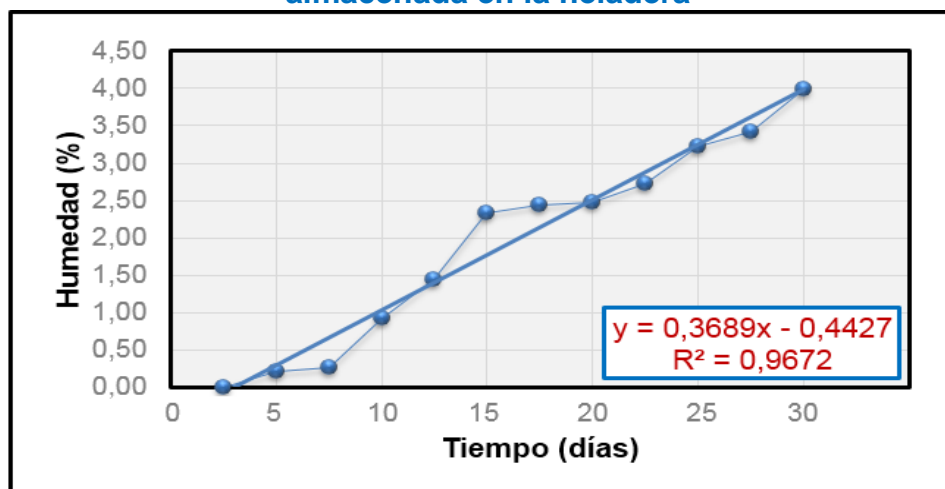
#### 4.6.2 PRUEBA DE ORDEN CERO Y PRIMER ORDEN DE REACCIÓN PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA HELADERA

Para realizar la prueba de orden cero y primer orden de reacción para la muestra almacenada en la heladera tipo freezer (figura 3.4) en condiciones ( $3\pm 1^\circ\text{C}$  y 96,67%HR), la muestra fue extraída del cuarto lote de quesos, es decir corresponde a la cuarta muestra de queso madurado. Para realizar las pruebas se utilizaron los datos del parámetro fisicoquímico humedad (tabla 4.8), además de datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.3).

##### 4.6.2.1 PRUEBA DE ORDEN CERO Y PRIMER ORDEN DE REACCIÓN PARA EL PARÁMETRO HUMEDAD DE LA MUESTRA ALMACENADA EN LA HELADERA

Para realizar la prueba de orden cero y primer orden de reacción para la muestra almacenada en la heladera en condiciones ( $3\pm 1^\circ\text{C}$  y 96,67%HR) se ha tomado en cuenta la variación del parámetro humedad en función del tiempo (tabla 4.8) en la muestra y datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.3), la figura 4.42 corresponde a la prueba para orden cero de reacción y la figura 4.43 corresponde a la prueba para primer orden de reacción:

