

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE ZOOTECNIA



**“COMPOSICIÓN E HIGIENE EN LA LECHE DE CABRAS SAANEN
EN CRIANZA ESTABULADA Y SU EFECTO SOBRE
EL RENDIMIENTO QUESERO”**

Presentada por:

CÉSAR JAVIER LÓPEZ HUAMANÍ

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Lima – Perú

2021

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE ZOOTECNIA

**“COMPOSICIÓN E HIGIENE EN LA LECHE DE CABRAS SAANEN
EN CRIANZA ESTABULADA Y SU EFECTO SOBRE
EL RENDIMIENTO QUESERO”**

Presentada por:

CÉSAR JAVIER LÓPEZ HUAMANÍ

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. José Almeyda Matías
Presidente

Ing. Fanny Ludeña Urquizo
Miembro

M.V. Aída Cordero Ramírez
Miembro

Ing. Jorge Vargas Morán
Asesor

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Mg. Sc. Jorge Vargas Morán, por el apoyo y paciencia durante todo el transcurso que tomó culminar la tesis.

A cada uno de los miembros del jurado, por sus valiosos aportes y consejos.

A la Granja los Huarangos y a todo su equipo, por permitir la realización del presente trabajo en sus instalaciones.

A mis padres y hermanos, por la infinita paciencia. Gracias por todo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Situación caprina en el Perú	2
2.2. Características de la leche de cabra.....	3
2.2.1. Características organolépticas.....	3
2.2.2. Características físico químicas y microbiológicas	3
2.2.3. Composición y estructura	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1. Lugar de ejecución y tiempo de duración de la investigación.....	13
3.2. Análisis	13
3.3. Análisis de la composición de la leche.....	14
a. Determinación de la densidad.	15
b. Determinación de la acidez de la leche.	15
c. Determinación de la acidez del suero.....	15
d. Test de mastitis California (CMT).	16
e. Recuento de células somáticas.	16
f. Determinación del tiempo de reducción de azul de metileno.	17
g. Determinación del porcentaje de proteína por el método Sorensen-Walker. ..	17
h. Determinación del porcentaje de grasa por el método de Gerber.	17
i. Determinación de sólidos totales.	17
j. Determinación de sólidos no grasos.....	18
k. Sólidos totales de los quesos y rendimientos queseros.	18
l. Ecuaciones de predicción de rendimientos queseros	19
3.4. Diseño estadístico.	19

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1. Caracterización de la composición de la leche de cabras Saanen.....	21
4.1.1. Densidad corregida.....	23
4.1.2. Acidez de la leche	23
4.1.3. Acidez del suero	24
4.1.4. Proteína.....	25
4.1.5. Grasa.....	26
4.1.6. Sólidos totales	27
4.1.7. Sólidos no grasos.....	28
4.2. Caracterización de la higiene en la leche de cabras Saanen - Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM).....	29
4.3. Caracterización de la sanidad en la leche de cabras Saanen.....	30
4.3.1. Test de mastitis California (CMT)	31
4.3.2. Recuento de células somáticas (RCS)	31
4.4. Rendimientos queseros.....	33
4.4.1. Evaluación del rendimiento del queso tipo Pachacamac	33
4.4.2. Evaluación del rendimiento del queso Fresco	34
4.4.3. Evaluación del rendimiento del queso tipo Feta	35
4.4.4. Evaluación del rendimiento del queso tipo Crema.....	35
4.5. Ecuaciones de predicción para rendimientos queseros	38
V. CONCLUSIONES	40
VI. RECOMENDACIONES	41
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	42
VIII. ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población caprina nacional	3
Tabla 2: Composición de la leche de cabra	8
Tabla 3: Clasificación para la prueba de CMT	16
Tabla 4: Composición de la leche de cabras Saanen en crianza estabulada	22
Tabla 5: Características físico químicas de la leche fresca utilizada para la elaboración de cada tipo de queso (promedio \pm desviación estándar)	22
Tabla 6: Higiene en la leche de cabra Saanen en crianza estabulada	29
Tabla 7: Higiene en la leche de cabra utilizada para la elaboración de cada tipo de queso (promedio \pm desviación estándar).....	29
Tabla 8: Salud de la leche de cabra Saanen en crianza estabulada.....	31
Tabla 9: Salud de la leche de cabra utilizada para la elaboración de cada tipo de queso (promedio \pm desviación estándar).....	31
Tabla 10: Promedio de rendimientos queseros según el tipo de queso.....	33
Tabla 11: Matriz de coeficientes de correlación de los parámetros físico químico e higiénico de la leche utilizada para el procesamiento de los diversos tipos de queso y el rendimiento quesero.....	37
Tabla 12: Ecuaciones de predicción de rendimientos queseros para cada tipo de queso	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de animales según etapa de lactación para cada control lechero registrado.....	21
Figura 2: Curva de producción de leche y densidad de la leche durante la etapa de evaluación	23
Figura 3: Curva de producción de leche y acidez de la leche durante la etapa de evaluación.....	24
Figura 4: Curva de producción de leche y porcentaje de proteína durante la etapa de evaluación	26
Figura 6: Curva de producción de leche y porcentaje de grasa durante la etapa de evaluación.....	27
Figura 7: Curva de producción de leche y porcentaje de sólidos totales durante la etapa de evaluación	28
Figura 8: Curva de producción de leche y porcentaje de sólidos no grasos durante la etapa de evaluación	28
Figura 9: Curva de producción de leche y tiempo de reducción de azul de metileno durante la etapa de evaluación.....	30
Figura 11: Curva de producción de leche y recuento de células somáticas durante la etapa de evaluación	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Valores, promedios, desviación estándar y coeficiente de variación para las variables estudiadas	50
Anexo 2: Valores, promedios, desviación estándar y coeficiente de variación del porcentaje de materia seca para cada tipo de queso por elaboración	51
Anexo 3: Valores, promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de los rendimientos queseros en fresco y materia seca para cada tipo de queso por elaboración	52
Anexo 4: Flujo de elaboración de cada tipo de queso	53
Anexo 5: Análisis de variancia de las variables evaluadas.....	57
Anexo 6: Matriz de correlaciones para cada tipo de queso	61
Anexo 7: Análisis de regresión y determinación de ecuaciones de predicción de rendimiento quesero para cada tipo de queso	65

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la composición e higiene en la leche de cabras Saanen criadas de manera estabulada en la costa central, y su efecto sobre el rendimiento quesero mediante ecuaciones de predicción. La evaluación se realizó durante los meses de setiembre y octubre del 2014, en las instalaciones de la Granja Los Huarangos S.A., ubicado en la localidad de Manchay, del distrito de Pachacamac, Lima; tomándose las muestras de los lotes de leche como materia prima destinada al proceso de elaboración de quesos tipo Pachacamac, Fresco y Feta. Los análisis de densidad, acidez de la leche y suero, recuento de células somáticas, test de mastitis California, tiempo de reducción de azul de metileno y proteína se realizaron en la planta de lácteos de la Granja Los Huarangos S.A., mientras que los análisis de grasa y sólidos totales de la leche y queso se realizaron en el Laboratorio de Leche y Carnes de la Facultad de Zootecnia, en la Universidad Nacional Agraria La Molina, transportando las muestras una vez por semana en condiciones de refrigeración. Los promedios de las variables evaluadas fueron: densidad (D): $1,030 \pm 0,0005$ g/ml, acidez de la leche (AL): $16,58 \pm 0,56$ °Dórníc, proteína (PT): $4,00 \pm 0,13$ por ciento, grasa (G): $3,79 \pm 0,23$ por ciento, sólidos totales (ST): $12,13 \pm 0,36$ por ciento, sólidos no grasos (SNG): $8,34 \pm 0,03$ por ciento, y el tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM): $258,93 \pm 100,18$ minutos. Las ecuaciones de predicción determinadas para los rendimientos queseros (RQ) fueron: queso tipo Pachacamac en fresco: $RQ = - 5,73 + 0,752 ST + 1,15 SNG$, en material seca: $RQ = - 6,83 + 1,11 ST$; queso Fresco en fresco: $RQ = 214 - 238 D + 7,52 PT + 2,31 SNG$, en material seca: $RQ = - 1,77 + 0,00624 TRAM + 1,14 ST - 0,81 SNG$; queso tipo Feta en fresco: $RQ = - 1,36 + 0,00226 TRAM + 0,842 ST + 0,51 SNG$, en material seca: $RQ = - 6,88 - 0,70 ST + 2,64 SNG$.

Palabras clave: leche de cabra, calidad de leche, rendimiento quesero.

ABSTRACT

The aim of the current investigation was to evaluate the composition and hygiene in the milk of Saanen goats reared in a stable in the central coast, and its effect on the cheese yield using prediction equations. The evaluation was carried out during the months of September and October 2014, at the facilities of Granja Los Huarangos S.A., located in the town of Manchay, in the district of Pachacamac, Lima; taking samples from batches of milk as raw material for the process of making Pachacamac, Fresco and Feta type cheeses. The analyzes of density, acidity of milk and serum, somatic cell count, California mastitis test, time of reduction of methylene blue and protein were carried out in the dairy plant of Granja Los Huarangos S.A., while the analyzes of Fat and total solids of milk and cheese were carried out in the Milk and Meat Laboratory of the Faculty of Zootechnics, at the La Molina National Agrarian University, transporting the samples once a week under refrigeration conditions. The averages of the variables evaluated were: density (D): $1,030 \pm 0,0005$ g/mL, milk acidity (AL): $16,58 \pm 0,56$ °D (Dórníc degrees), protein (PT): $4,00 \pm 0,13$ percent, fat (G): $3,79 \pm 0,23$ percent, total solids (ST): $12,13 \pm 0,36$ percent, non-fat solids (SNG): $8,34 \pm 0,03$ percent, and the reduction time of methylene blue (TRAM): $258,93 \pm 100,18$ minutes. The prediction equations determined for the cheese yields (RQ) were: fresh Pachacamac cheese: $RQ = - 5,73 + 0,752 ST + 1,15 SNG$, in dry matter: $RQ = - 6,83 + 1,11 ST$; Fresh cheese in fresh: $RQ = 214 - 238 D + 7,52 PT + 2,31 SNG$, in dry matter: $RQ = - 1,77 + 0,00624 TRAM + 1,14 ST - 0,81 SNG$; Fresh Feta cheese: $RQ = - 1,36 + 0,00226 TRAM + 0,842 ST + 0,51 SNG$, in dry matter: $RQ = - 6,88 - 0,70 ST + 2,64 SNG$.

Keywords: goat milk, milk quality, cheese yield.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro del sector pecuario, la producción caprina es una excelente alternativa en la industria láctea convencional, y resulta ser una estrategia útil para combatir la desnutrición, contribuyendo así a la seguridad alimentaria del país mediante el autoconsumo o satisfacer las necesidades de determinados estratos de la población, demandantes de alimentos de buena calidad nutritiva y con propiedades beneficiosas para la salud humana comparada con los lácteos provenientes de los bovinos.

Los caprinos son animales considerados eficientes en el uso de recursos naturales para transformarlos en leche, este hecho pone de manifiesto las excelentes expectativas de rentabilidad, ya que es posible obtener derivados lácteos de buena calidad con bajos costos de producción; mejorando así sustancialmente los ingresos económicos de las familias involucradas en esta actividad productiva.

El factor determinante para obtener derivados lácteos de excelentes cualidades es la calidad de la leche cruda, que básicamente se mide en función a la composición, higiene y sanidad de la leche como materia prima. En la industria láctea es importante predecir el rendimiento quesero, ya que es una herramienta que permite calcular el rendimiento teórico más cercano al rendimiento real, para corregir desviaciones en el proceso de elaboración del queso y poder estimar la eficiencia del rendimiento mediante la comparación entre ambos resultados.

La presente investigación tiene por objetivos:

- Evaluar la composición e higiene en la leche de cabras Saanen criadas de manera estabulada en la costa central.
- Determinar las correlaciones entre composición e higiene de leche de cabras Saanen criadas en un sistema estabulado con respecto al rendimiento quesero del tipo Pachacamac, Fresco y Feta.
- Establecer ecuaciones de predicción para el rendimiento de queso, teniendo en cuenta la composición e higiene de leche de cabras Saanen criadas en un sistema estabulado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Situación caprina en el Perú

La producción caprina en el Perú es una actividad asociada a familias de bajos niveles de ingresos económicos y aprovecha principalmente los recursos marginales como residuos de cosecha, pastos naturales y especies arbustivas; por lo que se considera como fuente barata de proteína de origen animal (Arroyo 1998).

A nivel mundial tanto la producción y comercialización de leche de cabra y sus derivados se viene incrementando en los últimos años (Devendra y Liang 2012); sin embargo, en el Perú la población de caprinos y el número de unidades agropecuarias dedicadas a esta actividad descendieron en un 52,4 y 54,7 por ciento, respectivamente desde el censo de 1994. Actualmente la población total de ganado caprino llega a 1 038 109 cabezas que se encuentran distribuidas entre 95 184 unidades agropecuarias, siendo los departamentos con mayor población: Piura, Ayacucho, Ancash y Lima; mientras que Madre de Dios, Ucayali y Loreto son los departamentos con menor población (INEI 2012). Ver Tabla 1.

Sarria *et al.* (2014) mencionan que la producción caprina en el Perú se sitúa en tres áreas: la costa norte, el oeste de los andes y los valles de la costa central. En la primera zona la explotación caprina se realiza en sistemas extensivos mediante pastoreos en bosques secos, siendo la producción de carne la principal actividad; en la segunda zona las cabras pastan en cañones interandinos y en la tercera zona los pastoreos se realizan en los rastrojos de los cultivos; en esta última zona existe una mayor tendencia a la producción láctea.

Tabla 1: Población caprina nacional

Departamentos con mayor población			Departamentos con menor población		
Departamento	N° de animales	(%)	Departamento	N° de animales	(%)
Piura	260 221	25,07	Madre de Dios	113	0,01
Ayacucho	99 835	9,62	Ucayali	146	0,01
Ancash	93 936	9,05	Loreto	148	0,01
Lima	88 320	8,51	San Martín	325	0,03
Total nacional	1 038 109				

FUENTE: Adaptado de CENAGRO 2012.

2.2. Características de la leche de cabra

2.2.1. Características organolépticas

El análisis organoléptico es la valoración cualitativa que se realiza a una muestra y se basa en la percepción de nuestros sentidos. La leche de cabra es de color blanco mate (debido a la ausencia de carotenos), de olor neutro pero que fácilmente puede absorber los olores provenientes del ambiente donde se encuentra, es de un sabor agradable y de aspecto limpio y sin grumos (Luquet *et al.* 1991).

2.2.2. Características físico químicas y microbiológicas

a. Acidez titulable

La acidez de la leche puede ser natural, producida por proteínas, fosfatos, citratos y ácido carbónico, y desarrollada, producida por el ácido láctico que resulta de la fermentación de la lactosa por vía microbiana (Villegas 2012). La acidez desarrollada de la leche es producida por el crecimiento de las bacterias que transforman la lactosa en ácido láctico, disminuyendo el pH e incrementando la acidez. Se expresa en grados Dórnica (un grado Dórnica equivale a 0,1 g de ácido láctico por 1 litro de leche), para el caso de la leche de cabra, en el momento del ordeño esta oscila entre 12° y 14°D (Lora 1987; Luquet *et al.* 1991).

Peralta (2008) en un trabajo realizado en la cuenca del río Chillón, reportó que la acidez para las primeras semanas de lactación fue de 18,13 °D, llegando al mínimo valor en el segundo

mes (12,25 °D) y para finales de la lactancia reportó 17 °D; habiendo obtenido un promedio para toda la lactancia de 14,48 °D. Así mismo, Lauriano (2011) obtuvo valores de 24° D para cabras criollas, 21,8 y 21,6 °D para cabras Saanen y cabras criollas cruzadas con Saanen, respectivamente. Por otro lado, Frau *et al.* (2010) reportaron valores de acidez de 19,52 °D en cabras criadas en sistemas extensivos; atribuyendo el alto valor como resultado de una acidez adquirida por la falta de higiene.

b. Densidad

La densidad de la leche presenta variaciones a diferentes temperaturas, por lo que la lectura de densidad se refiere siempre a una temperatura fija, normalmente 15°C y en algunos casos 20°C; siendo necesario utilizar un factor de corrección en caso de que la temperatura sea diferente (Alais 1985; Lora 1987).

Dependiendo de factores intrínsecos o extrínsecos a los animales, para la densidad de la leche de cabra se han hallado valores comprendidos entre 1,026 g/ml y 1,042 g/ml (Luquet *et al.* 1991; Boza y Sanz-Sampelayo 1997). Vega *et al.* (2007) en un trabajo realizado con cabras Saanen estabuladas en México, reportan un valor promedio para la densidad de 1,030 g/ml y afirmaron que mientras los contenidos de grasa y sólidos totales sean mayores, mayor será el valor de la densidad.

Por otro lado, Peralta (2008) reportó que, en las cabras evaluadas, la densidad de la leche presentó valores altos al inicio de la lactación (1,034 g/ml), disminuyendo a mediados de la lactación (1,028 g/ml) e incrementándose al final (1,030 g/ml); siendo la media para todo el periodo de 1,0293 g/ml.

c. Punto de congelación

El punto de congelación está vinculado con la fase soluble de la leche, principalmente influenciados por la lactosa y los cloruros que representan hasta el 80 por ciento del valor del punto de congelación; el 20 por ciento restante se ve afectado principalmente por el calcio, potasio, magnesio, los lactatos, citratos y fosfatos presentes en la leche (Brathen, citado por Raynal *et al.* 2005; Fox y McSweeney, citados por Janštová *et al.* 2007).

El punto de congelación de la leche caprina es inferior al de la leche de vaca. Boza y Sanz-Sampelayo (1997) indicaron que la leche de cabra presenta un punto de congelación de -0,590°C, siendo este valor más bajo que el de la leche de vaca (-0,540°C). Raynal *et al.* (2005) mencionan que el punto de congelación para la leche de cabras se encuentra entre los

rangos de -0,537 a -0,576°C, y que el valor referencial en Francia es de -0,545°C; por otro lado, Janštová *et al.* (2007) reportaron valores entre -0,5454 y -0,5567°C a lo largo del año, con una media de -0,551 °C; siendo los valores más bajos para los meses de verano y los más altos para la primavera. En ambos trabajos refieren que las variaciones se ven influenciadas por aspectos nutricionales, número de partos y lactancia, encontrando valores máximos al inicio de la lactancia y valores mínimos al final.

d. Recuento de células somáticas (RCS)

Las células somáticas son parte del mecanismo de defensa del tejido de la ubre de los mamíferos como respuesta a un proceso inflamatorio, incrementando significativamente la cantidad de glóbulos blancos en la leche; por lo tanto, los RCS son indicadores indirectos de patógenos presentes en la leche (Raynal *et al.* 2005).

