

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL CASEÍNICO DE LA LECHE DE CABRA
CRIOLLA CHILENA EN LA REGIÓN DE COQUIMBO**

CAMILA ISABEL GONZÁLEZ ZAMORANO

SANTIAGO - CHILE

2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL CASEÍNICO DE LA LECHE DE CABRA
CRIOLLA CHILENA EN LA REGIÓN DE COQUIMBO**

**CHARACTERIZATION OF CASEIN PROFILE OF THE CHILEAN NATIVE
GOAT MILK IN THE REGION OF COQUIMBO**

CAMILA ISABEL GONZÁLEZ ZAMORANO

SANTIAGO - CHILE

2012

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL CASEÍNICO DE LA LECHE DE CABRA
CRIOLLA CHILENA EN LA REGIÓN DE COQUIMBO**

Memoria para optar al título profesional de:

Ingeniera Agrónoma

CAMILA ISABEL GONZÁLEZ ZAMORANO

Profesores Guías	Calificación
Álvaro Peña Neira. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,8
Remigio López Solís. Bioquímico, Dr.	5,5
Profesores Evaluadores	
Hugo Núñez Kalasic. Ingeniero Agrónomo, Mg. Cs.	6,2
Rodrigo Callejas Rodríguez. Ingeniero Agrónomo, Dr.	6,4

SANTIAGO – CHILE

2012

Agradecimientos

Al profesor Álvaro Peña, por su colaboración, tiempo y buena disposición en el desarrollo final de este trabajo.

Al profesor Remigio López, por su colaboración, buena disposición, por permitirme realizar mis análisis de electroforesis en su laboratorio.

A Rodrigo Ibáñez, por su colaboración, apoyo, buena disposición y enorme paciencia en el desarrollo de este trabajo, porque a pesar de estar a kilómetros de distancia siempre manifestó un gran interés por la culminación de este trabajo. Su profesionalismo y dedicación son dignos de admirar, más que un gran profesional, una gran persona.

A los productores de Campo Lindo y La Finca, por su gran disposición en la entrega de muestras para desarrollar este trabajo, por su simpatía, tiempo y por compartir con gusto parte de su vida y trabajo.

A la Sra. Julia y Rosita, por su buena disposición y simpatía durante las jornadas de laboratorio.

A mis compañeros y amigos, a quienes me acompañan desde Ingeniería Forestal y me han visto crecer como persona Bastian, Manu, Lalito, Mari y Vivi; a quienes fui conociendo en el camino Paci, Lois, Naty, Rafa, Flavia, Kari, Dani, Cristian y Diego; y a quienes conocí en mi última etapa universitaria Cami, Pancha, Daniela y Kato. De diferentes formas cada uno de ustedes fue fundamental en esta etapa, acompañándome en risas, frustraciones y logros, gracias por su compañía, apoyo, cariño y amistad. Los quiero.

A mis hermanas Mayra y Valentina por su cariño, por ser parte importante de mi vida. A mis abuelos Sonia y Mario por ser fundamentales en mi desarrollo como persona, por su amor y orgullo hacia mí. A Erica por su cariño, apoyo y conversaciones.

A mi Martín, por su apoyo, ánimo y motivación durante el proceso final de este trabajo.

A mi papá Eduardo, por su apoyo y amor, por estar siempre orgulloso de mí.

A mi mamá Marta, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por amarme por sobre todas las cosas.

Gracias a todos por apoyarme en la etapa final del desarrollo de mi carrera.

ÍNDICE

RESUMEN	1
Palabras clave	1
ABSTRACT	2
Keywords.....	2
INTRODUCCIÓN	3
Objetivos	6
MATERIALES Y MÉTODOS	7
Lugar del estudio	7
Materiales	7
Metodología.....	7
Diseño de experimentos	7
Procedimiento.....	8
Variables a medir.....	8
Análisis físicos y químicos de muestras de leche	8
Extracción de caseínas	8
Perfiles electroforéticos de caseínas.....	8
Análisis estadístico	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
Características químicas	10
Densidad	10
Acidez	11
pH	11
Sólidos totales.....	12
Materia grasa	12
Proteína total.....	13
Correlaciones entre variables de componentes químicos de la leche	14

Análisis discriminante y de componentes principales	16
Análisis de caseínas por SDS-PAGE	18
α_s –caseína total.....	18
β –caseína total	19
k –caseína total.....	20
CONCLUSIONES	22
BIBLIOGRAFÍA	23
APÉNDICES	29

RESUMEN

La leche posee una composición variable, lo que está definido fundamentalmente por la especie. Dentro de cada especie existe una variabilidad genética, la que se puede ver afectada por factores medioambientales. En el caso de la leche de cabra, esta variabilidad define el porcentaje de cada componente presente en la leche. El estudio de esta composición es de suma importancia para caracterizar la leche, con el fin de entender y mejorar las características tecnológicas de ciertos productos lácteos.

En Chile, la cabra Criolla es una raza de gran importancia, representando aproximadamente el 80% de la población caprina a nivel nacional. Esta raza se caracteriza por una alta variabilidad genética, además de encontrarse distribuida a lo largo de todo el país.

El siguiente trabajo tuvo por objetivo la caracterización composicional y caseínica de leche de 30 individuos de cabra Criolla chilena en la comuna de Ovalle, IV Región de Coquimbo. Se realizaron análisis como densidad, pH, acidez, sólidos totales, proteína total y materia grasa, definiendo su composición porcentual, además de la caracterización del perfil caseínico, con el fin de identificar su potencial en la industria láctea. Los resultados más relevantes son de un 43,9% para α_s -caseína total, 47,2% para β -caseína y 8,9% para k -caseína. Del mismo modo al aplicar un análisis del tipo discriminante se pudo apreciar homogeneidad entre las muestras de leche de los individuos estudiados.

Palabras clave. cabra, caseínas.

ABSTRACT

Milk has a variable composition, which is defined mainly by the species. Within each species there is a genetic variability, can be affected by environmental factors. In the case of goat's milk, this variable defines the percentage of each component present in milk. The study of this composition is very important to characterize the milk, in order to understand and improve the technological characteristics of certain dairy products.

In Chile, the Creole goat is a breed of great importance as it represents approximately 80% of the goat population. This breed present a high variability and is distributed throughout the country.

The following paper aimed at the compositional and caseinic characterization of 30 individuals of Chilean Creole goats in the city of Ovalle, IV Region of Coquimbo, Chile. The analyzes performed were density, pH, acidity, total solids, total protein and fat, defining its percentage composition casein profile, in order to identify their potential in the dairy industry. The most relevant results are 43.9% for α_s -casein total, 47.2% for β -casein and 8.9% for k -casein. Similarly by applying a discriminant analysis using type variables analyzed it was observed homogeneity among the milk samples of individuals studied.

Keywords. goat, caseins.

INTRODUCCIÓN

La leche es el alimento de mayor valor nutritivo, no superada aún por ningún otro producto conocido por el hombre. Contiene una serie de nutrientes, tales como materia grasa, proteínas, lactosa, minerales, vitaminas, entre otros. Sin embargo, estos componentes no se encuentran en la misma proporción, ya que presentan variaciones dadas por factores ambientales, genéticos y fisiológicos (Hazard, 2006).

Dentro de la industria láctea en Chile, uno de los productos de incipiente importancia, es la leche de cabra; es casi de color blanco, carece de carotenos y posee glóbulos grasos de tamaño pequeño. Presenta un sabor muy característico. En general ha mostrado poseer una digestibilidad más alta en relación a la leche de otras especies, distinta alcalinidad, alta capacidad de resistencia a los cambios de pH y excelentes propiedades terapéuticas en el tratamiento de varias enfermedades (Arbiza y De Lucas, 2001). Desde hace algunos años, además de la elaboración de quesos, ha surgido el desarrollo de nuevos productos enfocados al mercado *gourmet*, por lo que resulta importante el estudio de la composición de la leche, por su influencia en la calidad de los productos que se obtienen a partir de ésta (Burrows, 2004).