**Figura 4.42**  
Prueba de orden cero para el parámetro humedad de la muestra almacenada en la heladera



Fuente: *Elaboración propia*

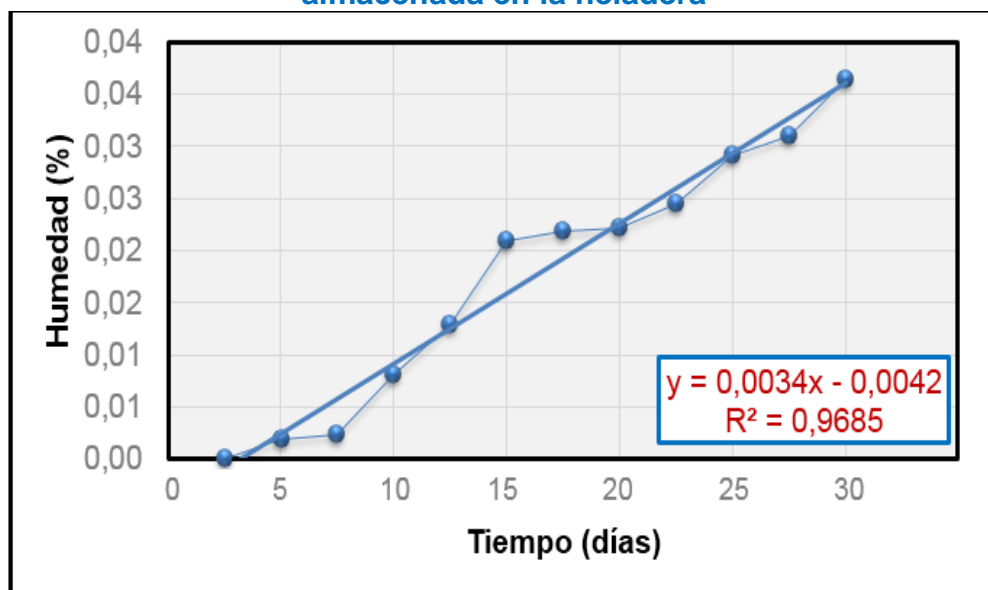
En la figura 4.42, se observa la prueba de orden cero de reacción para el parámetro humedad de la muestra almacenada en la heladera en condiciones ( $3\pm 1^\circ\text{C}$  y  $96,67\%\text{HR}$ ), donde se tiene una velocidad de reacción  $0,3689$  mol/día y un coeficiente de regresión ( $R^2$ )  $0,9672$ , obteniéndose la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.17:

$$y = 0,3689x + 0,4427$$

**Ecuación (4.17)**

En la figura 4.43, se observa la prueba para primer orden de reacción, en base a los datos obtenidos del control de humedad en función del tiempo (tabla 4.8) y datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.3):

**Figura 4.43**  
**Prueba de primer orden para el parámetro humedad de la muestra almacenada en la heladera**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.43, se observa la prueba de primer orden de reacción para el parámetro humedad de la muestra almacenada en la heladera en condiciones ( $3\pm 1^\circ\text{C}$  y  $96,67\%\text{HR}$ ), donde se tiene una velocidad de reacción  $0,0034$  mol/día y un coeficiente de regresión ( $R^2$ )  $0,9685$ , obteniéndose la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.18:

$$y = 0,0034x + 0,0042$$

Ecuación (4.18)

Por lo tanto, de acuerdo a la figura 4.42 y figura 4.43, se puede observar que la reacción de mejor orden es la que corresponde a la figura 4.43, ya que tiene el mayor coeficiente de regresión ( $R^2$ ) 0,9685.

#### 4.6.2.2 DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN LA HELADERA

De acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación del orden de reacción para el parámetro fisicoquímico humedad en la muestra almacenada en la heladera y datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.3), se puede evidenciar que la reacción de primer orden es la más favorable debido a que se tiene un mayor coeficiente de regresión, en base a estos datos se efectuó la determinación de vida útil en la muestra almacenada en la heladera, los que se encuentran en el cuadro 4.4:

**Cuadro 4.4**  
**Datos obtenidos para la determinación de tiempo de vida útil para la muestra almacenada en la heladera**

Parámetro fisicoquímico	Valor de la pendiente	Concentración		Predicción del tiempo de vida útil (días)
		$\ln(Q_f)$	$\ln(Q_i)$	
Humedad (%)	0,0034 (Figura 4.43)	3,8199	3,9038	25(*)

Fuente: *Elaboración propia; (\*) Singh, 1996.*

En el cuadro 4.4, se observa el dato de la velocidad de reacción (valor de la pendiente) que corresponde a la figura 4.43, datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.3) para  $\ln(Q_f)$  y  $\ln(Q_i)$  y de las ecuaciones del Anexo E (Anexo E-4.2), para la muestra almacenada en la heladera en condiciones ( $3\pm 1^\circ\text{C}$  y  $96,67\%\text{HR}$ ), obteniéndose como resultado un tiempo de vida útil de 25 días de acuerdo al control del parámetro fisicoquímico humedad (ver cálculo, Anexo E-3.2). A continuación, se muestra la Ecuación 2.7 utilizada para el cálculo de vida útil