El límite legal en Estados Unidos para el RCS en caprinos es de 1 000 000 células/ml (Haenlein 2002; Robertson y Muller 2005; Paape, citado por Marín *et al.* 2010); mientras que en la Unión Europea el límite legal propuesto es de 1 500 000 células/ml (Danków, citado por Cordiviola *et al.* 2007); dichos autores mencionan que en muchos casos es frecuente que los RCS no se mantengan por debajo de los límites establecidos.

Koop *et al.* (2010) encontraron que los altos niveles de células somáticas se relacionaron a infecciones bacterianas. Merin *et al.* (2004) y Leitner *et al.* (2004) mencionan que la infección de la ubre tiene un efecto importante en la reducción tanto del rendimiento como la calidad de la leche que conducen a pérdidas económicas, además estos autores encontraron que las infecciones bacteriológicas en la ubre de las cabras disminuyen significativamente la concentración de lactosa y el nivel de grasa en leche.

Los RCS en leche de vacas son más bajos que en las cabras, ya que en las primeras la leche es exprimida de los alveolos sin ningún o muy poco contenido de citoplasma o pérdidas de la membrana (secreción merocrina); mientras que en las segundas, durante la secreción de leche se pierden parte de las membranas y un gran número de partículas citoplasmáticas (secreción apocrina), estas partículas no contienen ADN o núcleo como los leucocitos; por lo tanto, los RCS de por sí solos no son un indicador de mastitis en cabras (Haenlein 2002; Robertson y Muller 2005; Dulin, citado por Chen *et al.* 2010).

Rota *et al.* (1993) demostraron que el RCS sigue una curva inversa a la curva de la lactación, de tal modo que los bajos recuentos coinciden con la alta producción de leche y los altos

recuentos con las bajas producciones. Raynal *et al.* (2005) también anotan que el RCS en cabras no infectadas aumenta a lo largo de todo el periodo de lactancia. Estos últimos, citando a varios autores, mencionan que los RCS están vinculados con modificaciones bioquímicas de la composición de la leche, aumento de las tasas de proteína soluble y concentración de minerales (sodio y cloro) que reflejan una función de filtración cambiada en la ubre durante una infección y que podrían ocasionar pérdidas de entre 15 y 20 por ciento en la producción diaria de leche.

Por otro lado, Marín *et al.* (2010) en un trabajo realizado en Chile con cabras Saanen, encontraron que los niveles más altos de RCS se obtienen en el último tercio de lactación y que existe una correlación negativa entre el RCS y producción de leche. Koop *et al.* (2010) también observaron una correlación negativa entre el RCS y producción de leche, pero mencionan que esta correlación negativa se debía a un efecto de dilución y no por la infección intramamaria. Por su parte, Cordiviola *et al.* (2007) mencionan que la variabilidad de los parámetros de RCS podría estar influenciado por los volúmenes diarios de producción de leche que podrían tener efectos de dilución y/o concentración; esto genera la incertidumbre de si los mayores RCS son causa o consecuencia de las bajas producciones y viceversa.

En estos trabajos concluyen que no existe una correlación clara entre el RCS y composición de la leche (Marín *et al.* 2010), ni entre RCS y número de leucocitos en la leche, ya que se pueden encontrar leches con altos recuentos y bajos números de leucocitos (Robertson y Muller 2005) y los niveles de células somáticas no pueden ser utilizados para determinar magnitudes de pérdidas de producción de leche a causa de mastitis subclínica en caprinos (Koop *et al.* 2010).

Cabe mencionar que Haenlein (2002) así como Robertson y Muller (2005) citando a varios autores, mencionan que, además de la etapa de lactancia y número de partos, son varios los factores que incrementan los RCS en la leche de cabra, como el estrés, los altos niveles de estrógeno durante el celo, el ordeño mecánico que tiende a aumentar el RCS por lesiones en los tejidos de la ubre, la estación del año, siendo más alto los recuentos en otoño e invierno y menores en primavera y verano, y en algunas razas caprinas existe la tendencia de presentar mayores RCS en leche.

e. Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM)

El tiempo de reducción de azul de metileno se mide en minutos y es una prueba muy útil para evaluar la calidad microbiológica de la leche cruda. El mecanismo en el que se basa para valorar la cantidad microbiológica está relacionado con la actividad reductora de las bacterias, que en el proceso de respiración eliminan el oxígeno disuelto en la leche y se produce la decoloración del azul de metileno por reducción. Un TRAM prolongado indica buena calidad microbiológica, mientras que uno breve indica mala calidad (Kirk y Egan 1996; Villegas 2012).

Kondyli *et al.* (2012) mencionan que la mayor parte de la flora natural de la leche de cabras consiste en bacterias mesófilas ácido lácticas; de igual manera, Villegas (2012) indica que la prueba del TRAM no revela la microflora psicrótrofa presente en leches refrigeradas, aunque estas se calienten a 37 °C.

2.2.3. Composición y estructura

La leche de cabra posee un contenido de sólidos totales intermedio entre la leche de oveja y la de vaca, y presenta variaciones por múltiples factores, entre ellos, raza, alimentación, número de partos, etapa de lactación, manejo, condiciones climáticas, etc. (Boza y Sanz-Sampelayo 1997; Park y Haenlein 2006; Vega *et al.* 2007; Guo *et al.* 2001). En la Tabla 2 se presentan los valores de la composición de la leche de cabra, obtenidos por diferentes autores y lo establecido según la Norma Técnica Peruana para leche cruda de cabra (NTP 105.001:2016).

Tabla 2: Composición de la leche de cabra

Composición	Guo <i>et al.</i> (2001)	Mahaut <i>et al.</i> (2003)	Park y Haenlein, (2006)	Vega <i>et al.</i> (2007)	NTP 105.001 (2016)
Sólidos Totales (%)	12,38	13,00	12,20	11,63	Mínimo 13
Grasa (%)	3,61	4,20	3,80	3,50	Mínimo 3,5
Proteína (%)	3,47	3,50	3,50	3,00	Mínimo 3,1
Caseína (%)	2,57	-	2,40	-	-
Lactosa (%)	4,47	4,30	4,10	4,45	-
Ceniza (%)	0,83	0,86	0,80	-	Máximo 0,7

a. Proteína

El contenido de proteína es una característica importante de la leche. Las proteínas de la leche representan el 95 por ciento de proteína cruda y el 5 por ciento restante son aminoácidos libres, péptidos pequeños y nitrógeno no proteico (Guetouache *et al.* 2014). Mahaut *et al.* (2003) así como Park y Haenlein, (2006) reportan un valor de 3,5 por ciento para la proteína en leche de cabras. Vega *et al.* (2007) encontraron valores de 3,0 por ciento de proteína en leche de cabra, con variaciones a lo largo de la campaña de lactación; mientras que Peralta (2008) reportó valores de 3,88 por ciento, observando incrementos hacia finales de la lactación. Guo *et al.* (2001) en leche mezclada de varias razas obtuvieron un promedio de 3,47 por ciento para la proteína total y 2,57 por ciento para la caseína, encontrando mayores niveles en primavera y verano (mayor proporción de caseína por proteína cruda), mientras que en otoño e invierno encontraron valores más bajos.

Las caseínas (proteínas insolubles) se organizan en la leche en forma de micelas, asociadas a un compuesto de fosfato cálcico (Park y Haenlein 2006); en la leche de cabras también están presentes las cuatro principales caseínas (α_1 , α_2 , β , κ) pero en diferente proporción que en la leche de vaca, siendo las variaciones más notables en las α_1 - caseína y α_2 -caseína, y entre estas dos, la primera presenta mayores variaciones cuantitativas debido a los polimorfismos genéticos (Park 2007, citando a varios autores).

Veress *et al.* (2004) citando a varios autores mencionan que el *locus* para la α_1 -caseína se caracteriza por siete alelos asociados con al menos cuatro niveles cuantitativos de dicha proteína, siendo fuerte (A, B, C), intermedio (E), débil (D, F) y nula (0). Por su parte, Park (2007), anota que las variantes A, B y C se asociaron con mayor cantidad de α_1 -caseína (alrededor de 3,6 g/l), la variante E estuvo asociada a niveles intermedios (alrededor de 1,6 g/l) y las variantes D y F se asociaron con bajas cantidades (alrededor de 0,6 g/l).

En la leche de cabra la β -caseína es la proteína mayoritaria, mientras que en la leche de vaca lo es la α_1 -caseína (Park y Haenlein 2006). La leche humana carece de α_1 -caseína; y al ser bajo los niveles de dicha caseína en la leche de cabra se podría decir que el perfil de caseína de esta leche está más cerca al perfil de caseína de la leche humana comparado con su homólogo de la vaca; ya que las caseínas y especialmente las de tipo α se encuentran entre los alérgenos lácteos más importantes (Albenzio *et al.* 2012 citando a varios autores). La κ -caseína es esencial para la formación de micelas y la estabilización e influye en las propiedades tecnológicas de la leche (Veress *et al.* 2004).

Las proteínas solubles no son coagulables y en gran parte son eliminadas por el suero que libera la cuajada durante la elaboración de quesos (albúminas, globulinas, proteosas y peptonas, etc.), estas proteínas del lacto suero en leche de cabra representan el 20,4 por ciento del nitrógeno total (Luquet *et al.* 1991). De las proteínas del suero, el contenido de β -lactoglobulina es similar tanto en caprinos y vacunos, pero el contenido de α -lactoalbumina en cabras es casi el doble que en vacas. (Park y Haenlein 2006).

Guo *et al.* (2001) encontraron que los niveles de nitrógeno no proteico (NNP) como porcentaje de la proteína cruda varían con la temporada, siendo valores altos (5,5 por ciento) para el verano y los valores más bajos (4,5 por ciento) para el invierno. Basu, citado por Luquet *et al.* (1991) menciona que el NNP en leche de cabra se distribuye de la siguiente manera: urea (65 por ciento), aminoácidos libres (17 por ciento), creatina (2 por ciento), creatinina (1,5 por ciento), amoniaco (0,8 por ciento), ácido úrico (0,6 por ciento) y otros compuestos (13,8 por ciento). Además, mencionan que el NNP en leche varía entre cabras, vacas y ovejas.

b. Grasa

El contenido de grasa en la leche de cabra es ligeramente mayor que en la de vaca, en ambos casos los triglicéridos representan cerca del 98 por ciento de lípidos totales, el otro porcentaje

lo componen los diacilgliceroles y los ésteres de colesterol, así como fosfolípidos y compuestos liposolubles como los esteroides y el colesterol (Guetouache *et al.* 2014).

La fracción lipídica de la leche se encuentra en estado de suspensión agrupado en estructuras globulares. Los glóbulos grasos de la leche de cabra se caracterizan por tener menor diámetro promedio que los presentes en leches de vaca (3,5 μm frente a 4,5 μm respectivamente), este menor tamaño está asociado a una mayor digestibilidad y mayor eficiencia en el metabolismo lipídico, ya que durante su acción la lipasa tendrá una mayor superficie de contacto con la grasa de la leche de cabra. (Boza y Sanz-Sampelayo 1997; Park y Haenlein 2006; Devendra y Liang 2012).

Vega *et al.* (2007) reportaron un valor de 3,5 por ciento de grasa para la leche de cabra, que fue similar al 3,61 por ciento reportado por Guo *et al.* (2001); por otro lado, Peralta (2008) reportó un promedio para todo el periodo de lactación de 4,83 por ciento, superior a los reportados por Park y Haenlein (2006) y Mahaut *et al.* (2003) de 3,8 y 4,2 por ciento, respectivamente, atribuyendo este alto valor al bajo nivel de producción de leche de las cabras muestreadas y por lo tanto fue mayor la concentración de sólidos. Estos autores coinciden en que el componente graso tiene gran variación durante la lactancia, descendiendo cuando la producción de leche llega a su pico e incrementándose hacia finales de la lactación.

La leche de cabra carece de aglutinina, que es la proteína encargada de agrupar a los glóbulos grasos para formar estructuras de mayores dimensiones, es por esta razón que dicha leche presenta una mayor dispersión de los glóbulos grasos y una mezcla más homogénea de la grasa a diferencia de la leche de vaca. (Attaie 2000).

El ácido graso más abundante en la leche de cabras es el palmítico, seguido por el oleico, esteárico, cáprico, láurico y mirístico que representan alrededor del 83,5 por ciento del total de los ácidos grasos (Kondyli *et al.* 2012). La leche de cabra contiene niveles más elevados de ácidos grasos de cadena corta y media (C4-C14) que la de vaca, siendo los ácidos cáprico (C6:0), caproico (C8:0), caprílico (C10:0) y láurico (C12:0) los que se encuentran en mayores cantidades (Sanz-Sampelayo *et al.* 2003; Park y Haenlein 2006; Frau *et al.* 2010).

c. Lactosa

La lactosa es el único carbohidrato libre que existe en cantidad significativa en todas las leches. Es sintetizada a partir de la glucosa en la glándula mamaria con la participación activa

de la proteína α -lactoalbúmina y favorece la absorción intestinal de calcio, magnesio y fósforo, y la utilización de la vitamina D. La lactosa es de gran importancia en el mantenimiento del equilibrio osmótico entre el torrente sanguíneo y las células alveolares de la glándula mamaria en la síntesis de la leche. (Alais 1985; Boza y Sanz-Sampelayo 1997; Frau *et al.* 2010).

La lactosa presenta variaciones a lo largo de la lactancia, pero en menor intensidad que los otros componentes (Vega *et al.* 2007; Frau *et al.* 2010). Guetouache *et al.* (2014) mencionan que existe una relación inversa entre el contenido de lactosa y minerales, con el fin de mantener isotónica la leche en relación con el plasma sanguíneo.

d. Sólidos totales

Los niveles de sólidos totales en la leche corresponden a la suma de las fracciones de grasa, proteínas, carbohidratos y los minerales (Devendra y Liang 2012). Guo *et al.* (2001) mencionan que se ha encontrado alta correlación entre los niveles de sólidos totales con la etapa de lactancia ($r = 0,88$); así mismo encontraron que esta variable está altamente correlacionado con los niveles de grasa ($r = 0,96$).

e. Minerales

La fracción mineral, aunque menor, es considerada de gran importancia tanto desde el punto de vista nutricional como tecnológico, están estrechamente relacionadas al contenido de las proteínas ya que juegan un papel transcendental en la organización estructural de las micelas de caseína (Mahaut *et al.* 2003; Guetouache *et al.* 2014). Además, Mahaut *et al.* (2003) mencionan que las sales se pueden encontrar disueltos y en estado coloidal asociado a las caseínas en el centro de las micelas y que la fracción salina coloidal representa aproximadamente el 65 por ciento del calcio, 50 por ciento del fósforo inorgánico, 60 por ciento de magnesio y el 8 por ciento de citrato.

La composición mineral varía según las especies, siendo el contenido de calcio, fósforo, potasio, magnesio, cloro y selenio mayor en la leche de cabras que en la de vaca, mientras que el contenido de sodio y azufre es menor. En ambos casos el contenido de hierro es bajo. (Park y Haenlein 2006).

f. Rendimiento quesero

El rendimiento quesero es la expresión numérica de la cantidad de producto obtenido a partir de un volumen o peso dado de leche de proceso (Fenelon y Guinee, citados por Zeng *et al.*

2006; Villegas 2012); sin embargo, el rendimiento quesero para diferentes quesos y dentro de un mismo tipo de queso varía comúnmente debido a múltiples factores, como calidad de composición de la leche (proteína total, caseína, grasa butírica, sólidos totales) y el proceso de elaboración (Villegas 2012).

En la industria láctea es importante predecir el rendimiento quesero ya que es una herramienta que permite calcular el rendimiento teórico más cercano al rendimiento real, para corregir desviaciones en el proceso de elaboración del queso y poder estimar la eficiencia del rendimiento mediante la comparación entre ambos resultados; así como para la estandarización de la producción de quesos en función a las variaciones de los componentes de la leche a lo largo del año (Zeng *et al.* 2006; Villegas 2012).

Durante muchos años se han determinado gran cantidad de ecuaciones de predicción de rendimiento quesero, algunas tan simples que solo emplean un único componente de la leche (grasa o proteína) y otras más complejas que involucran a las cantidades de sólidos totales e inclusive la humedad; siendo estas últimas ecuaciones más confiables (Zeng *et al.* 2006; Emmons y Modler 2010).

Varios trabajos realizados con caprinos han demostrado que existe una correlación negativa entre el rendimiento de queso y el recuento de células somáticas (RCS), puesto que la mastitis sub clínica causa deterioros en las células de la glándula mamaria, alterando la composición de la leche y finalmente afectando el rendimiento en queso (Park y Haenlein 2006; Soryal *et al.* 2006; Chen *et al.* 2010; Leitner *et al.* 2004 y Barbano *et al.* 1991).

Por otro lado, Morgan y Gaspard, citados por Raynal *et al.* (2005) no encontraron efecto del RCS en el rendimiento del queso, además estos últimos autores mencionan que no se encontraron efectos significativos del RCS en las características sensoriales de quesos frescos y madurados, ni en las características bioquímicas y microbiológicas de quesos madurados; así mismo, Chen *et al.* (2010) no encontraron un importante efecto entre el RCS con la composición de leche y el rendimiento de queso, pero ponen en manifiesto que los quesos elaborados con leche de alto RCS mostraron una mayor lipólisis durante el proceso de maduración.

El contenido de caseína es un factor determinante en el rendimiento quesero ya que es la materia realmente coagulante por acción enzimática, por lo tanto, el porcentaje de proteína en sí no es un criterio preciso como lo es el porcentaje de caseína para garantizar el rendimiento quesero (Raynal *et al.* 2005; Villegas 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución y tiempo de duración de la investigación

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Granja Los Huarangos S.A., ubicado en la localidad de Manchay, distrito de Pachacamac, Lima – Perú. A 120 m.s.n.m. en el margen derecho del río Lurín, y en el Laboratorio de Leche y Carnes de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina. El tiempo de duración del trabajo fue de dos meses, del 3 de setiembre al 1 de noviembre del 2014.

3.2. Análisis

La granja contaba con una población promedio de 210 cabras de raza Saanen de diferentes etapas de lactación, en sistema de crianza estabulada, sanitariamente libres de enfermedades infecciosas como la tuberculosis y brucelosis caprina; alimentadas con pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), cuyo valor nutritivo promedio para la estación de primavera, en condiciones de costa central, reportados por Barrón *et al.* (2009) es de 14,35 por ciento de proteína, 27,49 por ciento de fibra cruda, 56,54 por ciento de fibra detergente neutro y 35,04 por ciento de fibra detergente ácido. El forraje verde era alternado con heno de alfalfa (*Medicago sativa*), con valores nutritivos promedio de 17,4 por ciento para la proteína, 24,5 por ciento para la fibra bruta, 38.0 por ciento para la fibra detergente neutro y 28,6 por ciento para la fibra detergente ácido (FEDNA 2010); adicionalmente se suplementaba alimento balanceado, con niveles de 16 por ciento de proteína y 14 por ciento de fibra. El acceso al agua de bebida era *ad libitum*.