El consumo y diversificación de productos elaborados a partir de leche de cabra se ha ido incrementando tanto a nivel nacional como mundial ya que pueden proporcionar una rentabilidad alternativa a la leche de vaca debido a la obtención de productos de gran sabor, textura, tipicidad y su imagen natural y saludable. Todas estas características pueden ser influenciadas por varios factores, entre los que se encuentran la raza, factores genéticos, fisiológicos, alimenticios, medio ambientales y tecnológicos (Chilliard *et al.*, 2008). Por ello es importante la obtención de materia prima de buena calidad, así como también estudiar mayormente su potencialidad en la obtención de quesos, para otorgar a éstos mejoras en las características organolépticas, que los diferencien competitivamente en el mercado mundial (FIA, 2009).

A nivel internacional existe información suficiente en relación al ganado caprino, pero esta investigación es realizada a menudo con razas seleccionadas para producción de leche, las que no siempre reflejan lo que ocurre en cabras Criollas, no sólo en Chile sino que en la mayoría de los países en vías de desarrollo (Iturriaga, 1984).

En Chile, el sistema de explotación caprina es predominantemente extensivo, existiendo también los sistemas de producción caprina mejorados e intensivos, orientados a la elaboración de productos cárnicos y lácteos. La producción de ambos se concentra mayoritariamente en manos de pequeños productores de tipo artesanal en un área de semi-aridez, en comunidades agrícolas pobres y de bajo rendimiento económico, cumpliendo una importante función económica en las comunidades agrícolas y otras zonas de concentración de pobreza (Díaz, 2006).

En Chile existe un total de 667.052 cabezas caprinas, destacando la cuarta región de Coquimbo con 435.236 cabezas, lo que representa el 65,2% del total nacional. Respecto a las razas de ganado caprino, predomina claramente la raza criolla con un 81,1% de las existencias y 540.927 cabezas (INE, 2010).

La explotación caprina para la elaboración de queso de leche de cabra pretende la producción permanente de quesos de alta calidad y para ello se ha introducido material genético importado, así como tecnologías de manejo que permiten alcanzar rendimientos acordes con los estándares internacionales (Camiruaga, 2001).

En Chile, el 80% de los caprinos corresponde a animales criollos. Esta situación hace que exista una gran variabilidad, incluso en animales de un mismo rebaño. En general, se trata de un animal de alzada regular, con producciones muy variables de carne y leche (Cofré, 2001). La cabra Criolla chilena: es el resultado de cientos de años de crianza, cruzamiento descontrolado y selección natural, proveniente de razas españolas, traídas durante la conquista, con gran influencia de las razas Saanen y Anglo Nubian (INIA, 2001). Es de tamaño regular y de variados colores, fenotipo indefinido y hembra de prolificidad media. Es un animal utilizado para producción de carne y leche (Cofré, 2001). Es muy firme, resistente a condiciones adversas y adaptado a las condiciones del medio árido o semiárido en que se desenvuelve (Manterola, 1999) y puede utilizar una amplia variedad de forrajes y alimentos (Díaz, 2006). La producción de leche no supera los 700-800 gramos por día durante el período de baja producción. Esto da como promedio entre 80 y 100 L por temporada (Manterola, 1999; Contreras *et al.*, 2000).

La leche de cabra es un alimento que presenta entre un 12% y un 14% de sólidos, los que se distribuyen en 3,8% de grasa, 3,5% de proteínas, 4,1% de lactosa y 0,8% de cenizas (Raynal- Ljutovac *et al.*, 2008; Park y Hanlein, 2006; Jenness, 1980).

Las proteínas que contiene la leche de cabra, presentan dos orígenes diferentes: unas se sintetizan en la glándula mamaria de la ubre, como son las caseínas y proteínas del suero (β - lactoglobulinas y α - albúminas); y otras que provienen de la vía sanguínea como las seroalbúminas (Coronado *et al.*, 2004). Las proteínas de la leche pueden dividirse en dos grandes grupos; las caseínas y las proteínas disueltas en el suero (Angulo y Montoro, 2004).

En los rumiantes, las cuatro caseínas (α_{S1} , α_{S2} , β y k) representan aproximadamente el 80% de las proteínas de la leche. Se caracterizan por propiedades específicas, tales como una baja solubilidad a pH 4,6 y una organización en grupos de cadenas de proteínas, llamadas micelas, dentro de una suspensión coloidal. La organización de las micelas y la estructura de las caseínas, desempeñan un papel importante en la capacidad de la leche para transformarse en cualquier producto lácteo. Además, tres (α_{S1} , α_{S2} y β) de las cuatro caseínas son sensibles a la precipitación de calcio (Cosenza *et al.*, 2004; Delage *et al.*, 2008). Dependiendo de la composición de la fracción de caseínas, es posible encontrar diferencias en el tamaño de las micelas, debido principalmente a la composición aminoacídica y al distinto grado de fosforilación (glicolisación en el caso de k -caseína),

generando variaciones en cargas eléctricas, pesos moleculares y grado de hidrofobicidad, los que pueden causar cambios en las propiedades físicas y químicas (Coronado *et al.*, 2004) y como consecuencia en los quesos (Clark y Sherbon, 2000a; Delacroix-Buchet *et al.*, 1996; Remeuf, 1993).

El 20% de las proteínas restantes corresponde a las proteínas del suero conformadas por lactoalbúmina, lactoglobulinas e inmunoglobulinas, las que son consideradas de alto valor biológico por su composición amoniocídica, siendo las inmunoglobulinas, las que están relacionadas con la resistencia a las enfermedades de los recién nacidos (Díaz, 2006).

La raza y otros factores, como el período de lactancia y medio ambiente (Morales, 1999) determinan el contenido promedio de proteína de la leche de cabra ($28,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) siendo ligeramente inferior al de la leche de vaca ($31,1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$). En el Cuadro 1, se pueden observar las diferencias porcentuales de los cuatro tipos de caseína, dadas en este caso por la especie.

Cuadro 1. Composición leche de cabra caprina y bovina.

Caseína	Leche caprina (%)	Leche bovina (%)
α_{s1}	5	35
α_{s2}	25	10
β	50	40
k	20	20

Fuente: Coronado *et al.* (2004).

La leche de cabra posee un menor contenido de caseínas en comparación con la leche de vaca (75% *versus* 78% de la fracción nitrogenada) lo que resulta en un menor rendimiento quesero afectando las características texturales y reológicas de éste. La leche de cabra produce una cuajada más frágil que la leche de vaca (Park, 2007).

El conocimiento de la composición de caseínas en variadas especies es importante porque la composición de caseínas afecta el tamaño y estructura de la micela, la acción de las enzimas proteolíticas y el procesamiento diario de la leche en la industria (Beni *et al.*, 2003).

En Chile, Ibáñez (2009) realizó una comparación de la fracción de caseínas lácteas caprinas de las razas Saanen y Anglo Nubian con la cabra Criolla chilena, mediante RP-HPLC y SDS-PAGE en la localidad de Cerrillos de Tamaya, IV Región de Coquimbo. Este estudio se realizó utilizando sólo 5 individuos por raza. Los resultados obtenidos sugirieron que los individuos criollos chilenos presentan una baja potencialidad para elaborar quesos y una alta potencialidad para la producción de leches hipoalergénicas debido a su bajo contenido relativo de α_{s1} - caseína.

El presente estudio complementa los resultados obtenidos por Ibáñez (2009) utilizando 30 individuos como muestra. Según el análisis de las características químicas de la leche y su composición proteica se busca elaborar un perfil caseínico de la cabra Criolla, como base

de utilidad para la elaboración de posteriores estudios, que permitan definir y establecer su mejor potencial.

Objetivo General

- Caracterizar la leche de individuos de cabra Criolla chilena de la cuarta región de Coquimbo.