que corresponde a la ecuación para primer orden, la misma que ha sido extraída del Anexo E (Anexo E-4.2):

$$t = \frac{\ln Q_f - \ln Q_i}{k}$$

Ecuación (2.7) de primer orden aplicada para determinar el tiempo de vida útil

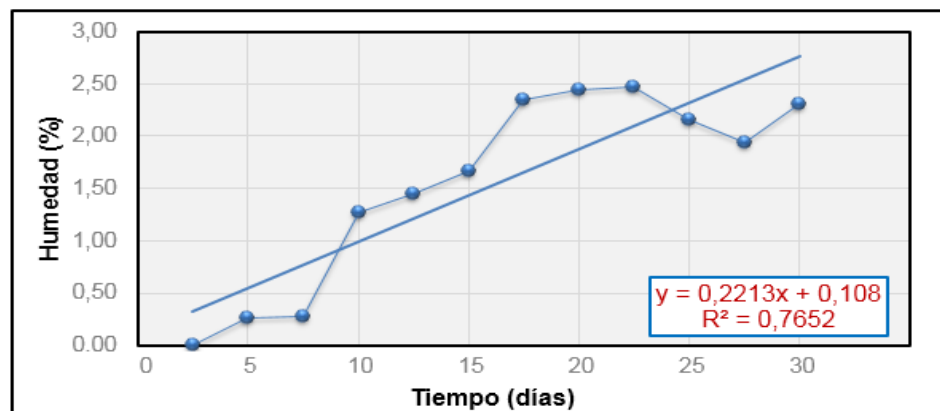
#### 4.6.3 PRUEBA PARA ORDEN CERO Y PRIMER ORDEN DE REACCIÓN PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN EL FREEZER

Para realizar la prueba de orden cero y primer orden de reacción para la muestra almacenada en el freezer (figura 3.5) en condiciones ( $1\pm 1^\circ\text{C}$  y 76,28%HR), se utilizaron los datos del parámetro fisicoquímico humedad (tabla 4.12) y datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.4).

##### 4.6.3.1 PRUEBA PARA ORDEN CERO Y PRIMER ORDEN DE REACCIÓN PARA EL PARÁMETRO HUMEDAD DE LA MUESTRA ALMACENADA EN EL FREEZER

Para realizar la prueba de orden cero y primer orden de la muestra almacenada en el freezer (figura 3.5) en condiciones ( $1\pm 1^\circ\text{C}$  y 76,28%HR), se ha tomado en cuenta la variación del parámetro humedad en función del tiempo y de los datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.4), la figura 4.44 corresponde a la prueba para orden cero y la figura 4.45 corresponde a la de primer orden:

**Figura 4.44**  
Prueba de orden cero para el parámetro humedad de la muestra almacenada en el freezer



Fuente: *Elaboración propia.*

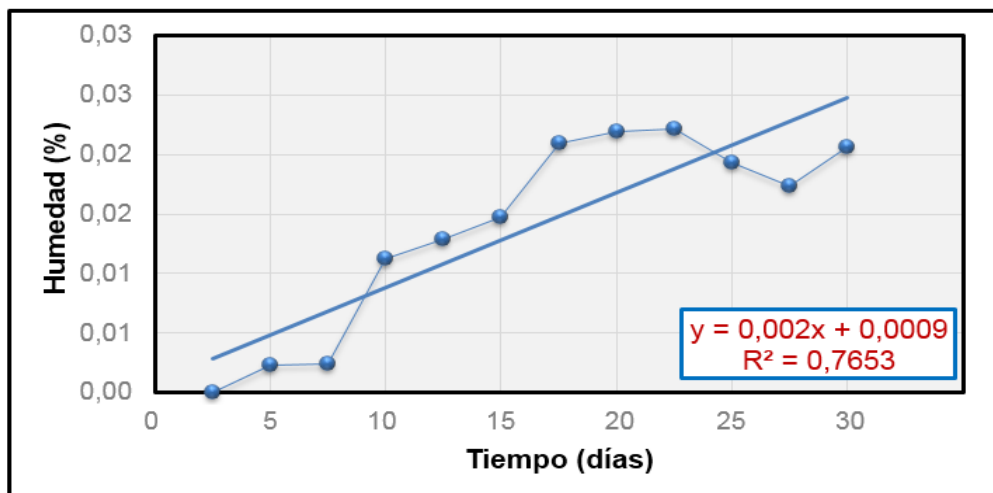
En la figura 4.44, se observa la prueba de orden cero para el parámetro humedad de la muestra almacenada en el freezer en condiciones ( $1\pm 1^\circ\text{C}$  y  $76,28\%\text{HR}$ ), donde se tiene una velocidad de reacción  $0,2213 \text{ mol/día}$  y un coeficiente de regresión ( $R^2$ )  $0,7652$ , obteniéndose la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.19:

$$y = 0,2213x - 0,108$$

**Ecuación (4.19)**

En la figura 4.45, se observa la prueba para primer orden de reacción, en base a los datos obtenidos del control de humedad en función del tiempo (tabla 4.12) y datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.4):

**Figura 4.45**  
**Prueba de primer orden para el parámetro humedad de la muestra almacenada en el freezer**



**Fuente:** *Elaboración propia.*

En la figura 4.45, se observa la prueba de primer orden para el parámetro humedad de la muestra almacenada en el freezer en condiciones ( $1\pm 1^\circ\text{C}$  y  $76,28\%\text{HR}$ ), donde se tiene una velocidad de reacción  $0,002 \text{ mol/día}$  y un coeficiente de regresión ( $R^2$ )  $0,7653$ , obteniéndose la siguiente expresión matemática que corresponde a la Ecuación 4.20:

$$y = 0,002x - 0,0009$$

**Ecuación (4.20)**

Por lo tanto, de acuerdo a la figura 4.44 y figura 4.45, se puede observar que la reacción de mejor orden es la que corresponde a la figura 4.45, ya que tiene el mayor coeficiente de regresión ( $R^2$ ) 0,7653.

#### 4.6.3.2 DETERMINACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL PARA LA MUESTRA ALMACENADA EN EL FREEZER

De acuerdo con los resultados obtenidos en la determinación del orden de reacción para el parámetro fisicoquímico humedad en la muestra almacenada en el freezer y datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.4), se puede evidenciar que la reacción de primer orden es la más favorable debido a que se tiene un mayor coeficiente de regresión, en base a estos datos se efectuó la determinación de vida útil en la muestra almacenada en el freezer, los que se encuentran en el cuadro 4.5:

**Cuadro 4.5**  
**Datos obtenidos para la determinación de tiempo de vida útil para la muestra almacenada en el freezer**

Parámetro fisicoquímico	Valor de la pendiente	Concentración		Predicción del tiempo de vida útil (días)
		$\ln(Q_f)$	$\ln(Q_i)$	
Humedad (%)	0,0020 (Figura 4.45)	3,8563	3,9038	24(*)

**Fuente:** *Elaboración propia; (\*) Singh, 1996.*

En el cuadro 4.5, se observan los datos de la velocidad de reacción que corresponden a la figura 4.45, datos extraídos del Anexo E (tabla E-3.4) para  $\ln(Q_f)$  y  $\ln(Q_i)$  y datos de las ecuaciones del Anexo E (Anexo E-4.2), para la muestra almacenada en el freezer en condiciones ( $1\pm 1^\circ\text{C}$  y 76,28%HR), obteniéndose como resultado un tiempo de vida útil de 24 días de acuerdo al control del parámetro fisicoquímico humedad (ver cálculo, Anexo E-3.3). A continuación, se muestra la Ecuación 2.7 utilizada para el cálculo de vida útil que corresponde a la ecuación para primer orden, la misma que ha sido extraída del Anexo E (Anexo E-4.2):