Se realizaban dos ordeños por día de forma mecánica, a las 06:00 y 16:00 horas respectivamente, iniciando la rutina con la limpieza de la ubre, despunte del primer chorro de leche y el ordeño propiamente dicho. La leche era almacenada en un tanque de enfriamiento.

La leche como materia prima destinada al proceso de elaboración de quesos tipo Pachacamac, Fresco, Feta y Crema provenía del tanque de enfriamiento de la granja. Las muestras de leche fueron tomadas de la tina de pasteurización, previo a ser calentada,

empleando un muestreador de acero inoxidable y agitando lenta y progresivamente para obtener muestras representativas. La rutina se realizó de tres a cuatro veces por semana, dependiendo del cronograma de elaboración de quesos de la planta.

Los tipos de queso elaborados podrían clasificarse, según la Norma Técnica Peruana para quesos (NTP 202.193 y NTP 202.194), en quesos de coagulación enzimática, siendo los quesos tipo Pachacamac y Feta quesos madurados (con más de 20 días de maduración) y de pasta blanda (de 46 a 55 por ciento de humedad); mientras que los quesos tipo Crema y Fresco son clasificados como quesos frescos y de pasta muy blanda (mayor a 55 por ciento de humedad). Los flujos de elaboración para cada tipo de queso se muestran en el Anexo 4.

Los análisis de densidad, acidez de la leche y suero, recuento de células somáticas, test de mastitis California, tiempo de reducción de azul de metileno y proteína se realizaron en la planta de lácteos de la Granja Los Huarangos S.A., mientras que los análisis de grasa y sólidos totales de la leche y quesos se realizaron en el Laboratorio de Leche y Carnes de la Facultad de Zootecnia en la Universidad Nacional Agraria La Molina, transportando las muestras una vez por semana en condiciones de refrigeración.

El análisis de rendimiento quesero se realizó a las 24 horas de elaboración de cada lote de queso, por lo tanto, los resultados obtenidos son al desmolde, previo al proceso de maduración; ya que debido al tiempo de la evaluación del presente trabajo y a la diferente naturaleza de cada tipo de queso, no fue posible el análisis al final de la maduración. Con respecto a la evaluación del queso tipo Crema, los datos de las variables estudiadas en este tipo de queso no fueron incluidos en el análisis de caracterización de la leche de cabra de manera global, puesto que los lotes de leche empleados para tal proceso tenían mayor tiempo de almacenamiento que la de los otros tipos de queso; sin embargo, dichos datos se muestran en el presente trabajo, de manera informativa.

3.3. Análisis de la composición de la leche.

Se realizó un análisis completo de: densidad (g/ml), acidez ($^{\circ}$ D), recuento de células somáticas (células/ml), test de mastitis California ($^{\circ}$), tiempo de reducción de azul de metileno (minutos), proteína (%), grasa (%), sólidos totales (%), sólidos no grasos (%) y rendimientos queseros (%).

a. Determinación de la densidad.

La densidad relativa de la leche se determinó mediante el uso de un lactodensímetro graduado a 15 °C. Se vertió la muestra de leche en una probeta de 200 ml, se procedió a introducir el lactodensímetro en la leche teniendo cuidado que éste flote libremente y que no se forme espuma alrededor de la espiga, efectuándose la lectura en el punto más alto que alcanzó el menisco en la espiga. Al mismo tiempo se tomó la temperatura de la leche. Cabe mencionar que al provenir la leche del tanque de enfriamiento, las temperaturas de las muestras se encontraban por debajo de la temperatura de graduación del lactodensímetro empleado (15 °C); por lo tanto se procedió a emplear el factor de corrección de 0,0002 por cada 1 °C de variación de temperatura (Lora 1987).

Factor de corrección de la densidad:

$$\text{Densidad corregida} = \text{Densidad medida} \pm \Delta \text{ Temperatura} \times 0,0002$$

b. Determinación de la acidez de la leche.

La acidez titulable se midió empleando un acidómetro, hidróxido de sodio 0,1 Normal (NaOH 0,1 N) y un indicador de solución alcohólica (fenolftaleína al 1 por ciento). A 9 ml de muestra de leche se agregó entre dos a tres gotas de solución alcohólica de fenolftaleína, luego se procedió a titular con NaOH 0,1 N hasta conseguir el primer tono rosado persistente por medio minuto. Al gasto obtenido de la titulación se multiplicó por diez, siendo este último resultado el valor de la acidez en grados Dórníc (Lora 1987).

c. Determinación de la acidez del suero.

Las muestras de suero se obtuvieron inmediatamente luego del corte de la cuajada. La acidez titulable se midió empleando un acidómetro, hidróxido de sodio 0,1 Normal (NaOH 0,1 N) y un indicador de solución alcohólica (fenolftaleína al 1 por ciento). A 9 ml de muestra de suero se agregó entre dos a tres gotas de solución alcohólica de fenolftaleína, luego se procedió a titular con NaOH 0,1 N hasta conseguir el primer tono rosado persistente por medio minuto. Al gasto obtenido de la titulación se multiplicó por diez, siendo este último resultado el valor de la acidez en grados Dórníc¹.

¹ Vargas, J. ago. 2014. Determinación de la acidez del suero (conversación). Lima, Perú, UNALM.

d. Test de mastitis California (CMT).

Esta prueba se realizó con la finalidad de evaluar el estado sanitario de la leche como materia prima destinada a la elaboración de cada tipo de queso, empleando la leche proveniente del tanque de enfriamiento; para la cual se usó una paleta y el reactivo CMT. Se tomaron 2 ml de muestras de leche en la paleta de CMT limpia y se agregó igual cantidad de solución CMT a cada compartimiento; se procedió a homogenizar la mezcla con movimientos circulares de la paleta hasta mezclar totalmente el contenido (aproximadamente por diez segundos); se tomó lectura inmediatamente a la prueba asignándose los siguientes valores:

Tabla 3: Clasificación para la prueba de CMT

Grado (°)	Descripción
0	Negativo, no hubo precipitaciones.
1	Ligera precipitación que desaparece al agitar.
2	Ligera precipitación con algunos filamentos grumosos que desaparecen luego de mover por 10 segundos aproximadamente. No se forma gel.
3	El precipitado se torna denso y hay formación de gel.
4	Inmediata formación de gel que no pierde su forma con la agitación.

FUENTE: Adaptado de Perrin *et al.* (1997) y Persson *et al.* (2014).

e. Recuento de células somáticas.

En esta prueba se empleó el lector digital PORTA SCC y tiras reactivas. Luego de mezclar la muestra de leche, con la pipeta del kit se tomó una gota de leche para agregarlo en el círculo de la tira reactiva, se añadió tres gotas de la solución activadora a la tira y se dejó reposar por 45 minutos. Luego se empleó el lector digital previamente calibrado con las tiras de calibración para proceder a realizar la lectura (Portacheck 2014).

Cabe mencionar que el analizador electrónico PORTA SCC empleado era específico para leche de vacas y los fabricantes no aconsejan su uso en leches de cabra debido a las diferencias existentes entre ambas leches, además recomiendan que para leches de tanques estas no deben tener más de ocho horas de haber sido ordeñadas.

f. Determinación del tiempo de reducción de azul de metileno.

Los tubos de ensayo y las pipetas que se emplearon fueron previamente esterilizados en un horno eléctrico, a 150 °C por cinco minutos. En un tubo de ensayo se colocó 10 ml de muestra de leche, en otro tubo 10 ml de leche pasteurizada a modo de control, a ambos tubos se agregó 1 ml de solución de azul de metileno (55 ppm), se procedió a homogenizar ambas muestras para luego dejarlas en baño maría a 37 °C. Se registró el tiempo en que la muestra de leche sin pasteurizar se decoloró por lo menos un centímetro de altura del tubo de ensayo (Lora 1987).

g. Determinación del porcentaje de proteína por el método Sorensen-Walker.

En la primera fase de la prueba se procedió a neutralizar 9 ml de muestra de leche y entre dos a tres gotas de fenolftaleína con NaOH 0,1 N. Para la segunda fase, al mismo contenido de muestra neutralizada, se agregó 2 ml de formol al 40 por ciento y se procedió a titular con NaOH 0,1 N. A este último gasto se multiplicó por 2,00 para obtener el contenido proteico (Lora 1987).

h. Determinación del porcentaje de grasa por el método de Gerber.

En un butirómetro se añadió 10 ml de ácido sulfúrico con una densidad de 1,820 a 1,825 g/ml, luego se añadió 11 ml de muestra de leche y 1 ml de alcohol amílico; después de tapar el butirómetro y mezclar mediante sucesivas inversiones, se procedió a centrifugar por cinco minutos a 1200 RPM. Posteriormente se colocó en baño María a 65 °C por 10 minutos y se procedió a realizar la lectura (Lora 1987).

i. Determinación de sólidos totales.

Para esta prueba se utilizó una balanza electrónica, una estufa, crisoles de aluminio y las muestras de leche. Se tomó el peso inicial de los crisoles de aluminio, donde luego se colocó una pequeña muestra de leche (aproximadamente tres gramos) y se tomó el peso de ambos, en conjunto. Las muestras de leche puestas en los crisoles fueron llevadas a una estufa a 102 °C por tres horas. Pasado este tiempo se retiró de la estufa, se pesó y se volvió a llevar a la

estufa a 102 °C por 15 minutos más, se repitió el procedimiento hasta obtener pesos constantes, que finalmente fue el utilizado para esta prueba**.

El porcentaje de sólidos totales resulta de la siguiente fórmula:

$$\text{Sólidos Totales (\%)} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

j. Determinación de sólidos no grasos.

Los valores de los sólidos no grasos se obtuvieron de la diferencia entre los valores del porcentaje de sólidos totales y los del porcentaje de grasa.

k. Sólidos totales de los quesos y rendimientos queseros.

Para la determinación de los sólidos totales de los quesos se tomaron muestras de cada queso (aproximadamente 100 gramos) elaborado con los lotes de leche previamente analizadas; estas muestras se llevaron al Laboratorio de Leche y Carnes de la UNALM para su análisis. Cada muestra fue finamente picada y se tomó una alícuota de aproximadamente tres gramos, se colocaron en crisoles de aluminio y se realizó el mismo procedimiento que el empleado para la determinación de sólidos totales de la leche**.

Para la determinación del rendimiento quesero se tomaron los pesos del total de queso producido durante cada proceso al momento del desmolde, calculando el rendimiento quesero en fresco mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento quesero en fresco (\%)} = \frac{\text{Peso de queso (Kg)}}{\text{Volumen de leche cruda (L)}} \times 100$$

Con la finalidad de evitar las diferencias entre los rendimientos queseros por efecto de la humedad presente en ellos, se calculó los rendimientos queseros en materia seca empleando los valores de los sólidos totales hallados de cada muestra de queso mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

** Vargas, J. ago. 2014. Determinación de sólidos totales en leche y queso (conversación). Lima, Perú, UNALM.

$$\text{Materia seca (\%)} = 100 - \text{Humedad (\%)}$$

El rendimiento quesero en seco se calculará con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento quesero seco (\%)} = \frac{\text{Peso de materia seca del queso (Kg)}}{\text{Volumen de leche cruda (L)}} \times 100$$

I. Ecuaciones de predicción de rendimientos queseros

Se realizó a partir de las correlaciones obtenidas entre los rendimientos queseros reales y las variables de composición e higiene de las leches evaluadas.

3.4. Diseño estadístico.

Se determinó la correlación existente entre cada variable y el rendimiento quesero real; para luego mediante el análisis de regresión lineal múltiple determinar la ecuación de predicción del rendimiento quesero teórico mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y = b_0 + b_1Pt + b_2G + b_3SNG + b_4ST + b_5RCS + b_6TRAM + b_7D + b_8CMT + b_9AL + b_{10}AS + e$$

Donde:

Y: Rendimiento quesero.

Pt: Porcentaje de proteína presente en la leche.

G: Porcentaje de grasa presente en la leche.

SNG: Porcentaje de sólidos no grasos presente en la leche.

ST: Porcentaje de sólidos totales presentes en la leche.

RCS: Recuento de células somáticas.

TRAM: Tiempo de reducción de azul de metileno.

D: Densidad de la leche.

AL: Acidez de la leche.

AS: Acidez del suero.

CMT: Grados CTM.

e: error.

Para la comparación de promedios de las variables estudiadas, según cada tipo de quesos, a fin de determinar las igualdades o diferencias significativas entre ellas, se realizó un DCA con unidades perdidas con la Prueba de medias de Dunnet ($\alpha=0,05$). Se realizó selección de variables para determinar las ecuaciones de predicción de rendimientos queseros, tomando en cuenta solo las variables con mayores correlaciones. Los datos fueron procesados usando el programa estadístico Minitab versión 15.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de la composición de la leche de cabras Saanen.

Debido a problemas internos de la granja con los registros de las cabras, aproximadamente el 85 por ciento de las ordeñadas contaba con registro completo de control lechero; en la Figura 1 se muestran las distribuciones según el tercio de lactación de las cabras registradas para cada control lechero realizado.

La composición promedio global, desviación estándar, coeficiente de variación y rangos para cada característica de la leche de cabra utilizada para la elaboración de quesos en este estudio se muestran en la Tabla 4, mientras que en la Tabla 5 se presentan las características de la leche de cabra utilizada para la elaboración de los cuatro tipos de quesos.

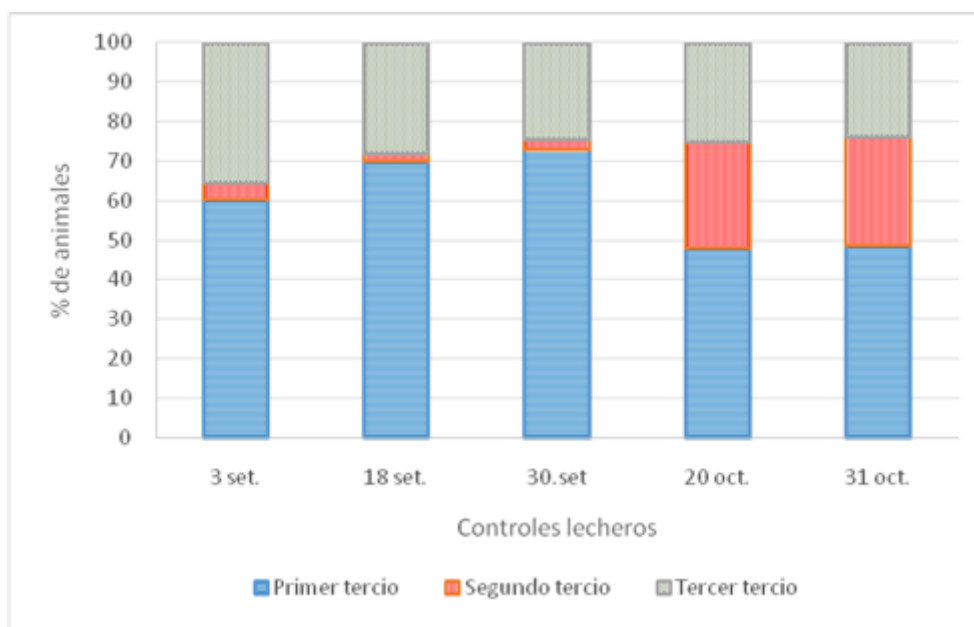


Figura 1: Distribución de animales según etapa de lactación para cada control lechero registrado

Tabla 4: Composición de la leche de cabras Saanen en crianza estabulada

Característica	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)	Rango
Densidad corregida (g/ml)	1,030	0,0005	0,05	1,0288 – 1,0311
Acidez leche (°D)	16,58	0,56	3,36	15,17 – 17,75
Acidez suero (°D)	10,22	0,67	6,56	8,50 – 11,50
Proteína (%)	4,00	0,13	3,36	3,73 – 4,33
Grasa (%)	3,79	0,23	6,19	3,40 – 4,50
Sólidos totales (%)	12,13	0,36	2,93	11,41 – 12,53
Sólidos no grasos (%)	8,34	0,03	3,56	7,88 – 8,99

Tabla 5: Características físico químicas de la leche fresca utilizada para la elaboración de cada tipo de queso (promedio \pm desviación estándar)

PARÁMETROS	TIPO DE QUESO			
	Pachacamac	Fresco	Feta	Crema
Densidad corregida (g/ml)	1,03 \pm 0,0003 ^a	1,03 \pm 0,0007 ^a	1,03 \pm 0,0006 ^a	1,03 \pm 0,0004
Acidez leche (°D)	16,47 \pm 0,35 ^a	16,57 \pm 0,82 ^a	16,73 \pm 0,53 ^a	17,34 \pm 0,26
Acidez suero (°D)	10,40 \pm 0,55 ^a	9,94 \pm 0,56 ^a	10,22 \pm 0,87 ^a	62,13 \pm 1,87
Proteína (%)	4,04 \pm 0,12 ^a	3,98 \pm 0,23 ^a	3,96 \pm 0,15 ^a	4,02 \pm 0,08
Grasa (%)	3,70 \pm 0,23 ^a	3,93 \pm 0,30 ^a	3,78 \pm 0,11 ^a	3,67 \pm 0,18
Sólidos totales (%)	12,15 \pm 0,38 ^a	12,16 \pm 0,41 ^a	12,07 \pm 0,31 ^a	12,06 \pm 0,24
Sólidos no grasos (%)	8,45 \pm 0,32 ^a	8,24 \pm 0,25 ^a	8,28 \pm 0,27 ^a	8,40 \pm 0,15

^a Letras iguales en la misma fila expresan que no hay diferencias estadísticamente significativas Prueba de medias de Dunnet ($\alpha=0,05$).

4.1.1. Densidad corregida

En la Tabla 4 se observa que la densidad promedio de la leche de cabra fue 1,030 g/ml; este valor es superior a los encontrados por Peralta (2008) con 1,0293 g/ml y Lauriano (2011) con 1,0283 g/ml para cabras Saanen; sin embargo, los valores hallados se encuentran dentro del rango de 1,027 y 1,039 g/ml establecido por la NTP 105.001 (2016) para leche cruda de cabra. En la Tabla 5 se observa que no hubo diferencias significativas entre las densidades de leches empleadas para cada tipo de queso. En la Figura 2 se puede observar que no hubo una clara relación entre el nivel de producción promedio con la variable en estudio.