Objetivos específicos

- Caracterizar la composición de la leche de cabra, mediante correlaciones entre variables químicas de la leche. Comparar los resultados obtenidos con lo reportado por otros autores.
- Determinar la heterogeneidad interindividual existente en el perfil de caseínas en la cabra Criolla chilena mediante la identificación y cuantificación por SDS-PAGE.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

La obtención de muestras de leche de cabra Criolla chilena se realizó en la cuarta Región de Coquimbo. El desarrollo de la parte experimental de esta investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Química y de Lácteos del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas; y en el Laboratorio de Biología Supramolecular del Programa de Biología Celular y Molecular de la Facultad de Medicina, todos pertenecientes a la Universidad de Chile.

Materiales

Se obtuvieron las muestras de leche de un total de 30 individuos de cabra Criolla chilena, proveniente de dos predios (15 cabras por plantel): Campo Lindo, con coordenadas geográficas (30° 42' 17,58"S, 71° 20' 55,88"O; 215,6 msnm) y La Finca, con coordenadas geográficas (30° 42' 57,74"S, 71° 18' 2,27"O; 220,3 msnm) ubicados en la cuarta Región de Coquimbo, durante el mes de noviembre del año 2010.

Los individuos se encontraban entre 4 a 5 años de edad, en su semana 12 de lactancia. La recolección de muestras se realizó entre las 7:30 y 8:00 horas, a través de ordeña manual. Las muestras se almacenaron en envases plásticos de 400 mL y se congelaron hasta la realización de los análisis.

Metodología

Diseño de experimentos

El ensayo se realizó con un diseño completamente aleatorizado, con un total de 30 muestras, que constan de 15 muestras por cada localidad (Campo Lindo y La Finca) ubicadas en la cuarta Región de Coquimbo. La unidad experimental corresponde a la muestra de leche de 250 mL.

Procedimiento

La toma de muestras se realizó en los predios Campo Lindo y La Finca, a 12 Km al sur de Ovalle. Como se describió anteriormente la recolección de muestras se realizó en horas de la mañana, a través de ordeña manual a 15 cabras en cada predio, obteniendo un total de 30 muestras. La leche se almacenó en envases de plástico de 400 mL, se congeló y luego se trasladó en frío en un contenedor a 4°C hasta Santiago. En Santiago, las muestras se mantuvieron congeladas hasta la noche previa a la realización de los análisis de densidad, pH, acidez total, sólidos totales, proteínas y extracción de caseínas. Una vez realizada la extracción de caseínas, las muestras fueron congeladas a -20°C para la realización de los análisis de electroforesis.

Variables a medir

Análisis físicos y químicos de muestras de leche

Todas las muestras de leche se sometieron a análisis físicos y químicos. Se determinaron sólidos totales (AOAC, 2007), materia grasa (INN, 1998a), proteína total expresada en %m/m BSA (Bradford, 1976), acidez total (INN, 1998b), pH (INN, 1979a) y densidad (INN, 1979b).

Extracción de caseínas

La extracción de caseínas de las muestras de leche se realizó de acuerdo al método descrito por Veloso *et al.* (2002) con algunas modificaciones (Ibáñez, 2009). Este método se basa en el punto isoeléctrico de la caseína, que frente a la adición de ácido acético a la leche, precipita a un pH de 4,6. El producto obtenido es un precipitado de caseína, el que se sometió dos veces a un lavado con acetona y se secó a temperatura ambiente durante 12 horas. Luego, las muestras de caseínas se almacenaron durante otras 12 horas en un desecador, para finalmente almacenar las caseínas a -20°C para su posterior análisis.

Perfiles electroforéticos de caseínas

Las caseínas fueron analizadas mediante electroforesis en geles de poliacrilamida-SDS (SDS-PAGE) de acuerdo al método descrito por Laemmli (1970) y Weber y Osborn (1975). El gel está compuesto por dos tipos: un gel de concentración a pH 6,8 (T=5%; C=2,43%) y un gel de separación a pH 9 (T=14%; C=2,43%), cuyas dimensiones fueron de 18x16 cm. Se utilizó una cámara Hoefer SE 600 Series, junto a una fuente de poder HBI 3000

Microprocessor. Cada carril fue cargado con 36 μL de muestra, equivalente a 45 μg de proteínas. Las densitometrias de bandas de proteínas fueron realizadas mediante un sistema procesador de imágenes (ImageJ 1.41, National Institute of Health, EE.UU.) y la integración de áreas calculada mediante Excel 2007 (Microsoft, EE.UU.), utilizando el método trapezoidal (Liengme, 2008).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron evaluados a través de estadística descriptiva y correlaciones. Se realizó además un análisis multivariante (discriminante y de componentes principales). Todos los resultados se analizaron estadísticamente mediante el programa estadístico MINITAB 15 (Minitab Inc., EE.UU.)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características químicas

En el Cuadro 2 se presentan las características químicas de ambas localidades y del promedio de ambas.

Cuadro 2. Características químicas de cabra Criolla chilena en Campo Lindo y La Finca.

Localidad	Densidad (g•mL ⁻¹)	Acidez (GA)	pH	Sólidos totales (% m/m)	Materia grasa (% m/m)	Proteína total (% m/m)
Campo Lindo	1,032 (0,002)	17,20 (2,5)	6,68 (0,07)	13,55 (1,02)	2,58 (0,79)	4,32 (1,24)
La Finca	1,030 (0,002)	20,30 (3,30)	6,69 (0,09)	12,61 (1,08)	2,29 (0,59)	4,89 (0,71)
Campo Lindo y La Finca	1,031 (0,002)	18,74 (3,33)	6,68 (0,08)	13,07 (1,13)	2,43 (0,69)	4,61 (1,04)

Los valores entre paréntesis corresponden a la Desviación Estándar.

GA: Acidez titulable expresada como grados de acidez (mL NaOH 0,1 N/100 mL muestra)

Densidad

En el Cuadro 2 se observan los promedios de densidad encontrados en las localidades estudiadas, los que coinciden con los resultados reportados por Cortés (1993) en la Provincia de Ñuble, VIII Región, con un promedio de 1,034 g•mL⁻¹.

French (1970) indica que la densidad normal de la leche de cabra, se encuentra entre 1,026 y 1,042 g•mL⁻¹. En relación a otras razas se encontraron valores promedio de 1,036 g•mL⁻¹ para la raza Alpina Francesa (Alberti *et al.*, 2007) y de 1,030 g•mL⁻¹ y 1,034 g•mL⁻¹ para la raza Saanen (Alberti *et al.*, 2007; Brito *et al.*, 1992).

Según el Artículo N°203 del Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 1996) la densidad de la leche se encuentra en un rango de 1,028 a 1,034 g•mL⁻¹ a 20°C. Los valores obtenidos se encuentran dentro de este rango y reflejan la calidad de la leche, en relación al contenido de agua, materia grasa y minerales. La calidad de la leche de cabra se puede definir como el potencial de la leche para tolerar el tratamiento tecnológico y convertirse en un producto que satisfaga las expectativas de los consumidores, en términos de salud, valor

nutricional, la seguridad (higiene) y organolépticos (atributos sensoriales) (Ribeiro y Ribeiro, 2010).

Acidez

Mediante el estudio de este parámetro, se puede determinar la calidad higiénica de la leche, detectándose por el aumento de la acidez una baja calidad. La calidad higiénica dice relación con la sanidad de la glándula mamaria y con las Unidades Formadoras de Colonias, que dependen del grado de higiene del proceso de ordeña. La calidad higiénica es el aspecto de mayor relevancia, por cuanto permite mantener las cualidades originales de la leche, tanto organolépticas como fisico-químicas. Ello es decisivo al momento de procesarla, pues no existe ningún proceso tecnológico que pueda mejorar su calidad. Si se desea elaborar productos derivados de la leche, sus cualidades al momento de procesarla deben ser óptimas (Hazard, 2006).

A nivel nacional, para leche de cabra de raza Saanen, se obtuvo un promedio de 17,35 GA (Brito *et al.*, 1992).