$$t = \frac{\ln Q_f - \ln Q_i}{k}$$

**Ecuación (2.7) de primer orden aplicada para determinar el tiempo de vida útil**



## 5.1 CONCLUSIONES

- Se estableció tres condiciones de almacenamiento para el estudio de vida útil del queso madurado del Laboratorio Taller de Alimentos ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ ; 86,57%HR); ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ ; 96,67%HR); ( $1\pm 1^{\circ}\text{C}$ ; 76,28%HR).
- Realizada la caracterización física, cada unidad de queso madurado tiene un peso promedio de 960,00 g; diámetro promedio de 13,27 cm y altura promedio de 4,84 cm.
- Realizado el análisis fisicoquímico del queso madurado a los 10 días de almacenamiento en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ ; 86,57%HR) tiene: un contenido de humedad 38,82%; materia seca 61,18%; proteína total 9,15%; fibra 0,00%; materia grasa 23,50%; cenizas 6,29%; carbohidratos 0,00%; pH 6,00; acidez 1,01 % e índice de rancidez negativo.
- Realizado el análisis microbiológico del queso madurado al comienzo del almacenamiento en condiciones ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ ; 96,67%HR) tiene: mohos y levaduras  $6.5 \times 10^1$  UFC/g, coliformes totales  $< 1,0 \times 10^1$  UFC/g y coliformes fecales  $< 1,0 \times 10^1$  UFC/g y al final del control de almacenamiento tiene:  $1,8 \times 10^3$  UFC/g mohos y levaduras.
- Realizada la primera evaluación sensorial en el queso madurado al comienzo del almacenamiento ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ ; 86,57%HR) tiene en cuanto a escala hedónica: textura ni dura, ni blanda 3,70 (en escala de 1 a 5 puntos), adherencia regular de 2,40, cohesividad regular 2,60 (en escala de 1 a 3 puntos) y una apreciación final regular 2,60 (en escala de 1 a 3 puntos); al final del almacenamiento tiene textura ni dura, ni blanda 3,90, adherencia regular de 2,20, cohesividad regular de 2,20 y una apreciación final regular de 2,10.

En la segunda evaluación sensorial de queso madurado al comienzo del almacenamiento ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ ; 86,57%HR) tiene: granulosis regular de 2,07 (escala de 1 a 3 puntos) y una apreciación final regular de 4,30 (escala de

1 a 5 puntos); al final del almacenamiento tiene: granulosis regular de 1,77 y poca apreciación final de 3,1.

- El parámetro de referencia de tiempo de vida útil en el queso madurado (contenido de humedad), corresponde a una reacción de orden uno, velocidad de reacción 0,0028 en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ ; 86,57%HR); 0,0034 ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ ; 96,67%HR); 0,0020 ( $1\pm 1^{\circ}\text{C}$ ; 76,28%HR).
- El deterioro en el queso madurado empieza aproximadamente entre la tercera y cuarta semana en condiciones ( $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ ; 86,57%HR) y ( $3\pm 1^{\circ}\text{C}$ ; 96,67%HR), determinado a través del análisis microbiológico de mohos y levaduras, comparados con los límites establecidos de mohos y levaduras en la Norma Colombiana para quesos (ver Anexo I, Resolución de 1804).
- Se puede predecir el tiempo en el que ocurre el deterioro del queso madurado, en función al parámetro fisicoquímico de referencia humedad y el análisis microbiológico de mohos y levaduras.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar pruebas microbiológicas utilizando la microbiología predictiva para realizar un mejor seguimiento del desarrollo de mohos y levaduras.
- Se recomienda realizar un análisis microbiológico de las muestras antes de realizar una evaluación sensorial, para verificar que sean aptas para consumo.
- Se recomienda realizar el análisis de los parámetros fisicoquímicos: humedad, pH y acidez, por un tiempo más prolongado con el fin de obtener datos más precisos de vida útil en el queso madurado.
- Se recomienda aplicar un diseño experimental en la evaluación sensorial de las muestras para identificar mejor la variación inicial y final de los atributos sensoriales.
- Se recomienda el uso de otros métodos matemáticos y cinéticos para determinar la vida útil del queso madurado, a fin de comparar los resultados obtenidos.