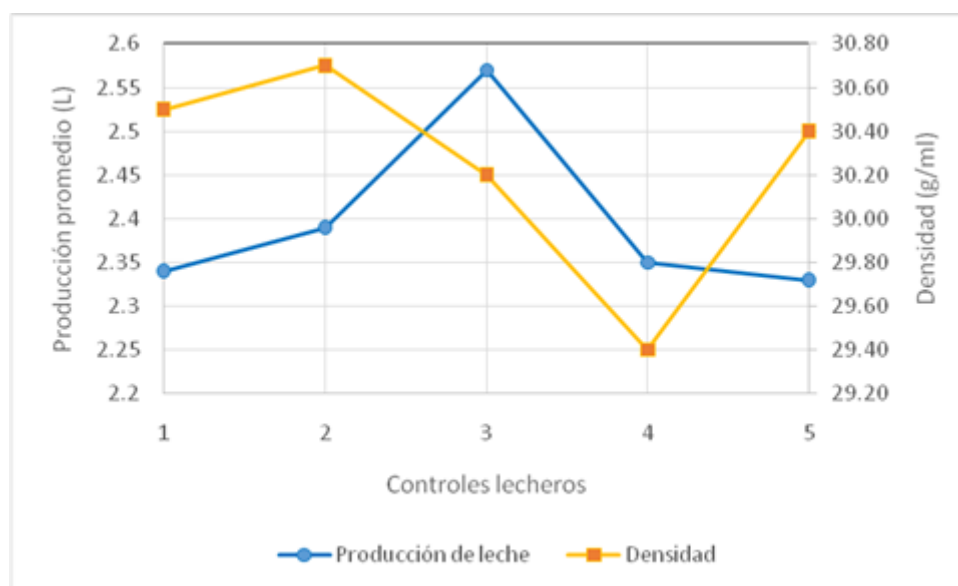


Figura 2: Curva de producción de leche y densidad de la leche durante la etapa de evaluación

4.1.2. Acidez de la leche

El promedio encontrado para la acidez de la leche fue de 16,58 °D, superior al rango mencionado por Lora (1987) y Luquet *et al.* (1991) de 12 – 14 °D y al 14,48 °D reportado por Peralta (2008), pero fue inferior a los valores encontrados por Lauriano (2011) de 24 °D para cabras criollas y 21,8 y 21,6 °D para cabras Saanen y cabras criollas cruzadas con Saanen, respectivamente. Los valores de acidez hallados en el presente estudio se encontraron dentro del rango de 14 a 19 °D establecido por la NTP 105.001 (2016) para leche cruda de cabra.

En la Tabla 5 se puede observar que no hubo diferencia significativa entre la acidez de la leche utilizada para cada tipo de queso. En la misma tabla se puede observar que el valor de acidez de la leche del queso tipo Crema es mayor que la de los otros tipos de queso, esta

diferencia puede deberse a la acidez adquirida en el lote de leche destinada para la elaboración de dicho queso, ya que este tipo de queso se realizaba los días lunes con la leche almacenada del fin de semana anterior que no se realizaba proceso, por lo tanto, estos lotes de leche se encontraban almacenados por más tiempo que los otros. Raynal *et al.* (2005) así como Frau *et al.* (2012) mencionan que si bien es cierto que el almacenamiento en frío limita el crecimiento microbiano y estabiliza la leche, estas condiciones favorecen el desarrollo de microorganismos psicrótrofos que contribuyen a la degradación de grasas y proteínas. Como ya se mencionó, los valores de las variables de este tipo de queso no se incluyen en los resultados finales de caracterización de la leche de cabra.

En la Figura 3 se observa el comportamiento de la acidez a lo largo del periodo de evaluación, encontrándose valores más bajos cuando era mayor la proporción de cabras en el primer tercio de lactación y los valores más altos conforme aumentaron las cabras en el segundo y tercer tercio; esta tendencia concuerda con lo descrito por Peralta (2008) que encontró que los valores más bajos se presentan el primer tercio de lactación a partir de la cuarta semana, para luego incrementarse hacia el final de la lactancia.

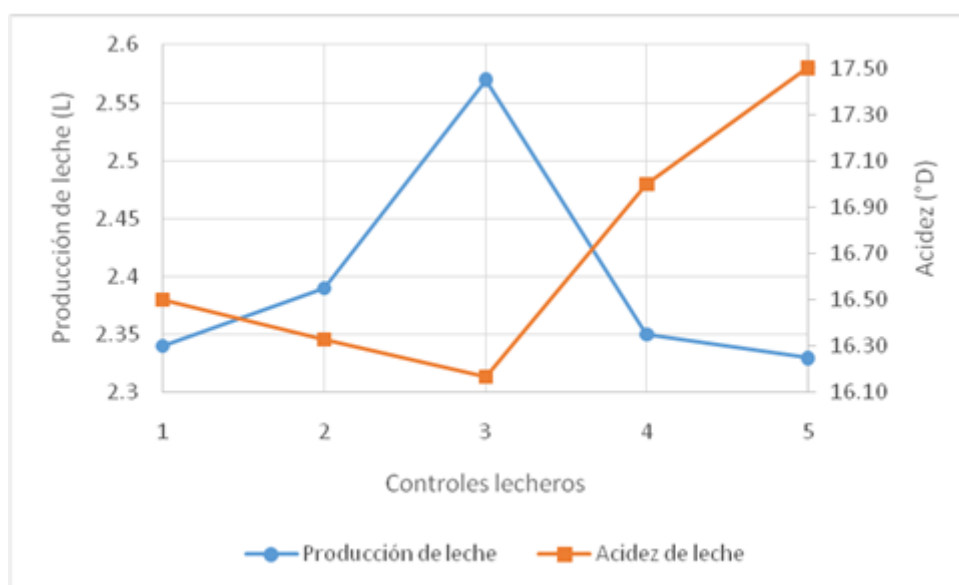


Figura 3: Curva de producción de leche y acidez de la leche durante la etapa de evaluación.

4.1.3. Acidez del suero

En la Tabla 4 se observa que el promedio de la acidez del suero encontrado fue de 10,22 °D. En la Tabla 5 se puede observar que no se encontró diferencia significativa entre la acidez del suero de cada tipo de queso evaluado. En este último tabla se puede observar que el queso tipo Crema presenta un valor superior para la acidez del suero que la de los otros tipos de

queso, esta diferencia se debió a que en los quesos tipo Pachacamac, Feta y Fresco el desuerado se realizaba aproximadamente 60 minutos después de ser añadido el cuajo en la leche, mientras que en el queso tipo Crema el desuerado se realizaba aproximadamente 21 horas después de ser añadido el cuajo, siendo suficiente el tiempo para que el suero se acidifique mucho más.

4.1.4. Proteína

El promedio general del porcentaje de proteína fue de 4,0 por ciento, valor superior a los encontrados por Guo *et al.* (2001), Vega *et al.* (2007) y Frau *et al.* (2010) con valores de 3,47, 3,0 y 3,39 por ciento, respectivamente; y superior al 3,1 por ciento establecido como mínimo por la NTP 105.001 (2016). Los autores citados mencionan que, al igual que el tenor graso, la proteína también es variable por diversos factores tanto fisiológicos, raciales y medio ambientales. En la Tabla 5 se observa que no se encontraron diferencias significativas para los porcentajes de proteínas en leches empleadas para cada tipo de queso.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento del nivel de proteína por cada control lechero realizado a las cabras durante el periodo de evaluación. Los valores de proteína muestran una tendencia inversa a los niveles de producción de leche, disminuyendo a medida que el nivel de producción de las cabras se incrementa y viceversa, coincidiendo los valores más bajos de proteína con el instante en que hubo mayor cantidad de cabras en el primer tercio de lactación; tendiendo al alza cuando se incrementa el número de cabras en el segundo y tercer tercio de lactación y disminuyen las del primer tercio. Este comportamiento concuerda con lo descrito por los autores citados.

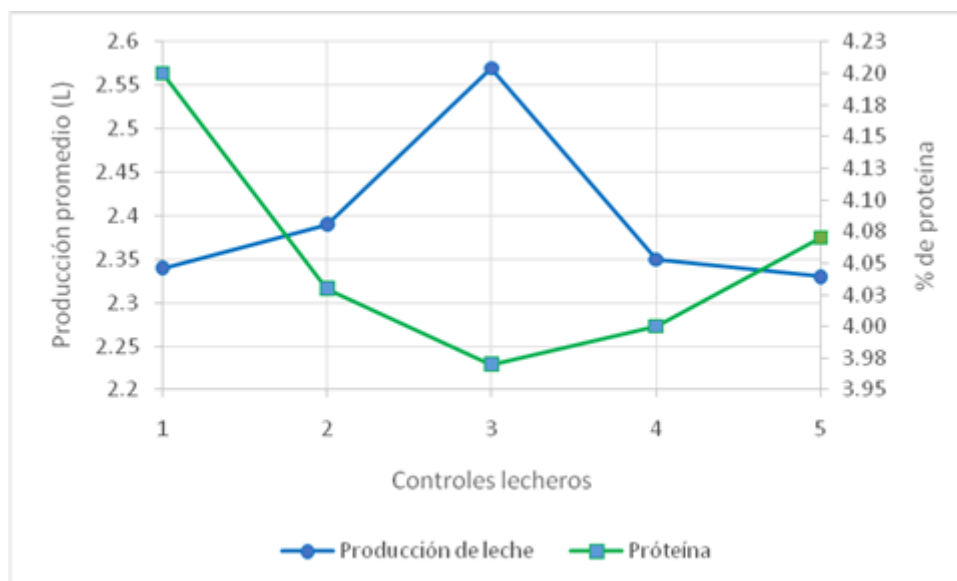


Figura 4: Curva de producción de leche y porcentaje de proteína durante la etapa de evaluación

4.1.5. Grasa

El valor promedio para el porcentaje de grasa encontrado fue de 3,79 por ciento, superior a los encontrados por Guo *et al.* (2001), Vega *et al.* (2007) y Lauriano (2011), con valores de 3,61, 3,5 y 3,4 por ciento, respectivamente; y superior al 3,5 por ciento establecido como mínimo por la NTP 105.001 (2016). Por otro lado, el tenor graso encontrado fue inferior a los reportados por Mahaut *et al.* (2003) de 4,2 por ciento y Peralta (2008) de 4,83 por ciento. Estas variaciones pueden deberse a los niveles de producción de leche, alimentación, raza, etc., puesto que la grasa es de los componentes que más variación muestran a lo largo de la lactación influenciada tanto por factores intrínsecos y extrínsecos. En la Tabla 5 se observa que no se encontraron diferencias significativas para los porcentajes de grasa en leches empleadas para cada tipo de queso.

El comportamiento presentado por el nivel graso durante la etapa de evaluación se muestra en la Figura 5. A diferencia de lo mencionado por los autores citados, en el presente trabajo los niveles de grasa no muestran una tendencia inversa a los niveles de producción de leche ni a la etapa de lactación de las cabras, aun cuando el nivel graso es más variable que el proteico, probablemente sea debido al corto periodo de evaluación.

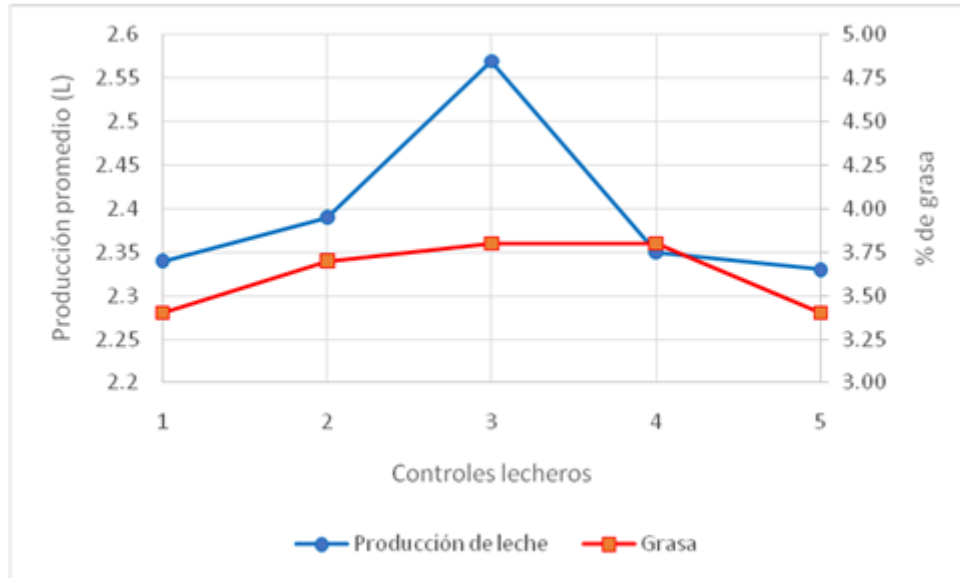


Figura 5: Curva de producción de leche y porcentaje de grasa durante la etapa de evaluación

4.1.6. Sólidos totales

El valor promedio encontrado para el porcentaje de sólidos totales fue de 12,13 por ciento, superior a los reportados por Vega *et al.* (2007) con 11,63 por ciento y Lauriano (2011) con 12,0 por ciento; pero inferior a los mencionados por Guo *et al.* (2001) con 12,38 por ciento, Peralta (2008) con 13,32 por ciento y al 13 por ciento mínimo establecido por la NTP 105.001 (2016). Las variaciones de los niveles de sólidos totales en la leche se producen a lo largo de la etapa de lactación, así como por la dieta del animal, la edad, estación del año, etc., (Guo *et al.* 2001 citando a varios autores). En la Tabla 5 se observa que no se encontraron diferencias significativas para los porcentajes de sólidos totales en leches empleadas para cada tipo de queso.

En la Figura 6 se observa que la curva de los sólidos totales muestra un comportamiento opuesto a lo mencionado por los autores citados, siendo la tendencia directamente proporcional a la curva de lactación del periodo evaluado. Por otro lado, la tendencia mostrada es semejante a la desarrollada por el nivel de grasa; al respecto, Guo *et al.* (2001) menciona que los sólidos totales están significativamente correlacionados con la grasa de la leche ($r = 0,96$).

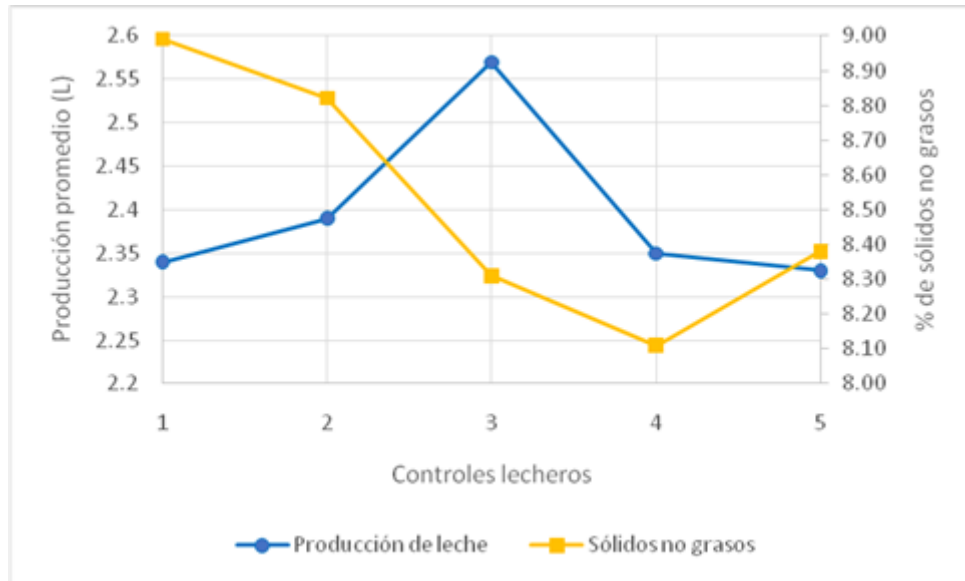


Figura 6: Curva de producción de leche y porcentaje de sólidos totales durante la etapa de evaluación

4.1.7. Sólidos no grasos

El valor promedio obtenido para el porcentaje de sólidos no grasos fue de 8,34 por ciento. Esta variable depende tanto del contenido de grasa como de los sólidos totales de la leche. En la Tabla 5 se observa que no se encontraron diferencias significativas para los porcentajes de sólidos no grasos en leches empleadas para cada tipo de queso. En la Figura 7 se puede observar que los sólidos no grasos obtenidos en el presente trabajo siguen una tendencia similar a la curva del nivel de proteína (Figura 4).

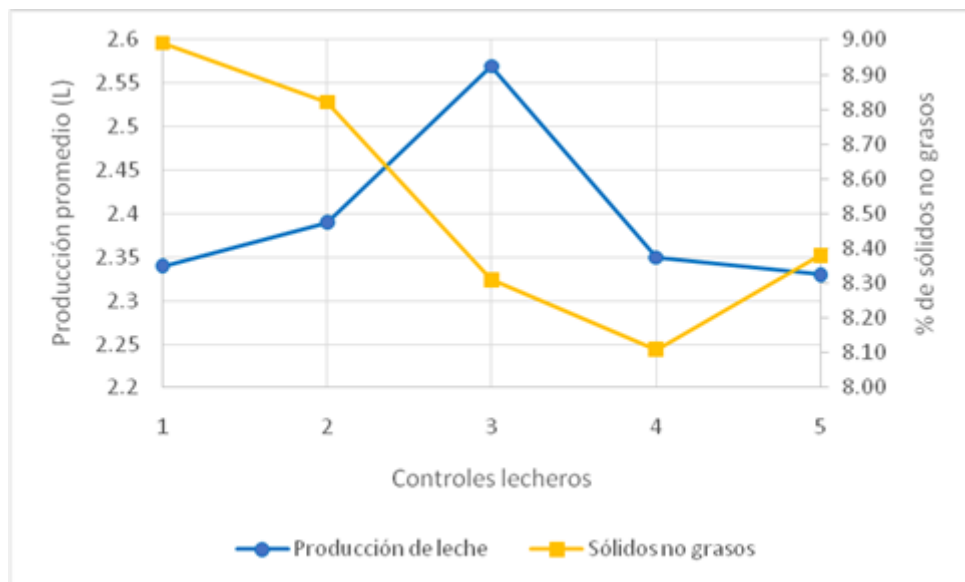


Figura 7: Curva de producción de leche y porcentaje de sólidos no grasos durante la etapa de evaluación

4.2. Caracterización de la higiene en la leche de cabras Saanen - Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM)

El contenido microbiano de la leche cruda está en función de la higiene mantenida en el proceso de obtención de la leche, las condiciones de almacenamiento y transporte, además del estado sanitario del animal (Spreer 1991). Si bien es cierto que el TRAM no permite dar una valoración sobre el estado microbiológico de la leche, resulta ser un método rápido, sencillo y económico para evaluar la calidad higiénica de la leche cruda, Morales-Pablo *et al.* (2012) concluyen que la calidad higiénica de la leche de cabras está en función al número de animales por productor y el sistema de manejo del ganado (estabulado y en pastoreo), siendo mejor la calidad higiénica de la leche cruda en productores con menor número de cabras y sistema de explotación en pastoreo.