Según lo definido por el MINSAL (1996) la acidez de la leche debe estar en un rango de 12 a 21 GA. El valor promedio obtenido en este estudio fue de 18,74 GA, esto indica que la leche se encontraba en condiciones óptimas de calidad, a pesar de la ordeña rústica y artesanal que se realizaba en ambos predios.

pH

El pH es un indicador de calidad de la leche, su variación depende de la acción de bacterias lácticas sobre la misma. El MINSAL (1996) define un rango de pH de 6,60 a 6,80 dentro de las características de la leche.

En el presente estudio se obtuvo un promedio de pH de 6,68; este valor es similar al encontrado por Cortés (1993), en un estudio realizado en la Provincia de Ñuble, VIII Región en donde el promedio obtenido corresponde a 6,63. A nivel internacional se encontraron valores promedio de 6,44 en cabras de raza Alpino Francesa y de 6,36 en cabras de raza Saanen (Alberti *et al.*, 2007), además Fiechter y Mayer (2012) encontraron un valor de 6,59; en un estudio realizado a leche de cabra en Austria.

Otros autores como Jenness (1980) indican que la densidad se encuentra en un rango de 6,65 y 6,71, lo que concuerda con lo definido por Walstra y Jenness (1984 citado por Alarcón, 2007) que informan un rango entre 6,50 y 6,60. Además, French (1970) informa que el pH en la leche de cabra oscila entre 6,30 a 6,70 con un promedio de 6,53 confirmando que el valor obtenido en el presente estudio se encuentra dentro de los rangos previamente estudiados.

Sólidos totales

Se obtuvo un valor de 13,07% como promedio de sólidos totales en la totalidad de los individuos; este valor se encuentra dentro del rango de 12,20 a 15,28%, basados en la recopilación dada por Jenness (1980).

Los valores obtenidos también concuerdan con los resultados de Egaña *et al.* (1986) en un estudio realizado a hembras de cabra Criolla, preñadas de primer parto, de un año de edad, en la Región Metropolitana. El promedio general para sólidos totales, fue de 13,93%, con un máximo valor encontrado de 17,19% y un mínimo de 10,30%. Contreras *et al.* (2001) informan que el contenido de sólidos totales para leches de esta raza, en la localidad de los Vilos (IV Región de Coquimbo), puede fluctuar entre un 12,04% a un 17,01%, dado por la alta variabilidad genética que posee.

En relación a otras razas, Alberti *et al.* (2007) encontraron valores promedio de 12,64% para la raza Alpino Francesa y de 11,63% para leches de la raza Saanen.

Ibáñez (2009) en un estudio de cabra Criolla en tres localidades de Chile, obtuvo un valor promedio de sólidos totales de un 11,99%. En el mismo estudio no se encontraron diferencias significativas en cuanto al contenido de sólidos totales en las diferentes localidades.

Materia grasa

La materia grasa es uno de los componentes más importantes en las cualidades nutricionales y tecnológicas de la leche de cabra. Los lípidos están involucrados en el rendimiento del queso (por kilogramo de leche) y firmeza así como en las cualidades organolépticas de sus productos (Chilliard *et al.*, 2006).

A nivel internacional en un estudio realizado en Austria el promedio de materia grasa fue de 3,4% (Fiechter y Mayer, 2012). Chilliard *et al.* (2008) encontraron valores de 3,5 y 3,6% en leche de cabra en Francia e Inglaterra. En México se encontraron valores promedio de 3,96% y de 3,5% para las razas Alpino Francesa y Saanen respectivamente (Alberti *et al.*, 2007).

En una recopilación realizada por Hanelein *et al.* (2007) se obtuvo un valor de 3,8% de materia grasa en leche de cabra.

En Chile, en un estudio realizado por Egaña *et al.* (1986) el promedio de materia grasa fue de 3,98%, similar al resultado obtenido por Ibáñez (2009) para la raza Criolla chilena, dónde se obtuvo un promedio de materia grasa de un 3,12%.

El contenido de grasa es cuantitativa y cualitativamente el componente más variable de la leche, dependiendo de la etapa de lactancia, temporada, raza, genotipo y alimentación.

(Chilliard *et al.*, 2008). Con respecto a lo señalado anteriormente el presente estudio se realizó en la Cuarta Región de Coquimbo, en dónde se obtuvo un promedio de 2,43% inferior a lo presentado por otros autores. Cabe destacar que la base de alimentación de la cabra Criolla chilena, es pradera natural, sin suplementos alimenticios adicionales, lo que explicaría el bajo porcentaje de materia grasa de la leche.

Proteína total

El conocimiento del porcentaje de proteínas en la leche tiene gran importancia para las queserías. La cantidad de queso obtenido por la elaboración de la leche está en relación directa con el porcentaje de proteínas contenidas en ella, ya que las caseínas son las proteínas más importantes de la leche (Pinto y Houbraken, 1976).

Según Haenlein *et al.* (2006) el contenido promedio de proteína en la leche de cabra corresponde a un 4,60%, este valor coincide con el porcentaje obtenido como promedio en este estudio. También concuerda estrechamente con lo estudiado por Egaña *et al.* (1986), en dónde el valor promedio general del contenido de proteína fue de 4,98% con un valor mínimo de 3,66% y un máximo de 6,19%.

En la recopilación realizada por Haenlein *et al.* (2007) se reporta un valor de 3,4%. Además se han realizado estudios en leche de la raza Saanen en Francia e Inglaterra obteniéndose valores de proteína de 3,20% y 2,61% respectivamente (Chilliard *et al.*, 2008). También se han encontrado promedios de 3,27% para la raza Alpino Francesa y de 3,0% para la raza Saanen (Alberti *et al.*, 2007).

En general el promedio de proteína total obtenido, se encuentra dentro del rango reportado por otros autores para leches caprinas. Cabe destacar que Ibañez (2009) en un estudio realizado con leche de cabra Criolla, reporto un promedio de 3,44%, inferior al 4,61% obtenido en el presente trabajo.

En general se estima que la presencia de variaciones en los valores encontrados por los diversos autores se deben, entre otras razones, a la gran diversidad de razas existentes unido a la variedad que se presentan entre ellas, fenómeno habitual en la especie caprina fruto de su enorme capacidad adaptativa a los diferentes ambientes (Ferrando y Boza, 1990).

Correlaciones entre variables de componentes químicos de la leche

Entre las correlaciones presentadas en el Cuadro 3, destaca materia grasa y sólidos totales. En promedio el coeficiente de correlación es 0,510, lo que indica que ambas variables están correlacionadas. Fuller (1983) reportó que el mayor grado de asociación entre los componentes de la leche, se encontró entre los porcentajes de sólidos totales y materia grasa, con un valor de 0,94. También concluyó que de los parámetros estudiados, la materia grasa es el componente que presenta las mayores variaciones, y es la principal fuente de variación en el porcentaje de sólidos totales.

Cuadro 3. Correlaciones de la localidad de La Finca, Campo Lindo y el promedio de ambas, entre correlaciones sólidos totales-proteína total, sólidos totales-materia grasa, materia grasa-proteína total, proteína total-proteína soluble a pH 4,6, caseína-proteína soluble a pH 4,6 y caseína-proteína total.

Variables	Correlaciones		
	La Finca	Campo Lindo	L. Finca y C. Lindo
Materia grasa - proteína total	0,122 (0,666)	0,101 (0,719)	0,041 (0,831)
Sólidos totales - proteína total	0,109 (0,698)	0,387 (0,154)	0,047 (0,804)
Sólidos totales - materia grasa	0,245 (0,380)	0,672 (0,006)	0,510 (0,004)
Proteína total - proteína soluble a pH 4,6	0,403 (0,137)	-0,059 (0,835)	0,141 (0,456)
Caseína - proteína soluble a pH 4,6	0,123 (0,661)	-0,575 (0,025)	-0,448 (0,013)
Caseína - proteína total	0,958 (0,00)	0,851 (0,00)	0,822 (0,00)

Los valores entre paréntesis corresponden a la Desviación Estándar.