En la Tabla 6 se muestra el promedio encontrado para el TRAM que fue de 258,93 minutos; según lo mencionado por Lora (1987), entraría en la clasificación de leche buena; de igual manera, el valor se encuentra dentro de lo aceptado por la NTP 105.001 (2016). En la misma tabla se observa que se obtuvo un alto coeficiente de variación (38,69 por ciento) debido a que en algunos días se encontraron TRAM de alrededor de 90 minutos. No se encontraron diferencias significativas en el TRAM para cada tipo de queso (Tabla 7).

Tabla 6: Higiene en la leche de cabra Saanen en crianza estabulada

Característica	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)	Rango
TRAM (minutos)	258,93	100,18	38,69	80 – 382

*TRAM: Tiempo de reducción de azul de metileno

Tabla 7: Higiene en la leche de cabra utilizada para la elaboración de cada tipo de queso (promedio \pm desviación estándar)

PARÁMETROS	TIPO DE QUESO			
	Pachacamac	Fresco	Feta	Crema
TRAM (minutos)	290,00 \pm 106,4 ^a	236,13 \pm 83,2 ^a	237,78 \pm 105,1 ^a	245,67 \pm 94,9 ^a

^a Letras iguales en la misma fila expresan que no hay diferencias estadísticamente significativas Prueba de medias de Dunnet ($\alpha=0,05$).

En la Figura 8 se muestra el comportamiento de la variable TRAM a lo largo del periodo evaluado. No se observa una clara relación con los niveles de producción de leche ya que estos resultados son principalmente consecuencia de factores externos como la higiene de la ubre, higiene durante el ordeño y en el almacenamiento de la leche.

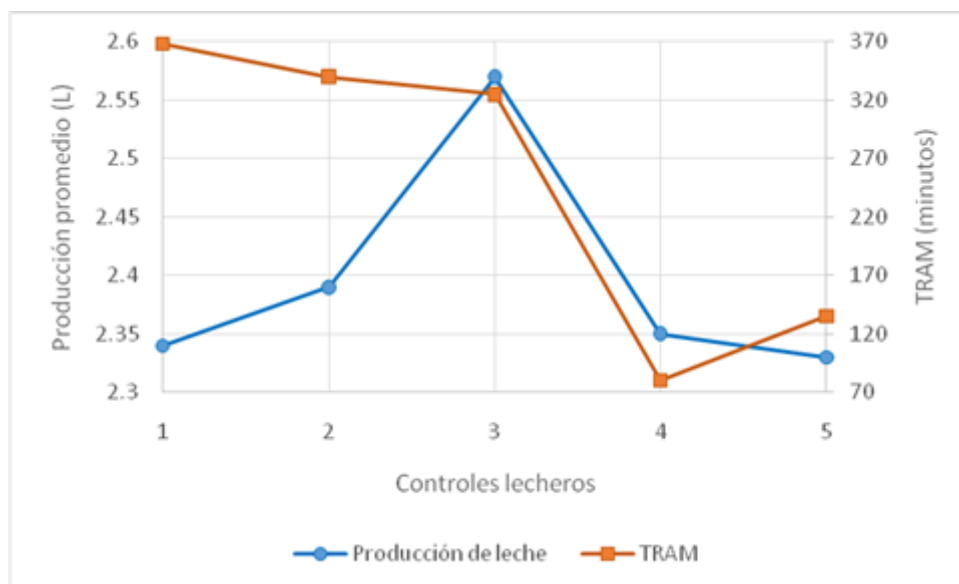


Figura 8: Curva de producción de leche y tiempo de reducción de azul de metileno durante la etapa de evaluación

4.3. Caracterización de la sanidad en la leche de cabras Saanen

Suarez *et al.* (2014) mencionan que tanto el RCS y CMT presentan buena sensibilidad y especificidad para mastitis subclínica en vacas, pero en cabras, debido a diferencias fisiológicas, estos patrones no muestran ser precisos para un buen diagnóstico de mastitis, siendo el método más preciso la microscopía directa. A pesar de que en trabajos anteriores se han encontrado buenas correlaciones entre RCS y CMT para leche de cabra, existen factores no infecciosos que influyen en los RCS y grados de CMT que finalmente vuelven imprecisas las valoraciones del aspecto sanitario de la leche.

Es así que en el presente trabajo no se tomaron en cuenta los aspectos sanitarios para la determinación de las ecuaciones de predicción de rendimientos queseros, sin embargo, en la Tabla 8 se muestran los promedios, desviación estándar, coeficiente de variación y rango de los indicadores de la sanidad de la leche de cabra obtenidos durante el tiempo de evaluación. En la Tabla 9 se muestran las características de sanidad de la leche de cabra para la elaboración de cada tipo de queso.

Tabla 8: Salud de la leche de cabra Saanen en crianza estabulada

Característica	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)	Rango
CMT (°)	1,97	0,19	9,45	1 – 2
RCS (células/ml)	1'160 862	375 497	32,35	120 000 – 1'830 000

Dónde: Test de mastitis California (CMT), Recuento de células somáticas (RCS).

Tabla 9: Salud de la leche de cabra utilizada para la elaboración de cada tipo de queso (promedio \pm desviación estándar)

PARÁMETROS	TIPO DE QUESO			
	Pachacamac	Fresco	Feta	Crema
CMT (°)	2,00 \pm 0,00 ^a	1,88 \pm 0,35 ^a	2,00 \pm 0,00 ^a	1,83 \pm 0,41 ^a
RCS (células/ml)	1'158 75 \pm 291,54 ^a	1'131 25 \pm 495,32 ^a	1 190 \pm 400,13 ^a	1 229 17 \pm 403,88 ^a

^a Letras iguales en la misma fila expresan que no hay diferencias estadísticamente significativas Prueba de medias de Dunnet ($\alpha=0.05$).

4.3.1. Test de mastitis California (CMT)

Los resultados de las pruebas de CMT fueron prácticamente constantes durante todo el periodo de evaluación (Tabla 8), posiblemente debido a que las leches muestreadas eran mezclas provenientes de diferentes etapas de lactación pudiendo haber un efecto de dilución para los casos en que alguna cabra presentara altos contenidos de células somáticas en la leche. Perrin *et al.* (1997) mencionan que, si bien es cierto que las evaluaciones de reacción a este ensayo son subjetivas, los resultados a esta prueba son más confiables cuando se trata de valores extremos (negativos (0) y positivos (4)) ya que se pueden encontrar falsos positivos y/o negativos. No se encontraron diferencias significativas entre los valores de CMT para cada tipo de queso (Tabla 9).

4.3.2. Recuento de células somáticas (RCS)

El valor promedio hallado para el recuento de células somáticas (Tabla 8) fue de 1 160 862 células/ml, superior al límite legal de 1 000 000 células/ml establecido para los Estados Unidos pero inferior a las 1 500 000 células/ml propuesto como límite para la Unión Europea mencionado por los autores citados.

Cordiviola *et al.* (2007) mencionan que la variabilidad de los parámetros de RCS podría estar influenciado por los volúmenes diarios de producción de leche que podrían tener efectos de dilución y/o concentración, esto genera la incertidumbre de si los mayores RCS son causa o consecuencia de las bajas producciones y viceversa.

Por otro lado, es probable que los altos RCS y el alto coeficiente de variación (32,35 por ciento) obtenidos en el presente trabajo sea debido al analizador electrónico PORTA SCC empleado, que era específico para leche de vacas; los fabricantes no aconsejan su uso en leches de cabra debido a las diferencias existentes entre ambas leches y además recomiendan que para leches de tanques estas no deberían tener más de ocho horas de haber sido ordeñadas; sin embargo, las muestras analizadas provenían del tanque de enfriamiento donde en algunos casos permanecían almacenadas por más de 24 horas, de tal modo que cabe la posibilidad que los valores hayan sido sobrestimados o subestimados. No se encontraron diferencias significativas entre los recuentos para cada tipo de queso (Tabla 9).

En la Figura 9 se puede observar que no se presenta una clara relación entre los RCS y la producción de leche. Haenlein (2002) y Robertson y Muller (2005) mencionan que son varios los factores que incrementan los RCS en la leche de cabra, pero que no necesariamente es un indicador de la presencia de una infección en la ubre.

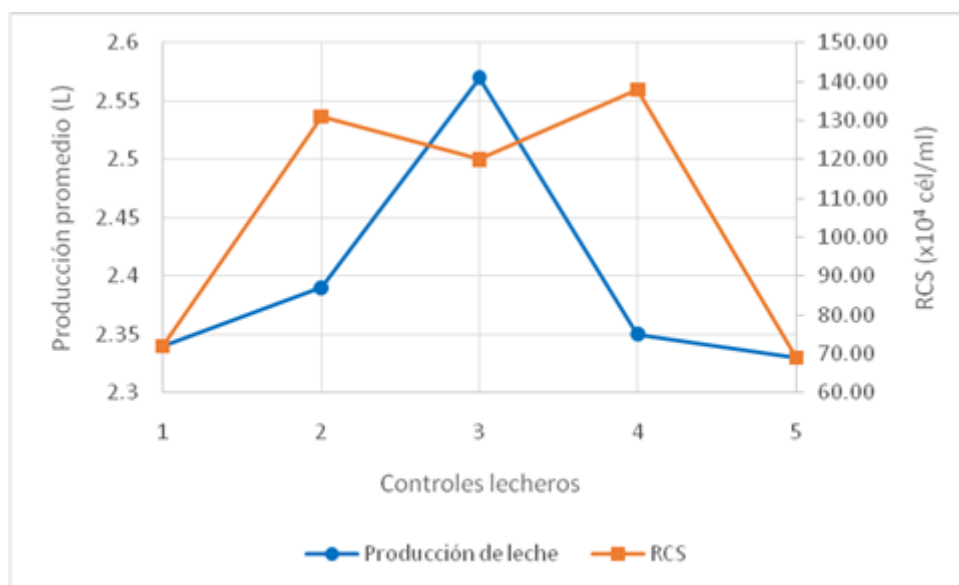


Figura 9: Curva de producción de leche y recuento de células somáticas durante la etapa de evaluación

4.4. Rendimientos queseros

En la Tabla 10 se muestran los rendimientos queseros obtenidos para cada tipo de queso. En la Tabla 11 se muestran los valores de las correlaciones obtenidas entre los parámetros físico químico e higiénico de la leche y los rendimientos queseros en fresco y en materia seca.

Las correlaciones más relevantes para el queso tipo Pachacamac fueron: Sólidos totales (ST) y sólidos no grasos (SNG), con $r = 0,77$ y $r = 0,80$ respectivamente para quesos en fresco; ST ($r = 0,66$) para quesos en materia seca. Para el queso Fresco: Proteína (PT) y SNG con $r = 0,89$ y $r = 0,73$ respectivamente para quesos en fresco; tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM), ST y SNG con $r = 0,78$, $r = 0,78$ y $r = 0,84$ respectivamente para quesos en materia seca. Para el queso Feta: TRAM, ST y SNG con $r = 0,75$, $r = 0,86$ y $r = 0,86$ respectivamente para quesos en fresco; ST y SNG con $r = 0,77$ y $r = 0,87$ respectivamente para quesos en materia seca. Para el queso Crema: Acidez del suero (AS) y SNG con $r = -0,64$ y $r = 0,89$ respectivamente para quesos en fresco.

Tabla 10: Promedio de rendimientos queseros según el tipo de queso

Tipo de queso	Rendimiento promedio \pm desviación estándar (%)	
	En fresco	En materia seca
Pachacamac	13,13 \pm 0,75	6,71 \pm 0,63
Fresco	18,03 \pm 1,34	6,85 \pm 0,66
Feta	13,60 \pm 0,61	6,50 \pm 0,59
Crema	24,08 \pm 1,24	7,32 \pm 0,64

4.4.1. Evaluación del rendimiento del queso tipo Pachacamac

En la Tabla 10 podemos observar que el queso tipo Pachacamac presentó rendimientos promedios de 13,13 por ciento, en fresco. Estos resultados son superiores al reportado por Seifu *et al.* (2004) para rendimiento de queso tipo Gouda (semejante al tipo Pachacamac) de 10,1 por ciento; es posible que esta diferencia se deba a que la leche empleada por los autores

citados presentaba menores valores en los porcentajes de proteína, sólidos totales y sólidos no grasos que los encontrados en el presente trabajo.

En la Tabla 11 podemos observar que para el rendimiento quesero en fresco se encontraron correlaciones positivas bajas con la acidez del suero, RCS, densidad, proteína y grasa ($0 < r < 0,5$); positivas y moderadas con el TRAM y sólidos totales ($0,5 < r < 0,8$); positiva y altas con los sólidos no grasos ($r = 0,8$). Para el rendimiento quesero en materia seca se encontraron correlaciones positivas bajas con la acidez del suero, TRAM, densidad, proteína y grasa ($0 < r \leq 0,5$); positivas moderadas con el RCS y sólidos totales ($0,5 < r < 0,8$). Se encontraron correlaciones negativas bajas con la acidez de la leche en ambos rendimientos ($-0,5 < r < 0$). No se determinó la correlación con el CMT.

4.4.2. Evaluación del rendimiento del queso Fresco

El rendimiento quesero determinado para el queso Fresco fue de 18,03 por ciento, superior al obtenido por Lauriano (2011), quien encontró un rendimiento de 17,56 por ciento para quesos frescos de cabras Saanen, con menores valores de proteína, grasa y sólidos no grasos en la leche como materia prima; por otro lado, el valor de la materia seca del queso conseguido por Lauriano (2011) fue de 45,4 por ciento, frente al 38,05 por ciento obtenido en el presente trabajo (ver Anexo 2), encontrando así un mayor rendimiento quesero en materia seca (7,92 frente a 6,85 por ciento). Espinoza (1981) También encontró un alto valor de materia seca (43,4 por ciento).

En la Tabla 11 podemos observar que se encontraron correlaciones negativas bajas ($r < -0,5$) entre el rendimiento quesero en fresco y las variables de acidez de la leche, acidez del suero y RCS; positiva baja para la grasa y sólidos totales ($0 < r < 0,5$) y positivas moderadas para el TRAM, CMT, densidad y sólidos no grasos ($0,5 < r < 0,8$); solo para la proteína se encontró una correlación positiva alta ($r = 0,89$). Para el rendimiento quesero en materia seca se encontraron correlaciones positivas bajas para la acidez de leche y suero, CMT, RCS, proteína y grasa ($0 < r < 0,5$); correlaciones positivas moderadas para el TRAM, densidad y sólidos totales ($0,5 < r < 0,8$); para los sólidos no grasos se encontró una correlación positiva alta ($r = 0,84$).

4.4.3. Evaluación del rendimiento del queso tipo Feta

El rendimiento quesero que se obtuvo para el queso Feta fue 13,6 por ciento, con un contenido de materia seca de 47,74 por ciento, superior al 41,37 por ciento reportado por Pitso (1999), quien empleó leche de cabra con menores contenidos de proteínas, grasa, sólidos no grasos y sólidos totales, y como se muestra en la Tabla 11, estas variables presentan correlaciones positivas de bajas a altas con el rendimiento quesero en fresco.

En la misma tabla podemos observar que para el rendimiento en fresco se encontraron correlaciones positivas bajas con la grasa y acidez de leche y suero ($0 < r < 0,5$); positivas moderadas con el TRAM, densidad y proteína ($0,5 < r < 0,8$); positiva y alta con sólidos totales y sólidos no grasos ($0,8 < r < 1$). Para el rendimiento quesero en materia seca se encontraron correlaciones positivas bajas con la acidez de leche y suero, densidad y grasa ($0 < r < 0,5$); positivas moderadas con el TRAM, proteína y sólidos no grasos ($0,5 < r < 0,8$); positiva alta con los sólidos no grasos ($r = 0,87$). Se encontraron correlaciones negativas bajas entre ambos rendimientos queseros y los RCS. No se determinó la correlación con el CMT.

4.4.4. Evaluación del rendimiento del queso tipo Crema

El porcentaje de materia seca encontrado para quesos Crema fue de 30,41 por ciento (ver Anexo 2), con un rendimiento de 24,08 por ciento; valores muy por debajo de los reportados por Frau *et al.* (2014), que obtuvieron valores de 43,99 y 32,4 por ciento respectivamente. Dichos autores mencionan que la pasteurización a temperaturas mayores a los 65°C (el queso tipo Crema se pasteurizaba a 75°C) presentan tiempos de coagulación más largo y forman una cuajada más débil y más fina que retiene una mayor cantidad de humedad, debido a que por acción del calor las proteínas desnaturalizadas del lactosuero se adhieren a las micelas de la k-caseína y forman un complejo que modifica la superficie y las características de la micela de caseína, reteniendo más humedad por la propiedad hidrofílica propia de las proteínas del suero.

En la Tabla 11 podemos observar que para el rendimiento quesero en fresco se obtuvo una correlación negativa moderada con la acidez del suero ($r = -0,64$); negativas bajas con RCS y grasa ($-0,5 < r < 0$); positivas débiles con CMT y proteína ($0 < r < 0,5$); positivas moderadas con la acidez de la leche, TRAM, densidad y sólidos totales ($0,5 < r < 0,8$); positiva alta con los sólidos no grasos ($r = 0,89$). Para el rendimiento quesero en materia seca se encontraron

correlaciones negativas bajas con la acidez del suero y la grasa ($-0,5 < r < 0$), positivas bajas con la acidez de la leche, CMT, RCS, TRAM, proteína, sólidos totales y sólidos no grasos ($0 < r < 0,5$) y correlación positiva moderada con la densidad ($r = 0,53$).

Para la evaluación de este tipo de queso se contó con pocas muestras, ya que, durante la etapa de realización del presente trabajo, fue el tipo de queso elaborado con menor frecuencia según el cronograma de producción de quesos de la granja; es así que los datos no se ajustan al modelo de regresión lineal.

Tabla 11: Matriz de coeficientes de correlación de los parámetros físico químico e higiénico de la leche utilizada para el procesamiento de los diversos tipos de queso y el rendimiento quesero

PRODUCTO		AL (°D)	AS (°D)	CMT (°)	RCS (cél/ml)	TRAM (minutos)	D (g/ml)	PT (%)	G (%)	ST (%)	SNG (%)	
RENDIMIENTO	Queso Pachacamac	R.Q.F.	-0,18	0,28	ND	0,26	0,56	0,37	0,48	0,14	0,77	0,80
		R.Q.M.S.	-0,01	0,16	ND	0,53	0,50	0,17	0,40	0,46	0,66	0,45
	Queso Fresco	R.Q.F.	-0,44	-0,27	0,51	-0,23	0,62	0,65	0,89	0,02	0,47	0,73
		R.Q.M.S.	0,29	0,32	0,19	0,07	0,78	0,67	0,20	0,35	0,78	0,84
	Queso Feta	R.Q.F.	0,17	0,08	ND	-0,37	0,75	0,55	0,55	0,31	0,86	0,86
		R.Q.M.S.	0,37	0,26	ND	-0,03	0,56	0,25	0,64	0,03	0,77	0,87
	Queso Crema	R.Q.F.	0,57	-0,64	0,20	-0,24	0,67	0,65	0,35	-0,004	0,54	0,89
		R.Q.M.S.	0,34	-0,12	0,44	0,44	0,28	0,53	0,36	-0,08	0,18	0,39

Dónde: Acidez leche(AL), Acidez suero(AS), California Mastitis Test (CMT), Recuento de células somáticas (RCS), Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM), Densidad (D), Proteína (PT), Grasa (G), Sólidos totales (ST), Sólidos no grasos (SNG), No determinadas (ND), Rendimiento quesero en fresco (R.Q.F.), Rendimiento quesero en materia seca (R.Q.M.S).

4.5. Ecuaciones de predicción para rendimientos queseros

Las ecuaciones de predicción de los rendimientos queseros para cada tipo de queso halladas por regresión lineal múltiple se pueden observar en la Tabla 12, así como los coeficientes de determinación (R^2) hallados para cada una de ellas. Se realizó una selección de variables, solo considerando aquellas que presenten altas correlaciones con los rendimientos para cada tipo de queso y solo para los quesos tipo Pachacamac, Fresco y Feta, puesto que no fue viable determinar ecuaciones de predicción para los rendimientos del queso tipo Crema, debido al reducido número de evaluaciones antes mencionadas no fue posible obtener una ecuación con un nivel de significancia menor al 5 por ciento ($P < 0.05$).

Para el queso tipo Pachacamac en fresco, podemos observar que los niveles de sólidos totales y sólidos no grasos resultan ser responsable del 68 por ciento de las variaciones que se producen en el rendimiento quesero. Por otro lado, para el rendimiento quesero en materia seca vemos que, bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo, solo el porcentaje de sólidos totales influyen en las variaciones del rendimiento quesero.

En el caso del queso Fresco podemos observar que los principales predictores del rendimiento quesero en fresco son la proteína, sólidos no grasos y la densidad de la leche, esta última variable ejerce una influencia negativa por cada punto de variación; para el rendimiento en materia seca, el tiempo de reducción de azul de metileno, los sólidos totales y sólidos no grasos resultan ser los mejores predictores.

Para el rendimiento quesero en fresco del queso tipo Fea se encontraron que las variables que más influyen positivamente en el rendimiento fueron el tiempo de reducción de azul de metileno, los sólidos totales y los sólidos no grasos; en el caso del rendimiento en materia seca el nivel de sólidos no grasos influye positivamente mientras que el de sólidos totales lo hace de manera negativa.

Tabla 12: Ecuaciones de predicción de rendimientos queseros para cada tipo de queso

PRODUCTO		ECUACIÓN DE PREDICCIÓN	R ²
Queso Pachacamac	R.Q.F.	$RQ = - 5,73 + 0,752 ST + 1,15 SNG$	0,68
	R.Q.M.S.	$RQ = - 6,83 + 1,11 ST$	0,44
Queso Fresco	R.Q.F	$RQ = 214 - 238 D + 7,52 PT + 2,31 SNG$	0,90
	R.Q.M.S.	$RQ = - 1,77 + 0,00624 TRAM + 1,14 ST - 0,81 SNG$	0,90
Queso Feta	R.Q.F	$RQ = - 1,36 + 0,00226 TRAM + 0,842 ST + 0,51 SNG$	0,87
	R.Q.M.S.	$RQ = - 6,88 - 0,70 ST + 2,64 SNG$	0,78
Queso Crema	R.Q.F	*	*
	R.Q.M.S.	*	*

Dónde: Acidez leche(AL), California Mastitis Test (CMT), Recuento de células somáticas (RCS), Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM), Densidad (D), Proteína (PT), Grasa (G), Sólidos totales (ST), Sólidos no grasos (SNG), Rendimiento quesero en fresco (R.Q.F.), Rendimiento quesero en materia seca (R.Q.M.S.). * No determinado por contar con pocos datos.

V. CONCLUSIONES

- Los valores promedio de las variables de composición e higiene en la leche de cabra de raza Saanen procedente de una explotación intensiva con ordeño mecánico se encuentra dentro de los rangos mencionados en la literatura, no observándose diferencias significativas.
- Las variables de la leche con correlaciones más altas sobre el rendimiento quesero en fresco fueron: el porcentaje de sólidos no grasos para los quesos tipo Pachacamac y Feta ($r= 0,80$ y $0,86$, respectivamente) y la proteína para el queso Fresco ($r= 0,89$).
- Las variables de la leche con correlaciones más altas sobre el rendimiento quesero en materia seca fueron: el porcentaje de sólidos totales para el queso tipo Pachacamac ($r= 0,66$), el porcentaje de sólidos no grasos para los quesos tipo Feta y Fresco ($r= 0,87$ y $0,84$, respectivamente).
- Las ecuaciones de predicción de rendimientos queseros tuvieron a los porcentajes de sólidos totales y sólidos no grasos de la leche como principales variables; con coeficientes de determinación (R^2) mayores para los quesos Fresco, seguido por los del tipo Feta y siendo menores los del tipo Pachacamac.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar la influencia de la alimentación en la composición físico-química y microbiológica de la leche de cabra, así como en el rendimiento quesero.
- Evaluar los rendimientos queseros en los diferentes periodos de lactación o a lo largo de la campaña.
- Replicar la presente investigación en otros escenarios, con diferentes razas caprinas y en diferentes derivados lácteos.
- Realizar estudios incluyendo el mérito económico de los derivados lácteos.
- Realizar estudios sobre la sanidad en leche de cabras y su efecto sobre la composición y rendimiento quesero.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alais, CH. (1985). Ciencia de la Leche: Principio de Técnica Lechera. 4 ed. Barcelona, España, editorial Reverté. 873 p.
- Albenzio, M.; Campanozzi, A.; D'apolito, M.; Santillo, A.; Pettoello Mantovani & M.; Sevi, A. (2012). Differences in protein fraction from goat and cow milk and their role on cytokine production in children with cow's milk protein allergy. *Small Ruminant Research*. 105:202-205.
- Attaie, R. & Richter, R.L. (2000). Size distribution of fat globules in goat milk. *Journal of Dairy Science*. 83(5):940-944.
- Arroyo, O. (1998). Producción de caprinos. Lima, Perú, ediciones Procabra. 33 p.
- Barbano, D.M.; Rasmussen, R.R. & Lynch, J.M. (1991). Influence of milk somatic cell count and milk age on cheese yield. *Journal of Dairy Science*. 74(2):369-288.
- Barrón, J.; Velásquez, M.; Echevarría, M. & Basurco, V. (2009). Efecto de la edad y época de corte sobre el rendimiento y valor nutritivo del pasto elefante morado (*Pennisetum purpureum*, Shum.) en la costa central. *Anales científicos UNALM*. 70(1):51-57.
- Boza, J. & Sanz-Sampelayo, M.R. (1997). Aspectos nutricionales de la leche de cabra (en línea). *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*. 10:109-139. Recuperado de : <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/3841/10-1997-07.pdf?sequence=1>.
- CENAGRO. (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú (en línea). Consultado 16 ago. 2014. Recuperado de: <http://proyectos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/?id=CensosNacionales>.
- Chen, S.X.; Wang, J.Z.; Van-Kessel, J.S.; Ren, F. & Zeng, S.S. (2010). Effect of somatic cell count in goat milk on yield, sensory quality, and fatty acid profile of semisoft cheese. *Journal of Dairy Science*. 93(4):1345-1354.

- Cordiviola, C.; Arias, R.; Vaamonde, G.; Lacchini, R. & Antonini, A. (2007). Calidad higiénica sanitaria de la leche de cabra en la Cuenca de Cañuelas, provincia de Buenos Aires (en línea). *In* Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos (5, Mendoza, Argentina). Consultado 20 ene. 2016. Recuperado de: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/leche_caprina/74cordiviola.
- Devendra, C. & Liang, J.B. (2012). Conference summary of dairy goats in Asia: Current status, multifunctional contribution to food security and potential improvements. *Small Ruminant Research*. 108:1-11.
- Emmons, D.B. & Modler, H.W. (2010). Invited review: A commentary on predictive cheese yield formulas. *Journal of Dairy Science*. 93(12):517-537.
- Espinoza, L. (1981). Evaluación de la calidad de queso fresco de cabra elaborado en tres modalidades. Tesis Ing. Ind. Alim. Lima, Perú, UNALM. 133 p.
- FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, España). (2010). Ingredientes para piensos. Consultado 10 may. 2017. Recuperado de : <http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>.
- Frau, S.; Font, G. & Pece, N. (2014). Effect of Pasteurization Temperature, Starter Culture, and Incubation Temperature on the Physicochemical Properties, Yield, Rheology, and Sensory Characteristics of Spreadable Goat Cheese. (en línea). *Journal of Food Processing*. Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/jfp/2014/705746/>.
- Frau, S.; Font, G.; Paz, R. & Pece, N. (2012). Composición físico-química y calidad microbiológica de leche de cabra en rebaño bajo sistema extensivo en Santiago del Estero (Argentina) (en línea). *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. 111(1):1-7. Recuperado de: <http://www.agro.unlp.edu.ar/revista/index.php/revagro/article/view/65/40>.
- Frau, S.; Togo, J.; Pece, N.; Paz, R. & Font, G. (2010). Estudio comparativo de la producción y composición de leche de cabra de dos razas diferentes en la provincia de Santiago del Estero (en línea). *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*. 109(1):9-15.

Recuperado de: <http://www.agro.unlp.edu.ar/revista/index.php/revagro/article/view/87/58>.

Guetouache, M.; Guessas, B. & Medjekal, S. (2014). Composition and nutritional value of raw milk (en línea). *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*. 2(10):115-122. Recuperado de: <http://journalissues.org/wp-content/uploads/2014/12/Guetouache-et-al.pdf>.

Guo, M.R.; Dixon, P.H.; Park, Y.W.; Gilmore, J.A. & Kindstedt, P.S. (2001). Seasonal Changes in the Chemical Composition of Commingled Goat Milk. *Journal of Dairy Science*. 84:E79-E83.

Haenlein, G.F.W. (2002). Relationship of somatic cell counts in goat milk to mastitis and productivity. *Small Ruminant Research*. 45:163–178.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad). (2010). Norma Técnica Peruana: Queso. Identificación, clasificación y requisitos. NTP 202.193:2010. 2 ed. Lima, Perú.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad). (2010). Norma Técnica Peruana: Quesos madurados. NTP 202.194:2010. 2 ed. Lima, Perú.

INACAL (Instituto Nacional de Calidad). (2016). Norma Técnica Peruana: Leche cruda de cabra. NTP 105.001:2016. 1 ed. Lima, Perú.

Janštová, B.; Dračková, M.; Navrátilová, P.; Hadra, L. & Vorlová, L. (2007). Freezing point of raw and heat-treated goat milk (en línea). *Czech Journal of Animal Science*. 52(11):394–398. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.539.4608&rep=rep1&type=pdf>.

Kirk, R; Egan, H. 1996. *Composición y análisis de los alimentos de Pearson*. 2 ed. México. Compañía Editorial Continental. 777 p.

Kondyli, E.; Svarnas, C.; Samelis, J. & Katsiari, M.C. (2012). Chemical composition and microbiological quality of ewe and goat milk of native Greek breeds. *Small Ruminant Research*. 103:194–199.

Koop, G.; Van Werven, T.; Schuiling, H.J. & Nielen, M. (2010). The effect of subclinical mastitis on milk yield in dairy goats. *Journal of Dairy Science*. 93:5809-5817.

Lauriano, V. (2011). *Composición de la leche de cabra y su efecto sobre el rendimiento en la producción de queso fresco*. Tesis Ing. Zoot. Lima, Perú, UNALM. 88 p.

- Leitner, G.; Merin, U.; Glickman, A.; Weisblit, L.; Krifucks, O.; Shwimmer, A. & Saran, A. (2004). Factors influencing milk quantity and quality in Assaf sheep and goat crossbreeds (en línea). *South African Journal of Animal Science*. 34(Supplement 1):162-164. Recuperado de: http://www.sasas.co.za/sites/sasas.co.za/files/leitnergoat04_0.pdf.
- Lora, M. (1987). Guía de prácticas del curso de tecnología de leche. Lima, Perú. Facultad de Industrias alimentarias, UNALM. 135 p.
- Luquet, F.M.; Keilling, J. & De Wilde, R. (1991). Leche y Productos Lácteos: Vaca, Oveja, Cabra. Zaragoza, España, edit. Acribia. 416 p.
- Mahaut, M.; Jeantet, R. & Brulé, G. (2003). Introducción a la tecnología quesera. Zaragoza, España, editorial Acribia. 189 p.
- Marin, M.P.; Fuenzalida, M.I.; Burrows, J.E. & Gecele, P. (2010). Recuento de células somáticas y composición de leche de cabra, según nivel de producción y etapa de lactancia, en un plantel intensivo de la zona central de Chile (en línea). *Archivos de Medicina Veterinaria*. 42(2):79-85. Consultado 08 may. 2014. Recuperado de : http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt&pid=S0301-732X2010000200009.
- Merin, U.; Silanikove, N.; Shapiro, F.; Bernstein, F. & Leitner, G. (2004). Changes in milk composition as affected by subclinical mastitis in sheep and goats (en línea). *South African Journal of Animal Science*. 34(Supplement 1):188-191. Doi: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.561.2959&rep=rep1&type=pdf>.
- Morales-Pablo, R.; Avalos de la Cruz, D.A.; Leyva-Ruelas, G. & Ybarra-Moncada, M.C. (2012). Calidad bacteriológica de leche cruda de cabra producida en Miravalles, Puebla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 11(1):45-54.
- Park, Y.W. (2007). Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. 68:73–87.
- Park, Y.W. & Haenlein, F.W. (2006). Manual de la leche de los mamíferos no bovinos. Zaragoza, España, editorial Acribia. 443 p.

- Peralta, S. (2008). Caracterización físico-química y microbiológica de la leche de cabra y su conservación mediante la activación del sistema lactoperoxidasa. Tesis Ing. Ind. Alim. Lima, Perú, UNALM. 182 p.
- Perrin, G.G.; Mallereau, M.P.; Lenfant, D. & Baudry, C. (1997). Relationships between California mastitis test (CMT) and somatic cell counts in dairy goats. *Small Ruminant Research*. 26:167-170.
- Persson, Y.; Larsen, T. & Nyman, A. (2014) Variation in udder health indicators at different stages of lactation in goats with no udder infection. *Small Ruminant Research*. 116(1):51–56.
- Pitso, S. (1999). Quality aspects of feta cheese manufactured from mixtures of cow's milk and goat's milk (en línea). Department of food science. Faculty of natural, agricultural and information sciences. University of Pretoria. Recuperado de: <http://repository.up.ac.za/xmlui/bitstream/handle/2263/30334/Complete.pdf?sequence=9&isAllowed=y>.
- PORTACHECK. (2013). Página principal (en línea). Consultado 20 ago. 2014. Recuperado de : <http://www.portacheck.com>.
- Raynal, K.; Gaborit, P. & Lauret, A. (2005). The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products. *Small Ruminant Research*. 60(1):167-177.
- Robertson, N.H. & Muller, C.J.C. (2005). Somatic cell count in goat's milk as an indication of mastitis (en línea). *South African Journal of Animal Science*. 6:1-6. Recuperado de: http://www.sasas.co.za/sites/sasas.co.za/files/Robertson APop05_0.pdf.
- Rota, A.M.; Gonzalo, C.; Rodriguez, P.L.; Rojas, A.I.; Martin, L. & Tovar, J.J. (1993). Effects of stage of lactation and parity on somatic cell counts in milk of Verata goats and algebraic models of their lactation curves. *Small Ruminant Research*. 12:211–219.
- Sanz-Sampelayo, M.R.; Fernandez, J.R.; De La Torre, G.; Ramos, E.; Carmona, F.D. & Boza, J. (2003). Calidad de la leche de los pequeños rumiantes (en línea). *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*. 16(1):155-166. Recuperado de: <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/3887/vol1606.pdf?sequence=1>.

- Sarria, J.; Ruiz, F.; Mena, Y. & Castel, J. (2014). Caracterización y propuestas de mejora de los sistemas de producción caprina de la costa central de Perú (en línea). *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 5(4):487-504. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-112420140004_00003&lng=es&nrm=iso.
- Seifu, E.; Buys, E. & Donkin, E. (2004). Quality aspects of Gouda cheese made from goat milk preserved by the lactoperoxidase system (en línea). *International Dairy Journal*. 14:581–589. Consultado 12 mar. 2016. Recuperado de: http://ac.els-cdn.com/S0958694603002905/1-s2.0-S0958694603002905-main.pdf?_tid=e2a62676-487c-11e6-9044-00000aab0f27&acdnat=1468361369_c0919b80ff16c833b2baf0ff4a46b84a.
- Soryal, K.; Beyene, F.A.; Zeng, S.; Bah, B. & Tesfai, K. (2006). Effect of goat breed and milk composition on yield, sensory quality, fatty acid concentration of soft cheese during lactation. *Small Ruminant Research*. 58:275–281.
- Spreer, E. (1991). *Lactología industrial: leche, preparación y elaboración, máquinas, instalaciones y aparatos, productos lácteos*. 2 ed. Zaragoza, España, editorial Acribia. 617 p.
- Suarez, V.H.; Martinez, G.M.; Gianre, V.; Calvino, L.; Rachoski, A.; Chavez, M.; Salatin, A.; Orozco, S.; Sanchez, V. & Bertoni, E. (2014). Relaciones entre el recuento de células somáticas, test de mastitis California, conductividad eléctrica y el diagnóstico de mastitis subclínicas en cabras lecheras. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 40(2):145-153.
- Vega, S.; Gutiérrez, R.; Ramírez, A.; González, M.; Díaz-González, G.; Salas, J.; González, C.; Coronado, M.; Schettino, B. & Alberti, A. (2007). Características físicas y químicas de leche de cabra de razas alpino francesa y saanen en épocas de lluvia y seca (en línea). *Revista de Salud Animal*. 29(3):160-166. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2007000300006&lng=es&tlng=es.
- Veress, G.; Kusza, S.; Bősze, Z.; Kukovics, S. & Jávora, A. (2004). Polymorphism of the α s1-casein, κ -casein and β -lactoglobulin genes in the Hungarian Milk Goat (en línea). *South African Journal of Animal Science*. 34(Supplement 1):20-23. Recuperado de:

[http://sasasarc.websiteinprogress.co.za/sites/sasasarc.
websiteinprogress.co.za/files/veressgoat04_0.pdf](http://sasasarc.websiteinprogress.co.za/sites/sasasarc.websiteinprogress.co.za/files/veressgoat04_0.pdf)

Villegas, A. (2012). Tecnología quesera. 2 ed. México, editorial Trillas. 405 p.