En La Finca, el coeficiente de correlación fue de 0,245 a diferencia de Campo Lindo en donde fue de 0,672. Ambos predios presentaban características similares en cuanto a medio ambiente, edad de los individuos y alimentación, por lo tanto esta diferencia sólo podría explicarse por un componente de tipo racial.

En un estudio realizado por González (1991) en cabras mestizas Saanen, al correlacionar ambas variables se obtuvo un coeficiente de correlación alto de 0,834. Con estos resultados se permite estimar que al aumentar el contenido de materia grasa, aumenta el contenido de sólidos totales, lo que no estaría remitido solamente a una raza en específico.

También resulta relevante la correlación entre caseína y proteína total, en promedio el coeficiente de correlación fue de 0,822, lo que indica que ambas variables están altamente correlacionadas. Cabe destacar que las caseínas componen aproximadamente el 80% de la proteína total. Para la leche de cabra, el contenido de proteína, depende de polimorfismo genético α_{s1} -caseína (Chilliard *et al.*, 2008), lo que explica el alto grado de asociación entre ambos componentes.

En relación a materia grasa y proteína total, en promedio el coeficiente de correlación fue de 0,041, según este valor ambas variables no están correlacionadas, lo que no concuerda por lo indicado por Fuller (1983) quien concluyó que existía un alto grado de asociación (0,81) entre materia grasa y proteína. Alvarado *et al.* (2006) también encontraron una alta correlación (0,58) entre ambas variables, en un estudio realizado en cabras mestizas Canarias.

Las variaciones en las diferentes razas se deben a las características genéticas que cada raza posee, influenciada conjuntamente por los factores propios de cada localidad, sean estos: clima, manejo, entre otros. En forma muy general se puede señalar que los contenidos de grasa y proteínas son los más variables como consecuencia de la raza (González, 1991).

Entre las correlaciones menos relevantes, se encuentra la correlación sólidos totales-proteína total, en promedio el coeficiente de correlación fue de 0,047, lo que indica que las variables no están correlacionadas. Según datos obtenidos por Egaña *et al.* (1986) el análisis comparativo de los datos obtenidos indican una correlación positiva y significativa entre sólidos totales *versus* proteínas. Según Fuller (1983) hubo un alto grado asociación entre sólidos totales y proteína total, que corresponde a 0,87.

En relación a caseína y proteína soluble a pH 4,6, en promedio el coeficiente de correlación fue de -0,448. Este valor indica que ambas variables no están correlacionadas, y además de presentar una correlación negativa. Las caseínas representan aproximadamente el 80% de las proteínas y se asocian más bien al rendimiento quesero, en cambio las proteínas del suero han sido estudiadas por su relación con las propiedades antialérgicas de la leche de cabra y representan aproximadamente el 20% de las proteínas (Arbiza y De Lucas, 2001).

Las variables también pueden estar correlacionadas, pero negativamente como es el caso de caseína y proteína soluble a pH 4,6, ya que al existir un mayor contenido de caseína, tendremos un menor contenido de proteína soluble a pH 4,6, que se compone de proteína del suero y caseína disuelta. En general, la leche de cabra contiene una cantidad algo menor de caseínas por lo que su proporción de proteínas de suero es más alta (Park *et al.*, 2006).

Análisis discriminante y de componentes principales

En la Figura 1 se presenta el análisis de componentes principales, donde se pueden visualizar las variables en una menor cantidad de dimensiones, lo que permite explicar gráficamente las correlaciones anteriormente presentadas. Los componentes son combinaciones lineales de las variables originales y se espera que, solo unas pocas (las primeras) recojan la mayor parte de la variabilidad de los datos, obteniéndose una reducción de la dimensión en los mismos (Vicente, 2005). En dicho análisis es posible observar que la primera componente principal explica el 21,1% de la varianza total y la segunda el 18,3% de la misma.

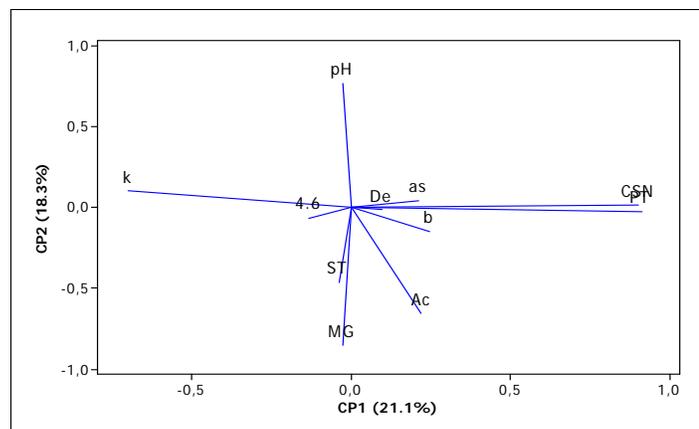


Figura 1. Análisis de componentes principales (CSN: caseína, PT: proteína total, 4,6: proteína soluble a pH 4,6, MG: materia grasa, ST: sólidos totales, Ac: acidez, De: densidad, as: α_s -caseína total, b: β -caseína y k: k -caseína).

Tal como se aprecia en la Figura 1, las variables proteína total y caseína presentan una alta correlación entre sí, al igual que sólidos totales y materia grasa entre ellas. La cantidad de proteína y materia grasa es variable en las diferentes razas caprinas y son genéticamente controladas especialmente por el locus de α_{s1} -caseína que exhibe un alto grado de polimorfismo (Agüera *et al.*, 2004). El genotipo en el locus de α_{s1} -caseína influye en el rendimiento de proteína de leche y su composición (Avondo *et al.*, 2011).

No obstante resulta lógica la relación existente entre proteína total y caseína, al igual que α_s -caseína total y β -caseína, llama la atención que para k -caseína no se observe el mismo comportamiento. El contenido de caseína y de proteína total se correlaciona también con el porcentaje de α_s -caseína total y β -caseína (Agüera *et al.*, 2004).

Como era de esperar las variables pH y acidez total se presentan con valores opuestos en el análisis de componentes principales realizado. En relación a esto Alvarado *et al.* (2006) también encontraron una correlación negativa entre ambas variables.

En la Figura 2 se presenta un análisis multivariante de tipo discriminante, en que la variable cualitativa utilizada corresponde a la localidad (Campo Lindo y La Finca) y las variables cuantitativas corresponden a pH, acidez total, densidad, sólidos totales, materia grasa, proteína total, caseína, α_s -caseína total, β -caseína y k -caseína. La primera función discriminante explicó el 21,1% y la segunda función discriminante el 18,3% de la varianza total, respectivamente.

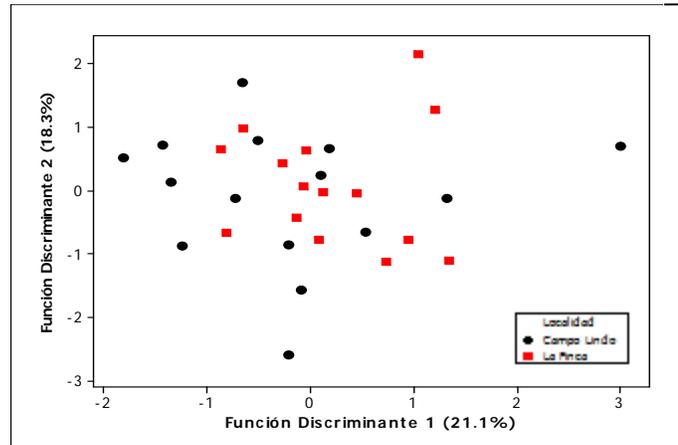


Figura 2. Análisis discriminante. Se observa la distribución de los individuos mediante un diagrama de dispersión.

Como es posible observar en la Figura 2, existe una alta dispersión de las muestras en relación a su centroide no pudiendo agruparse las mismas de acuerdo a su origen geográfico para las variables utilizadas en este estudio. De este modo las muestras de ambas zonas geográficas no presentan diferencias que permiten agruparlas. Cabe destacar que los individuos muestreados se encontraban bajo condiciones similares, en cuanto a edad, época de lactancia, manejo (de carácter rústico), condiciones medioambientales (clima semiárido) y alimentación (pradera natural), por lo que resulta lógico la inexistencia de grupos definidos.