Zeng, S.; Soryal, K.; Fekadu, B.; Bah, B. & Popham, T. (2006). Predictive formulae for goat cheese yield based on milk composition. *Small Ruminant Research*. 69:180–186.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Valores, promedios, desviación estándar y coeficiente de variación para las variables estudiadas

QUESO	Densidad	Acidez leche	Acidez suero	CMT	RCS	TRAM	Proteína	Grasa	Sólidos no grasos	Sólidos totales
Pachacamac	1,0305	16,50	11,00	2	720000	368	4,20	3,40	8,99	12,39
	1,0301	17,17	11,50	2	1120000	382	4,33	3,70	8,52	12,22
	1,0299	16,17	10,25	2	1530000	348	4,03	3,60	8,88	12,48
	1,0305	16,17	10,25	2	1125000	351	4,10	3,90	8,63	12,53
	1,0307	16,33	10,25	2	1310000	340	4,03	3,70	8,82	12,52
	1,0300	16,00	9,50	2	1065000	349	3,87	3,80	8,19	11,99
	1,0300	16,50	10,50	2	1080000	322	4,05	3,80	8,35	12,15
	1,0302	16,17	10,50	2	1200000	325	3,97	3,80	8,31	12,11
	1,0294	17,00	10,00	2	1085000	346	3,95	3,60	8,43	12,03
	1,0295	16,50	11,00	2	660000	130	4,03	3,50	8,02	11,52
	1,0299	16,50	10,00	2	1690000	128	4,00	4,20	8,28	12,48
	1,0304	16,67	10,00	2	1320000	91	3,97	3,40	8,01	11,41
Fresco	1,0303	17,75	10,50	2	1420000	341	3,80	3,90	8,45	12,35
	1,0305	17,00	10,50	2	1380000	270	4,10	4,00	8,24	12,24
	1,0311	16,75	9,50	2	890000	280	4,15	3,90	8,54	12,44
	1,0301	15,17	9,00	2	1105000	305	4,10	4,00	8,36	12,36
	1,0301	15,83	10,00	2	1125000	245	4,03	4,00	8,44	12,44
	1,0298	17,25	10,50	1	1180000	90	3,85	4,50	7,94	12,44
	1,0303	16,67	10,00	2	120000	208	3,97	3,50	8,04	11,54
	1,0288	16,17	9,50	2	1830000	150	3,87	3,60	7,88	11,48
Feta	1,0297	17,50	11,50	2	1680000	281	4,17	3,70	8,73	12,43
	1,0311	16,75	11,00	2	890000	280	4,15	3,90	8,54	12,44
	1,0304	16,83	8,50	2	875000	293	4,07	3,90	8,43	12,33
	1,0303	16,17	9,50	2	865000	315	3,73	3,90	8,05	11,95
	1,0300	16,17	10,50	2	1060000	290	3,90	3,80	8,37	12,17
	1,0302	16,50	10,00	2	710000	367	3,95	3,65	8,34	11,99
	1,0294	17,00	10,50	2	1380000	80	4,00	3,80	8,11	11,91
	1,0299	17,50	10,50	2	1420000	84	3,80	3,80	8,07	11,87
	1,0288	16,17	10,00	2	1830000	150	3,87	3,60	7,88	11,48
	Crema	1,0306	17,50	61,75	2	1510000	282	4,10	3,60	8,49
1,0306		17,67	60,00	2	1220000	355	4,07	3,80	8,60	12,40
1,0299		17,17	60,50	2	1270000	316	4,00	3,90	8,37	12,27
1,0298		17,00	62,00	2	885000	260	3,90	3,60	8,37	11,97
1,0304		17,50	63,50	1	690000	135	4,07	3,40	8,38	11,78
1,0299		17,17	65,00	2	1800000	126	3,97	3,70	8,17	11,87
Promedio*	1,0301	16,58	10,22	1,97	1160862	258,93	4,00	3,79	8,34	12,13
Desviación estándar*	0,0005	0,56	0,67	0,19	375497	100,18	0,13	0,23	0,03	0,36
Coeficiente de variación*	0,05	3,36	6,56	9,45	32,35	38,69	3,36	6,19	3,56	2,93

* No se toman en cuenta los valores de las variables del queso tipo Crema.

Anexo 2: Valores, promedios, desviación estándar y coeficiente de variación del porcentaje de materia seca para cada tipo de queso por elaboración

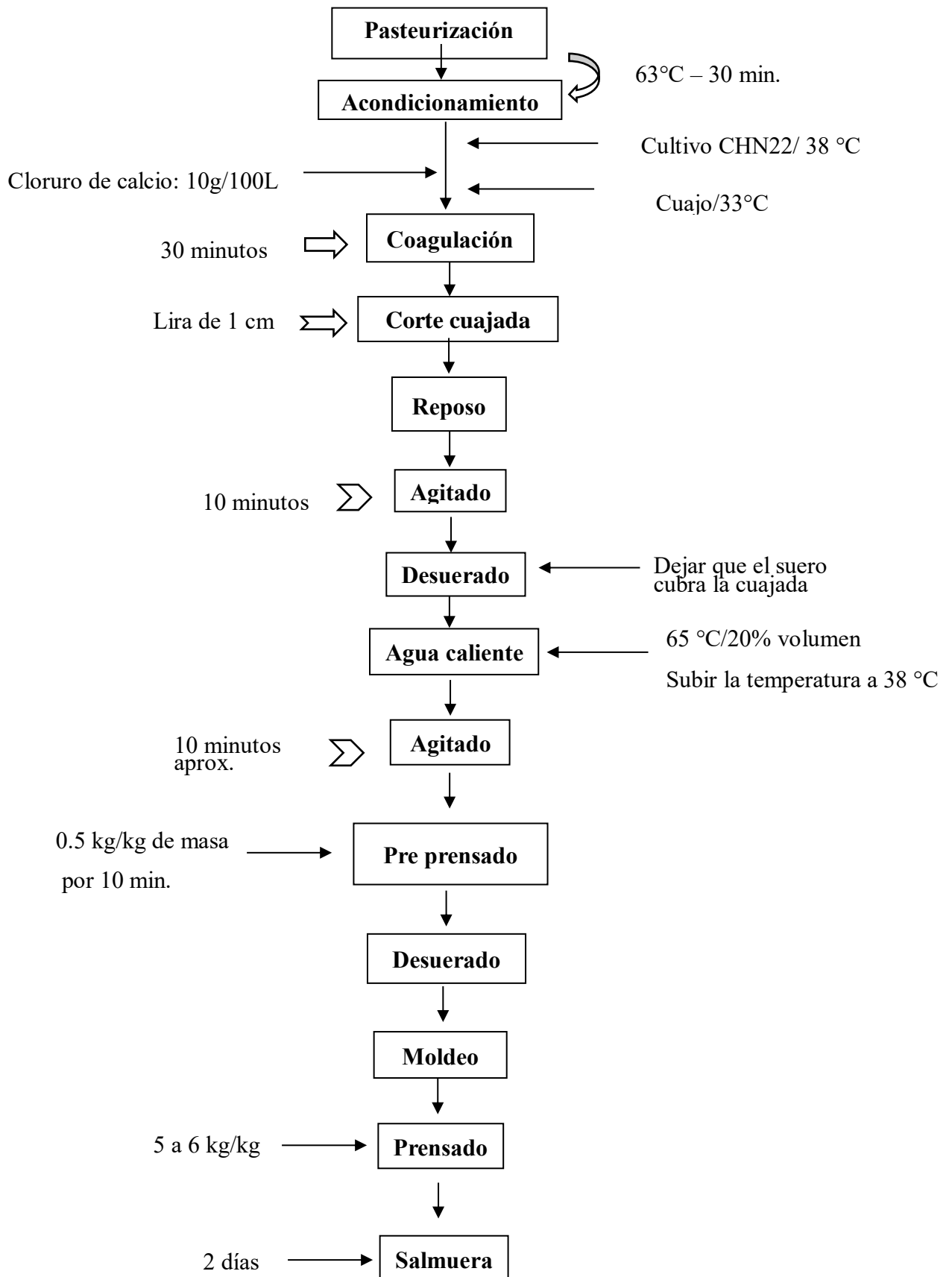
N°	Porcentajes de Materia seca para cada tipo de queso			
	Pachacamac	Feta	Fresco	Crema
1	46,10	53,65	45,69	33,92
2	57,16	46,82	37,63	29,14
3	52,49	48,62	37,12	28,87
4	51,60	46,15	36,65	29,74
5	49,56	47,88	36,89	28,59
6	52,60	47,69	39,96	32,21
7	49,24	46,41	35,38	-
8	53,61	46,28	35,05	-
9	50,79	46,16	-	-
10	46,54	-	-	-
11	53,72	-	-	-
12	49,22	-	-	-
Promedio	51,05	47,74	38,05	30,41
Desviación estándar	3,16	2,38	3,43	2,16
Coeficiente de variación	6,18	5,00	9,02	7,10

Anexo 3: Valores, promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de los rendimientos queseros en fresco y materia seca para cada tipo de queso por elaboración

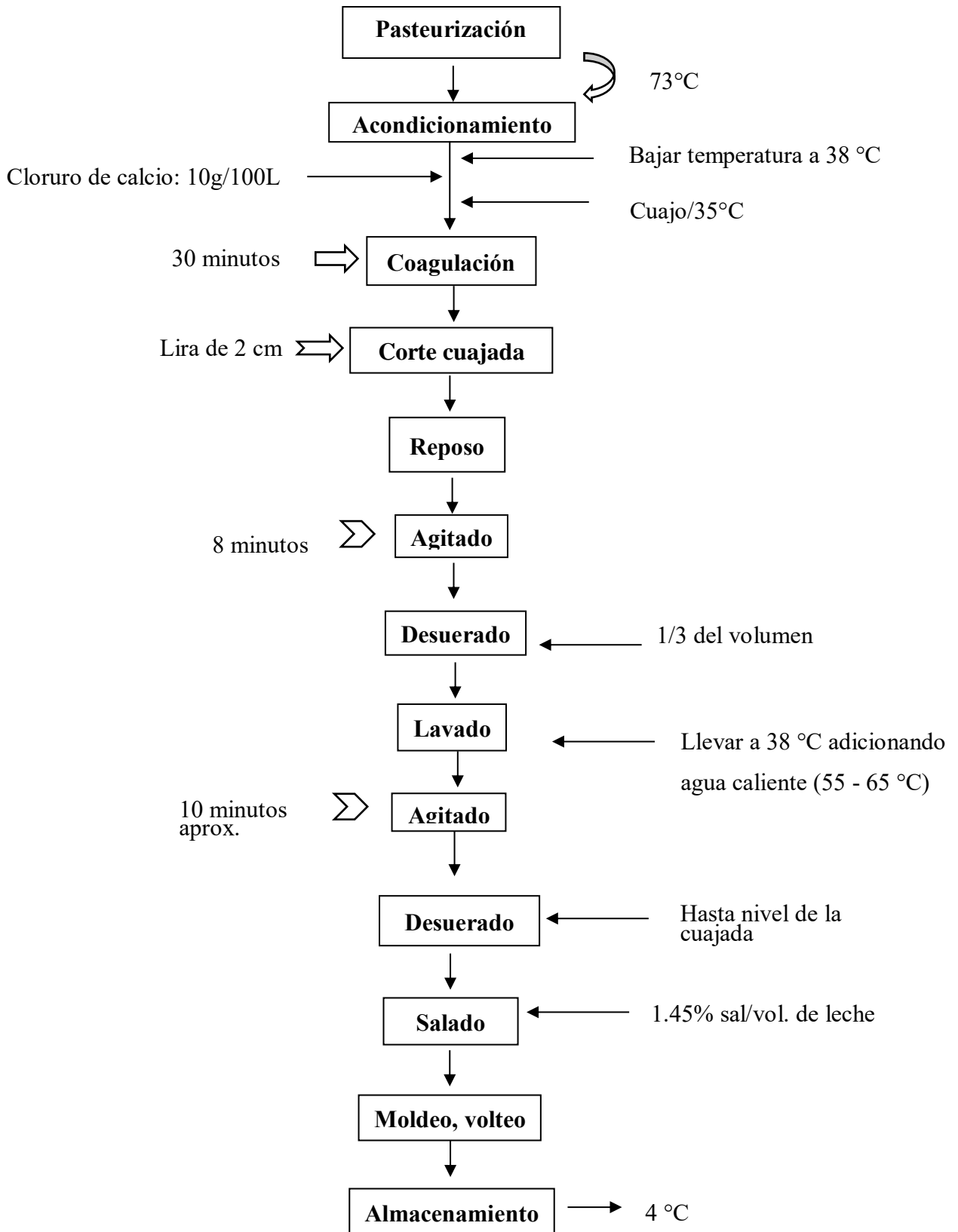
N°	Rendimientos queseros según tipo de queso							
	Pachacamac		Feta		Fresco		Crema	
	En fresco	En seco	En fresco	En seco	En fresco	En seco	En fresco	En seco
1	13,62	6,28	14,59	7,83	17,10	7,81	24,85	8,43
2	13,79	7,88	13,83	6,47	19,28	7,26	25,87	7,54
3	14,38	7,55	14,05	6,83	19,06	7,07	23,02	6,64
4	13,02	6,72	13,87	6,40	19,10	7,00	24,56	7,30
5	14,14	7,01	13,70	6,56	19,43	7,17	23,57	6,74
6	12,91	6,79	13,67	6,52	16,35	6,53	22,58	7,27
7	13,28	6,54	13,07	6,06	17,59	6,22	-	-
8	12,75	6,84	12,91	5,98	16,32	5,72	-	-
9	12,20	6,20	12,68	5,85	-	-	-	-
10	12,39	5,77	-	-	-	-	-	-
11	13,14	7,06	-	-	-	-	-	-
12	11,97	5,89	-	-	-	-	-	-
Promedio	13,13	6,71	13,60	6,50	18,03	6,85	24,08	7,32
Desviación estándar	0,75	0,63	0,60	0,59	1,34	0,66	1,24	0,65
Coeficiente de variación	5,74	9,37	4,45	9,07	7,42	9,62	5,14	8,82