Análisis de caseínas por SDS-PAGE

En el Cuadro 4 se presentan los porcentajes promedio de ambas localidades, estimados cualitativamente.

Cuadro 4. Porcentajes de caseína de Campo Lindo y La Finca.

Localidad	α_s -CSN total	β -CSN	k -CSN
Campo Lindo	44,4 (11,7)	45,7 (7,8)	9,6 (6,4)
La Finca	43,4 (6,7)	48,7 (5,7)	8,3 (4,5)

El valor de α_s -caseína total, corresponde a la suma de α_{s1} -caseína más α_{s2} -caseína. Los valores entre paréntesis corresponden a la Desviación Estándar.

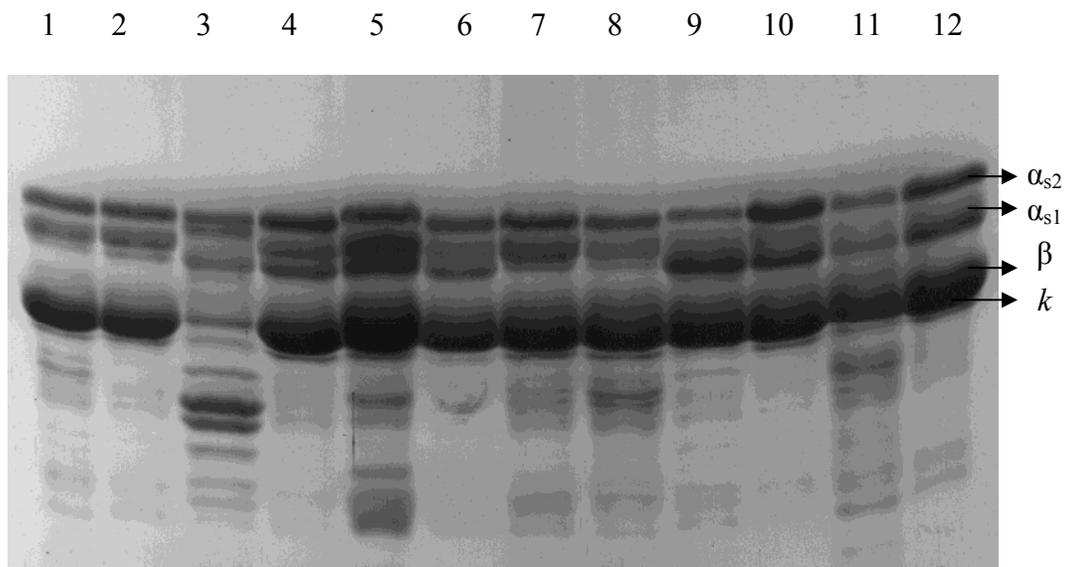


Figura 3. Perfil de caseínas analizadas por SDS-PAGE. Carril 1, 2, 3, 4, 5, 6 Caprinos Campo Lindo; 7, 8, 9, 10, 11, 12 Caprinos La Finca.

α_s -caseína total

En ambas localidades el porcentaje de α_s -caseína es similar. En el caso de Campo Lindo el porcentaje corresponde a un 44,4% y en La Finca a un 48,7%. Beni *et al.* (2003) en su recopilación encontraron un 18,6% de α_s -caseína, en leches de cabra.

Varios estudios han indicado un alto nivel de polimorfismo en el gen de la caseína en el ganado caprino. Se han identificado ocho alelos (A, B1, B2, B3 y B4, C, H y L) que están asociados con un alto nivel de α_{s1} -caseína ($3,5 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ por alelo), dos (E e I) con un nivel

medio (1,1 y 1,7 g•mL⁻¹) y dos (F y G) con un bajo nivel (0,45 g•mL⁻¹). El O₁ y O₂ son alelos nulos y producen α_{s1} -caseína. En la Figura 3 se pueden apreciar diferencias en el contenido de α_{s1} -caseína. En el caso de los individuos 1, 2, 7 y 8, se observan dos bandas de α_{s1} -caseína, la primera de mayor tamaño que la segunda, pudiendo ambas representar dos variantes genéticas. Los individuos 4, 5 y 6, presentan dos bandas de α_{s1} -caseína, del mismo tamaño, lo que también indicaría la existencia de dos variantes genéticas. Entre las muestras de leche de ambas localidades se encontraron individuos de características similares entre sí, no obstante la leche de cabra Criolla se caracteriza por una alta variabilidad genética.

El polimorfismo de α_{s1} -caseína se correlaciona con la composición de la leche y algunas de sus propiedades tecnológicas como por ejemplo, la tasa de coagulación, el tamaño medio micelar, la lipólisis, la proporción de ácidos grasos en la leche, sólidos totales, la recuperación de grasa y el rendimiento bruto en la producción de queso así como en el sabor de estos (Agüera *et al.*, 2004).

En la α_{s2} -caseína, siete alelos se han observado, con tres niveles de síntesis diferentes: A, B, C, E y F, asociados con un contenido normal de α_{s2} -caseína (2,5 g•mL⁻¹ aproximadamente); D, alelo asociado con una reducida cantidad de α_{s2} -caseína y el alelo O, asociado con una cantidad no detectable de caseína y que influye significativamente en la composición de proteínas de la leche (Bordonaro *et al.*, 2004). En la Figura 3, se pueden observar las diferencias existentes entre los individuos, en relación a las variantes genéticas de α_{s2} -caseína. En la localidad de Campo Lindo se puede asociar a los individuos en tres grupos, según las características de la banda de α_{s2} -caseína, en cuanto al tamaño e intensidad del color de ésta. Los individuos 1, 2 y 6, presentan características similares con una variante genética, y una menor cantidad de α_{s2} -caseína, en relación a los individuos 4 y 5. Destaca el caso del individuo 3, que presenta dos variantes genéticas de α_{s2} -caseína. En la localidad La Finca, los individuos 9 y 11 son los que tendrían un menor contenido de α_{s2} -caseína, en relación a los individuos 7 y 8. Los individuos 10 y 12 presentan un alto contenido aparente de α_{s2} -caseína, por encima del resto y similar a los individuos 4 y 5 de Campo Lindo.

En un estudio realizado por Anifantakis *et al.* (2003) se encontraron promedios de α_s -caseína en leche caprina de 26% y de 29,3% en Francia y Portugal respectivamente. En la misma época de lactancia de cabras Criollas, en un estudio realizado por Ibáñez (2009) se encontró un promedio de α_s -caseína de 37,26% inferior al obtenido en este estudio. Esto se podría explicar por las condiciones genéticas y ambientales del grupo animal de esta raza en estudio.

β –caseína total

La β –caseína, es cuantitativamente la que se encuentra en mayor cantidad, dentro de las caseínas (Jenness, 1980). Tal como se observa en la Figura 2, la β –caseína, representa el mayor porcentaje de caseína presentes en la totalidad de los individuos. El valor promedio encontrado en Campo Lindo fue de 45,7%, y en La Finca de 48,7%.