Anexo 4: Flujo de elaboración de cada tipo de queso

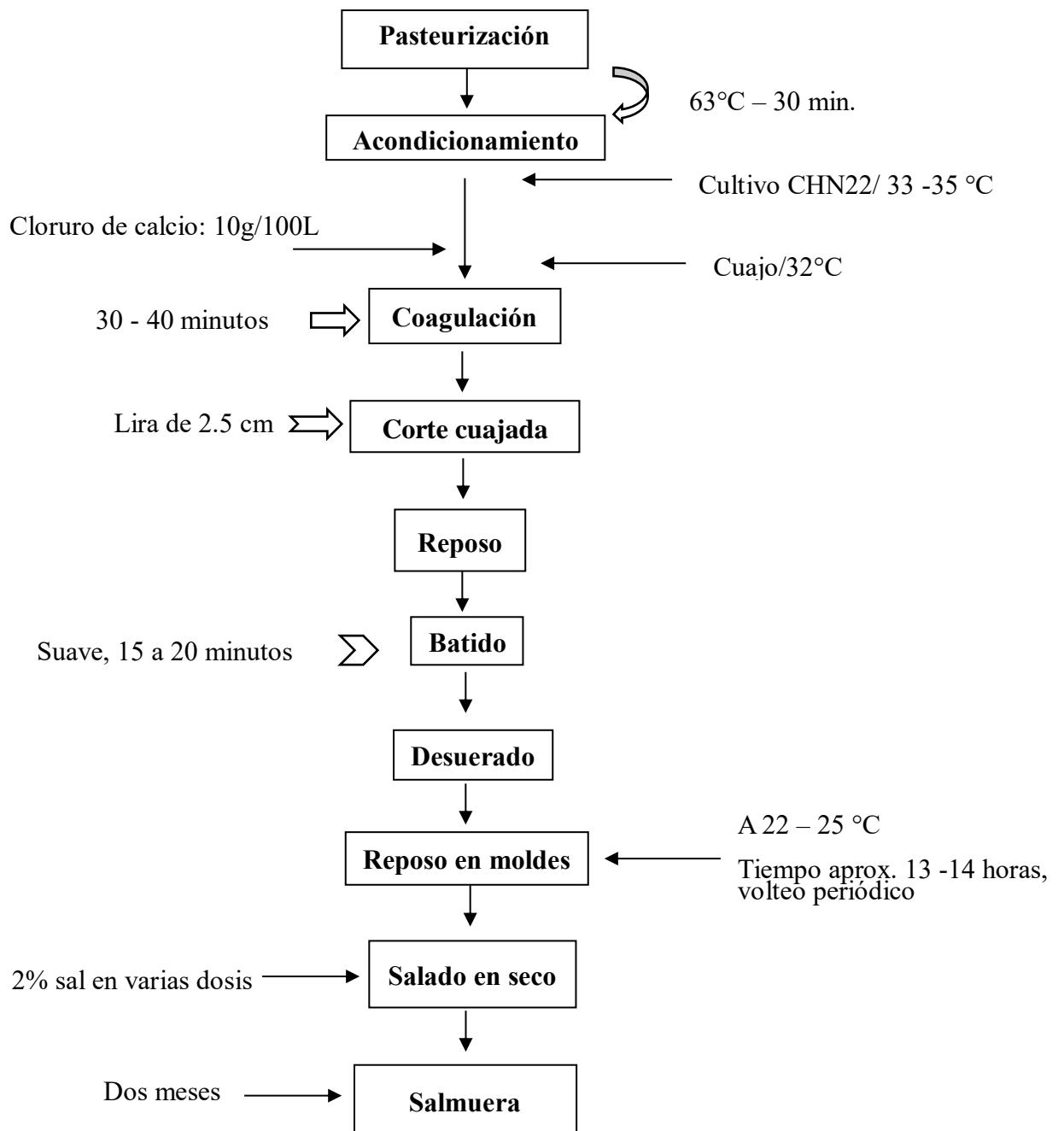
a. Queso tipo Pachacamac



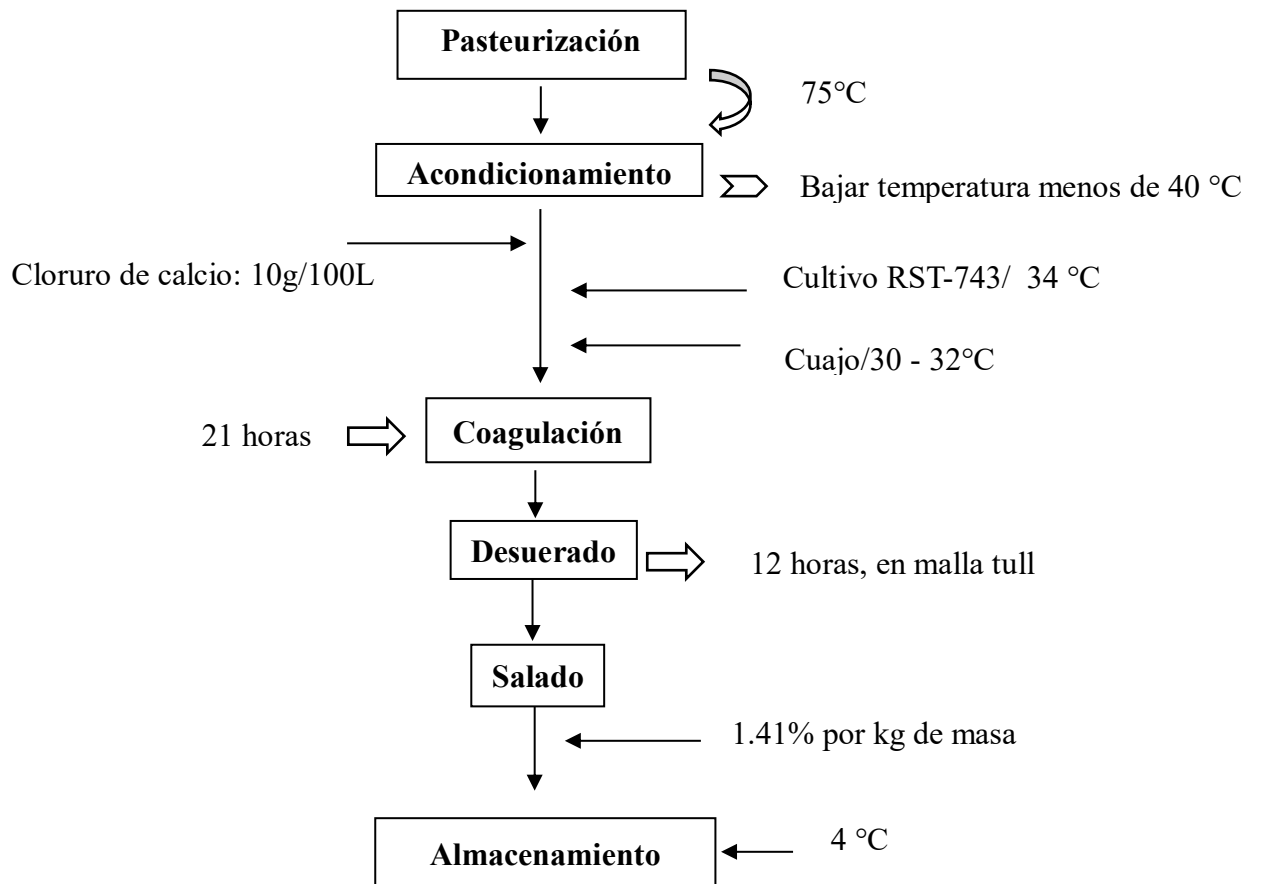
b. Queso Fresco



c. Queso tipo Feta



c. Queso tipo Crema



Anexo 5: Análisis de variancia de las variables evaluadas

Dependent Variable: Densidad

Source	DF	Squares	Sum of		F Value	Pr > F	NS
			Mean Square				
Model	3	0,00000078	0,00000026	0,75	0,5319	ns	
Error	31	0,00001076	0,00000035				
Corrected Total	34	0,00001154					

R-Square Coeff Var Root MSE DC Mean
0,067485 0,057203 0,000589 1,030114

Dependent Variable: Acidez leche (°D)

Source	DF	Squares	Sum of		F Value	Pr > F	NS
			Mean Square				
Model	3	3,16882885	1,05627628	3,78	0,0203	*	
Error	31	8,67055972	0,27969547				
Corrected Total	34	11,83938857					

R-Square Coeff Var Root MSE AL Mean
0,267651 3,164838 0,528862 16,71057

Dependent Variable: Acidez suero (°D)

Source	DF	Squares	Sum of		F Value	Pr > F	NS
			Mean Square				
Model	3	13396,99251	4465,66417	4765,37	<,0001	**	
Error	31	29,05035	0,93711				
Corrected Total	34	13426,04286					

R-Square Coeff Var Root MSE AS Mean
0,997836 5,064502 0,968043 19,11429

Dependent Variable: CMT

Source	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F	NS
Model	3	0,17738095	0,05912698	1,07	0,3749	ns
Error	31	1,70833333	0,05510753			
Corrected Total	34	1,88571429				

R-Square Coeff Var Root MSE CMT Mean
0,094066 12,08272 0,234750 1,942857

Dependent Variable: RCS

Source	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F	NS
Model	3	37903988095	12634662698	0,08	0,9691	ns
Error	31	4,7488646E12	153189180108			
Corrected Total	34	4,7867686E12				

R-Square Coeff Var Root MSE RCS Mean
0,007918 33,37911 391393,9 1172571

Dependent Variable: TRAM (MINUTOS)

Source	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F	NS
Model	3	20646,1218	6882,0406	0,70	0,5611	ns
Error	31	306227,7639	9878,3150			
Corrected Total	34	326873,8857				

R-Square Coeff Var Root MSE TRAM Mean
0,063162 38,72470 99,38971 256,6571

Dependent Variable: Proteína (por ciento)

Source	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F	NS
Model	3	0,04129464	0,01376488	0,86	0,4723	ns
Error	31	0,49636250	0,01601169			

Corrected Total 34 0,53765714

R-Square Coeff Var Root MSE PT Mean
0,076805 3,160047 0,126537 4,004286

Dependent Variable: Grasa (por ciento)

Source	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F	NS
Model	3	0,31638095	0,10546032	2,26	0,1014	ns
Error	31	1,44833333	0,04672043			

Corrected Total 34 1,76471429

R-Square Coeff Var Root MSE GR Mean
0,179282 5,737746 0,216149 3,767143

Dependent Variable: Sólidos totales leche (por ciento)

Source	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F	NS
Model	3	0,07097977	0,02365992	0,19	0,8994	ns
Error	31	3,77315738	0,12171475			

Corrected Total 34 3,84413714

R-Square Coeff Var Root MSE STL Mean
0,018464 2,879401 0,348876 12,11629

Dependent Variable: Sólidos no grasos (por ciento)

Source	DF	Squares	Sum of Mean Square	F Value	Pr > F	NS
Model	3	0,28112024	0,09370675	1,26	0,3052	ns
Error	31	2,30567404	0,07437658			

Corrected Total 34 2,58679429

R-Square Coeff Var Root MSE SNG Mean
 0,108675 3,266452 0,272721 8,349143

Anexo 6: Matriz de correlaciones para cada tipo de queso

a. Queso tipo Pachacamac,

	D	AL	AS	CMT	RCS	TRAM	PT	G	ST	SNG	RQF
AL	-0,299 0,345										
AS	0,037 0,908	0,482 0,112									
CMT	*	*	*								
RCS	0,112 0,730	-0,125 0,698	-0,481 0,114	*							
TRAM	0,211 0,510	-0,081 0,802	0,159 0,621	*	-0,175 0,586						
PT	0,282 0,374	0,501 0,097	0,861 0,000	*	-0,250 0,433	0,328 0,298					
G	-0,030 0,925	-0,252 0,430	-0,312 0,323	*	0,551 0,063	0,003 0,993	-0,153 0,635				
ST	0,360 0,251	-0,240 0,452	0,011 0,972	*	0,372 0,233	0,601 0,039	0,318 0,314	0,508 0,092			
SNG	0,436 0,156	-0,102 0,752	0,230 0,471	*	0,046 0,887	0,692 0,013	0,473 0,120	-0,109 0,737	0,801 0,002		
RQF	0,370 0,237	-0,183 0,569	0,279 0,379	*	0,260 0,414	0,555 0,061	0,477 0,117	0,136 0,673	0,771 0,003	0,795 0,002	
RQMS	0,171 0,594	-0,008 0,979	0,162 0,616	*	0,532 0,075	0,503 0,095	0,400 0,198	0,455 0,137	0,664 0,019	0,450 0,143	0,758 0,004

Contenido de la celda: Correlación de Pearson
Valor P

Dónde: Acidez leche(AL), Acidez suero(AS), California Mastitis Test (CMT), Recuento de células somáticas (RCS), Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM), Densidad (D), Proteína (PT), Grasa (G), Sólidos totales (ST), Sólidos no grasos (SNG), Rendimiento quesero en fresco (R,Q,F,), Rendimiento quesero en materia seca (R,Q,M,S,),

* NOTA * Todos los valores de la columna son idénticos,

b. Queso Fresco,

	D	AL	AS	CMT	RCS	TRAM	PT	G	ST	SNG	RQF
AL	0,244 0,560										
AS	0,121 0,776	0,818 0,013									
CMT	0,200 0,635	-0,332 0,422	-0,404 0,321								
RCS	-0,531 0,175	0,034 0,936	0,046 0,913	-0,040 0,926							
TRAM	0,598 0,117	-0,051 0,904	-0,157 0,711	0,710 0,049	-0,044 0,918						
PT	0,597 0,118	-0,501 0,206	-0,468 0,242	0,410 0,313	-0,306 0,462	0,392 0,337					
G	0,119 0,779	0,182 0,666	0,348 0,399	-0,771 0,025	0,235 0,575	-0,225 0,593	-0,046 0,914				
ST	0,548 0,160	0,097 0,819	0,170 0,687	-0,273 0,512	0,122 0,773	0,366 0,372	0,280 0,502	0,784 0,021			
SNG	0,738 0,036	-0,060 0,888	-0,139 0,742	0,476 0,233	-0,083 0,845	0,855 0,007	0,504 0,203	0,073 0,865	0,676 0,066		
RQF	0,649 0,082	-0,441 0,274	-0,266 0,524	0,507 0,200	-0,232 0,580	0,618 0,103	0,892 0,003	0,019 0,964	0,465 0,245	0,725 0,042	
RQMS	0,667 0,071	0,286 0,493	0,320 0,440	0,192 0,648	0,065 0,879	0,779 0,023	0,195 0,643	0,351 0,393	0,781 0,022	0,838 0,009	0,516 0,190

Contenido de la celda: Correlación de Pearson
Valor P

Dónde: Acidez leche(AL), Acidez suero(AS), California Mastitis Test (CMT), Recuento de células somáticas (RCS), Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM), Densidad (D), Proteína (PT), Grasa (G), Sólidos totales (ST), Sólidos no grasos (SNG), Rendimiento quesero en fresco (R,Q,F), Rendimiento quesero en materia seca (R,Q,M,S),

c. Queso tipo Feta,

	D	AL	AS	CMT	RCS	TRAM	PT	G	ST	SNG	RQF
AL	0,018 0,963										
AS	-0,089 0,819	0,416 0,265									
CMT	*	*	*								
RCS	-0,816 0,007	0,338 0,374	0,436 0,240	*							
TRAM	0,584 0,099	-0,390 0,299	-0,197 0,611	*	-0,667 0,050						
PT	0,277 0,471	0,432 0,245	0,346 0,362	*	0,024 0,951	0,213 0,582					
G	0,715 0,030	0,054 0,890	-0,278 0,468	*	-0,556 0,120	0,120 0,758	0,041 0,918				
ST	0,721 0,029	0,353 0,352	0,216 0,577	*	-0,405 0,279	0,531 0,141	0,729 0,026	0,516 0,155			
SNG	0,533 0,139	0,382 0,310	0,362 0,338	*	-0,237 0,540	0,560 0,117	0,820 0,007	0,181 0,642	0,936 0,000		
RQF	0,547 0,127	0,167 0,667	0,083 0,831	*	-0,367 0,331	0,754 0,019	0,549 0,126	0,313 0,412	0,860 0,003	0,858 0,003	
RQMS	0,252 0,513	0,365 0,334	0,260 0,498	*	-0,027 0,946	0,563 0,114	0,636 0,066	0,028 0,942	0,769 0,015	0,871 0,002	0,922 0,000

Contenido de la celda: Correlación de Pearson
Valor P

Dónde: Acidez leche(AL), Acidez suero(AS), California Mastitis Test (CMT), Recuento de células somáticas (RCS), Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM), Densidad (D), Proteína (PT), Grasa (G), Sólidos totales (ST), Sólidos no grasos (SNG), Rendimiento quesero en fresco (R,Q,F), Rendimiento quesero en materia seca (R,Q,M,S),

* NOTA * Todos los valores de la columna son idénticos,

d. Queso Crema,

	D	AL	AS	CMT	RCS	TRAM	PT	G	ST	SNG	RQF
AL	0,965 0,002										
AS	-0,300 0,563	-0,295 0,571									
CMT	-0,262 0,616	-0,313 0,546	-0,360 0,483								
RCS	-0,060 0,911	-0,060 0,910	0,209 0,690	0,654 0,159							
TRAM	0,255 0,626	0,226 0,667	-0,968 0,002	0,572 0,236	-0,008 0,988						
PT	0,925 0,008	0,920 0,009	-0,231 0,659	-0,334 0,517	0,046 0,931	0,159 0,764					
G	-0,244 0,641	-0,142 0,789	-0,550 0,258	0,746 0,089	0,496 0,317	0,640 0,171	-0,156 0,768				
ST	0,278 0,594	0,328 0,525	-0,899 0,015	0,576 0,231	0,178 0,736	0,934 0,006	0,245 0,640	0,798 0,057			
SNG	0,752 0,085	0,712 0,113	-0,821 0,045	0,052 0,922	-0,304 0,558	0,770 0,073	0,592 0,216	0,113 0,831	0,689 0,130		
RQF	0,646 0,166	0,565 0,243	-0,644 0,168	0,201 0,702	-0,235 0,654	0,668 0,147	0,349 0,498	-0,004 0,994	0,537 0,271	0,891 0,017	
RQMS	0,529 0,280	0,343 0,506	-0,119 0,822	0,444 0,378	0,442 0,380	0,283 0,587	0,362 0,481	-0,084 0,874	0,177 0,737	0,393 0,441	0,581 0,226

Contenido de la celda: Correlación de Pearson
Valor P

Dónde: Acidez leche(AL), Acidez suero(AS), California Mastitis Test (CMT), Recuento de células somáticas (RCS), Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM), Densidad (D), Proteína (PT), Grasa (G), Sólidos totales (ST), Sólidos no grasos (SNG), Rendimiento quesero en fresco (R,Q,F), Rendimiento quesero en materia seca (R,Q,M,S),

Anexo 7: Análisis de regresión y determinación de ecuaciones de predicción de rendimiento quesero para cada tipo de queso

a. Queso tipo Pachacamac,

RQF vs, ST, SNG

$$RQF = - 5,73 + 0,752 ST + 1,15 SNG$$

Predictor	Coef	Coef, de EE	T	P
Constante	-5,731	4,594	-1,25	0,244
ST	0,7521	0,6311	1,19	0,264
SNG	1,1507	0,7285	1,58	0,149

$$S = 0,469473 \quad R\text{-cuad,} = 68,2\text{por ciento} \quad R\text{-cuad,(ajustado)} = 61,2\text{por ciento}$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	2	4,2593	2,1297	9,66	0,006
Error residual	9	1,9836	0,2204		
Total	11	6,2430			

Fuente	GL	SC sec,
ST	1	3,7094
SNG	1	0,5499

RQMS vs, ST

$$RQMS = - 6,83 + 1,11 ST$$

Predictor	Coef	Coef, de EE	T	P
Constante	-6,830	4,830	-1,41	0,188
ST	1,1142	0,3973	2,80	0,019

$$S = 0,493502 \quad R\text{-cuad,} = 44,0\text{por ciento} \quad R\text{-cuad,(ajustado)} = 38,4\text{por ciento}$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	1	1,9156	1,9156	7,87	0,019
Error residual	10	2,4354	0,2435		
Total	11	4,3510			

b. Queso Fresco,

RQF vs, D, PT, SNG

$$RQF = 214 - 238 D + 7,52 PT + 2,31 SNG$$

Predictor	Coef	Coef, de EE	T	P
Constante	214,2	515,7	0,42	0,699
D	-238,0	509,7	-0,47	0,665
PT	7,523	1,982	3,80	0,019
SNG	2,306	1,225	1,88	0,133

$$S = 0,550711 \quad R\text{-cuad,} = 90,3\text{por ciento} \quad R\text{-cuad,(ajustado)} = 83,0\text{por ciento}$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	3	11,3011	3,7670	12,42	0,017
Error residual	4	1,2131	0,3033		
Total	7	12,5143			

Fuente GL SC sec,

D 1 5,2663

PT 1 4,9603

SNG 1 1,0746

RQMS vs, TRAM, ST, SNG

$$RQMS = - 1,77 + 0,00624 TRAM + 1,14 ST - 0,81 SNG$$

Predictor	Coef	Coef, de EE	T	P
Constante	-1,767	6,313	-0,28	0,793
TRAM	0,006242	0,002879	2,17	0,096
ST	1,1363	0,4129	2,75	0,051
SNG	-0,811	1,192	-0,68	0,534

$$S = 0,272931 \quad R\text{-cuad,} = 90,2\text{por ciento} \quad R\text{-cuad,(ajustado)} = 82,8\text{por ciento}$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	3	2,73897	0,91299	12,26	0,017
Error residual	4	0,29797	0,07449		
Total	7	3,03694			

Fuente GL SC sec,

TRAM 1 1,84286

ST 1 0,86166

SNG 1 0,03445

c. Queso tipo Feta,

RQF vs, TRAM, ST, SNG

$$RQF = - 1,36 + 0,00226 \text{ TRAM} + 0,842 \text{ ST} + 0,51 \text{ SNG}$$

Predictor	Coef	Coef, de EE	T	P
Constante	-1,361	4,494	-0,30	0,774
TRAM	0,002262	0,001126	2,01	0,101
ST	0,8418	0,8914	0,94	0,388
SNG	0,515	1,047	0,49	0,644

$$S = 0,277179 \quad R\text{-cuad,} = 86,9\text{por ciento} \quad R\text{-cuad,(ajustado)} = 79,0\text{por ciento}$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	3	2,54015	0,84672	11,02	0,012
Error residual	5	0,38414	0,07683		
Total	8	2,92429			

Fuente	GL	SC sec,
TRAM	1	1,66065
ST	1	0,86092
SNG	1	0,01858

RQMS vs, ST, SNG

$$RQMS = - 6,88 - 0,70 \text{ ST} + 2,64 \text{ SNG}$$

Predictor	Coef	Coef de EE	T	P
Constante	-6,881	4,765	-1,44	0,199
STL	-0,701	1,033	-0,68	0,523
SNG	2,637	1,186	2,22	0,068

$$S = 0,321348 \quad R\text{-cuad,} = 77,6\text{por ciento} \quad R\text{-cuad,(ajustado)} = 70,1\text{por ciento}$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	2	2,1462	1,0731	10,39	0,011
Error residual	6	0,6196	0,1033		
Total	8	2,7658			

Fuente	GL	SC sec,
ST	1	1,6358
SNG	1	0,5104