En el individuo 3 de la Figura 3, no se observa claramente la banda de β -caseína, esto podría estar dado por la acción de la enzima plasmina, hidrolizando la caseína. La plasmina es la principal enzima proteolítica en la leche cruda y se asocia con micelas de caseína (Somma *et al.*, 2008), siendo parte de un complejo proteasa \pm proteasa, sistema inhibidor de la leche, que consiste de: plasmina, su forma inactiva el plasminógeno, el activador del plasminógeno (AP) que convierte el plasminógeno en plasmina y la plasmina inhibidor, que inhibe la actividad de la plasmina (Fuquay *et al.*, 2011). La plasmina en la leche es secretada principalmente en su forma inactiva plasminógeno y debe ser activado a plasmina por AP (activador del plasminógeno) antes que la plasmina pueda descomponer las proteínas de la leche. Tanto la plasmina y plasminógeno están asociados con las micelas de caseína en la leche fresca (Fuquay *et al.*, 2011). El nivel de la plasmina en la leche recién extraída es insignificante, pero aumenta debido a la activación del plasminógeno durante el almacenamiento de leche. El aumento de la actividad enzimática es dado también, por la etapa de lactancia (con un nivel superior al final de la lactancia) la gravedad de la infección por mastitis y el número de la lactancia (Somma *et al.*, 2008; Fuquay *et al.*, 2011). Las caseínas más susceptibles a la acción de plasmina son α_{s2} y β -caseína. La acción sobre β -caseína, inicialmente conduce a fracciones de caseína y varias peptonas de proteasa (Trujillo *et al.*, 1997).

En la industria láctea, un mayor nivel de actividad de la plasmina es perjudicial para la calidad de la leche debido a la disminución constante de la caseína causada por fenómenos proteolíticos, afectando el sabor y textura de los productos lácteos (Somma *et al.*, 2008; Fuquay *et al.*, 2011).

Los valores de β -caseína obtenidos son inferiores al 50,19% promedio encontrado por Ibáñez (2009) y a lo recopilado por Beni *et al.* (2003) que corresponde a un 56,25% como promedio, Anifantakis *et al.* (2003) reportan promedios de 59,55% y 57,50% en Francia y Portugal respectivamente, en leches caprinas.

Estudios han sugerido que la β -caseína podría ser esencial para el endurecimiento de la cuajada. Por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de α_s -caseína y β -caseína alterarían las propiedades de la leche y el queso (St-Gelais *et al.*, 2005).

k -caseína total

En la Figura 2, se observa que la banda de k -caseína, es la que presenta menor tamaño, por lo tanto se encuentra en menor cantidad en la leche. Existe una alta variabilidad entre los individuos muestreados en cuanto al contenido de k -caseína, lo que se puede observar en la diferencia de tonalidad de cada banda, siendo los individuos 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10 y 12 los que presentan un mayor contenido de k -caseína, en comparación a los individuos 6, 9 y 11 con un menor contenido de dicha proteína. El mayor o menor contenido de k -caseína fue independiente a la localidad estudiada.

Scheepers *et al.* (2010) indican que aunque la kappa caseína es la menos abundante de los tres grupos principales de caseínas presentes en la leche de los rumiantes, podría tener influencia en cuanto a la asociación entre las variantes genéticas específicas de caseína que mejorarían las propiedades y procesamiento de la leche.

Se encontró un promedio de 12,55% en un estudio de características similares realizado por Ibáñez (2009), un 13,65% por Beni *et al.* (2003) y valores de 14,45% en Francia y 13,20% en Portugal, resultados reportados por Anifantakis *et al.* (2003). Todos estos valores fueron superiores al 8,95% promedio resultante de este estudio.

Los resultados presentados en este estudio, fueron obtenidos a través el método SDS-PAGE, que entrega información cualitativa, en comparación a los resultados obtenidos por HPLC (cromatografía líquida de alta resolución), que entrega información cuantitativa. Ibáñez (2009) correlacionó los valores de α_{s1} , β y k -caseína obtenidos mediante SDS-PAGE y HPLC, resultando una alta correlación entre ellos.

Rosas (2005) concluyó que la caseína puede influir sobre la calidad de la leche y sus propiedades tecnológicas en la elaboración del queso.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se realizó la investigación se puede concluir que existe una alta heterogeneidad en el contenido de materia grasa y proteína total de la leche de los individuos utilizados en este estudio.

Las variables químicas de las muestras de las localidades Campo Lindo y La Finca, no presentan diferencias y son homogéneas, lo que se ve reflejado en el análisis discriminante.

En cuanto a los análisis de sólidos totales, proteína y materia grasa, los resultados fueron similares a lo reportado por otros autores a lo largo del país.

El contenido de materia grasa, fue inferior al reportado por otros autores a nivel nacional e internacional.

Los individuos muestreados presentan una alta heterogeneidad interindividual en relación al contenido de α_s - caseína total, β -caseína y k -caseína.

Los promedios de α_s - caseína total, β -caseína y k -caseína, coinciden con lo reportado en estudios previos, para leches de cabra Criolla en Chile, lo que genera una base de datos para estudios posteriores.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón E. 2007. Polimorfismo del gen de CSN3 caprina en un rebaño de cabras Criollas. Tesis para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, México. 59p.
- Alvarado C., M. Hahn, G. Martínez y A. Salvador. 2006. Composición de leche de cabra mestizas Canarias en condiciones tropicales. *Revista Zootecnia Tropical* 24(3):307-320.
- Alberti A., M. Coronado, G. Díaz-González, C. González, M. González, R. Gutiérrez, A. Ramírez, B. Schettino y S. Vega. 2007. Características físicas y químicas de leche de cabra de razas Alpino Francesa y Saanen en épocas de lluvia y seca. *Revista Salud Animal* 29(3): 160-166.
- Agüera P., L. Amigo, J.A. Gómez-Ruiz and B. Miralles. 2004. Quantitative determination of α_{s2} and α_{s1} casein in goat's milk with different genotypes by capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A* 1054:279-284.
- Angulo, C. y J. Montoro. 2004. El sector lácteo de Castilla – La Mancha. Control basado en el sistema ARPC. Disponible en: <http://www.jccm.es/sanidad/salud/agroalimentaria/mlacteos>. Leído el 18 de octubre del 2010.
- Anifantakis E., M. Barbosa, V. Bonnin, M. Fistakoris, G. Jaubert, I. Kandarakis, T. Massouras, F. Morgan, F. Ravasco, K. Raynal-Ljutovac and L. Roseiro. 2003. Characteristics of goatmilk collected from small and medium enterprises in Greece, Portugal and France. *Small Ruminant Research* 47:39-49.
- Anifantakis E., G. Moatsou, M. Samolada and P. Panagiotou. 2007. Casein fraction of bulk milks from different caprine breeds. *Food Chemistry* 87:75-81.
- AOAC. 2007. Official methods of analysis. 18th Edition, revision 2. Gaithersburg, Maryland, EE.UU. 6095p.
- Arbiza, S. y J. de Lucas. 2001. La leche caprina y su producción. Ediciones Mexicanos Unidos S.A., Mexico. 211p.
- Avondo M., M. Lanza, R.I. Pagano, P. Pennisi and B. Valenti. 2010. Polymorphism at α_{s1} – caseína locus. Effect of genotype×diet interaction on milk fatty acid composition in Girgentana goat. *Small Ruminant Research* 94:210-213.

Avondo M., R.I. Pagano and B. Valenti. 2011. Effect of diet at different energy levels on milk casein composition of Girgentana goats differing in α_{s1} -caseína genotype. *Small Ruminant Research* 105:135-139.

Beni F., E. Bramanti, C. Sortino, M. Onor and G. Raspi. 2003. Separation and determination of denatured α_{s1} , α_{s2} , β y k caseins by hydrophobic interaction chromatography in cows, ewes and goats' milk, milk mixtures and cheeses. *Journal of Chromatography A* 994:59-74.

Bordonaro S., G. Crimi, N. D'urso, A.M. Guastella, P. Falagiani and D. Marletta. 2004. Goat milk with different α_{s2} -casein content: analysis of allergenic potency by REAST-inhibition assay. *Small Ruminant Research* 52:19-24.

Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72:248-254.

Brito C., L. Fraser, C. Gómez, C. Molina y C. Pinto. 1992. Composición química de leche de cabra mestiza Saanen. *Revista Tierra Árida* 11:138-144.

Burrows G. 2004. Leche de cabra y derivados. *Revista Tierra Adentro*. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR32009.pdf>. Leído el 5 de marzo del 2012.

Camiruaga M. 2001. Sistemas de producción caprina en Chile. Disponible en http://www.puc.cl/sw_educ/prodanim/mamif/siii15.htm. Leído el 13 de diciembre de 2011.

Chilliard Y., C. Leroux and J. Rouel. 2006. Goat's α_{s1} -casein genotype influences its milk fatty acid composition and delta-9 desaturation ratios. *Animal Feed Science and Technology* 131:474-487.

Chilliard Y., I. Guillet, G. Lagriffoul, P. Paccard and K. Raynal-Ljutovac. 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research* 79:57-72.

Clark S. and J.W. Sherbon. 2000. α_{s1} -casein, milk composition and coagulation properties of goat milk. *Small Ruminant Research* 38(2):123-134.

Cofré P. 2001. La cabra lechera en números. *Producción de cabras lecheras*. *Boletín INIA* 66:11-22.

Contreras C., R. Meneses and A. Rojas. 2001. Razas caprinas para zonas áridas y semiáridas de Chile. *Revista Tierra Adentro* 41:41-43.

Cortés A. 1993. Caracterización de la leche de cabras Criollas y mestizas Saanen en la Provincia de Ñuble (VIII Región). Memoria de título para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agronómicas. Concepción, Chile. 69p.

Coronado M., G. Díaz, C. González, M. González, R. Gutiérrez, A. Ramírez, J. Salas y S. Vega. 2005. Leche de cabra: producción, composición y aptitud industrial. Disponible en: [http://www.alfa-editores.com/carnilac/Octubre Noviembre 05/TECNOLOGIA Leche de cabra.htm](http://www.alfa-editores.com/carnilac/Octubre%20Noviembre%2005/TECNOLOGIA%20Leche%20de%20cabra.htm). Leído el 19 de octubre del 2010.

Cosenza G, D. Di Berardino, D. Gallo, R. Illario, P. Masina, L. Ramunno and A. Rando. 2004. The goat α_{s1} -casein gene: gene structure and promoter analysis. *Gene*(334):105-111.

Delacroix-Buchet, A., C. Degas, G. Lamberet and L. Vassal. 1996. Influence des variants AA et FF de la caseine α_{s1} -caprine sur le rendement fromager et les caractéristiques sensorielles des fromages. *Le Lait* 76:217-241.

Delage M., D. Dupont, A. Johansson, J. Leonil, D. Lugand, S. Marchesseau, D. Mollé, G. Peltre and O. Rolet-Repecaud. 2008. Epitope characterization of a supramolecular protein assembly with a collection of monoclonal antibodies: The case of casein micelle. *Molecular Immunology* 46:1058-1066.

Díaz, L. 2006. Industrialización y aprovechamiento de productos y subproductos derivados de materias primas agropecuarias de la región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile. 285p.

Egaña, J., G. Ferrando, F. Iturriaga y P. Pérez. 1986. Caracterización y variaciones en la composición de la leche de cabra criolla chilena durante su primera lactancia. *Monografías de Medicina Veterinaria Universidad de Chile* 8(1):41-46.

FIA, Fundación para la Innovación Agraria. 2009. Programa para impulsar la industria de queso de cabra en Coquimbo. Disponible en: <http://www.fia.cl/Inicio/Noticias/tabid/121/View/Details/ItemId/1206/Default.aspx>. Leído el 27 de octubre de 2010.

Ferrando G. y J. Boza. 1990. Lactación de la cabra y otros factores que la regulan. Disponible en <http://www.insacan.org/racvao/anales/1990/articulos/02-1990-04.pdf>. Leído el 12 de enero del 2012.

Fletcher G. and H.K. Mayer. 2012. Physical and chemical characteristics of sheep and goat milk in Austria. *International Dairy Journal* 24:57-63.

French, M. 1970. Observaciones sobre las cabras. *Estudios agropecuarios FAO*, N°80.

Fuller J.A. 1983. Producción y composición de leche de cabras Anglo Nubian, en Valdivia. Tesis para optar al grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 50p.

Fuquay J. W., P.F. Fox and P. McSweeney . 2011. Encyclopedia of Dairy Sciences 2nd Edition Academic Press. San Diego, Estados Unidos. 4170p.

González R. 1991. Composición química de leche de cabras mestizas Saanen, minerales, lípidos y proteínas. Tesis para optar al grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 76p.

Hazard S. 2006. Composición y Calidad de la Leche. Revista Tierra Adentro. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR33262.pdf>. Leído el 10 de noviembre del 2010.

Haenlein G.F.W., M. Juárez, Y.W. Park and M. Ramos. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. Small Ruminant Research 68:88-113.

Ibañez R. 2009. Caracterización de caseínas en leche de cabra por HPLC y electroforesis en distintas razas, diferentes períodos de lactancia y localidades de Chile. Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Producción Agroindustrial. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 139p.

INE. Instituto Nacional de Estadísticas. 2010. Encuesta de ganadería caprina. Disponible en: http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/calendario_de_publicaciones/pdf/050711/caprino_1005072011.pdf. Leído el 5 de noviembre de 2010.

INIA, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 2001. Razas caprinas para zonas áridas y semiáridas de Chile. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR27088.pdf>. Leído el 29 de octubre de 2010.

INIA, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 2001. Producción de Cabras lecheras. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR28591.pdf>. Leído el 01 de diciembre del 2011.

INN, Instituto Nacional de Normalización, Chile. 1979a. Norma Chilena Oficial NCh 1671 Of. 1979 Leche y productos lácteos – Determinación del pH. Primera Edición. Santiago, Chile. 7p.

INN, Instituto Nacional de Normalización, Chile. 1979b. Norma Chilena Oficial NCh 1672 Of. 1979 Leche y productos lácteos – Determinación de densidad. Primera Edición. Santiago, Chile. 7p.

INN, Instituto Nacional de Normalización, Chile. 1998a. Norma Chilena Oficial NCh 1016/1 Of. 1998 Leche – Determinación del contenido de materia grasa – Método de Gerber – Parte 1: Procedimiento. Segunda Edición. Santiago, Chile. 17p.

INN, Instituto Nacional de Normalización, Chile. 1998b. Norma Chilena Oficial NCh 1738 Of. 1998 Leche – Determinación de la acidez titulable. Segunda Edición. Santiago, Chile. 17p.

Iturriaga, F.J. 1984. Caracterización y variaciones en la composición de la leche de cabra criolla chilena durante su primera lactancia. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Santiago, Chile. 75p.

Jeness R. 1980. Composition and characteristics of goat milk: review 1968 – 1979. *Journal of Dairy Science* 63:1605-1630.

Laemmli U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227:680-685.

Liengme B. 2008. A guide to Microsoft Excel 2007 for scientists and engineers 4ta Ed. Academic Press. Oxford, United Kingdom. 336 p.

Manterola H. 1999. Situación actual y perspectivas de la producción de leche y quesos con rumiantes menores en Chile. *Circular de Extensión Facultad Ciencias Agronómicas* 25:43-71.

MINSAL. Ministerio de Salud de Chile. 1996. Reglamento Sanitario de los alimentos. Decreto 977. Disponible en: <http://www.sag.cl/common/asp/pagAtachadorVisualizador.asp?argCryptedData=GP1TkTXdhRJAS2Wp3v88hN6igafJwRG9&argModo=inline&argOrigen=BD&argFlagYaGrabados=&argArchivoId=1097>. Leído el 10 de marzo del 2012.

Morales M. 1999. Factores que afectan la composición de la leche. *Revista de extensión Tecnovet*. Disponible en: http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D9670%2526ISID%253D459,00.html. Leído el 28 de octubre de 2010.

Park, Y.W. and G.F.W. Haenlein. 2006. Therapeutic and hipoallergenic values of goat milk and implication of food allergy. In: PARK, Y. W. y G. F. W. HAENLEIN (Ed.). *Handbook of milk of non-bovine mammals*. Blackwell Publishing Professional. Iowa, EE.UU. 121-136p.

Park Y. W. 2007. Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68:73-87.

Pinto M. y A. Houbraken. 1976. Métodos de análisis químico de leche productos lácteos. Centro Regional de Capacitación de Lecherías de FAO. Santiago, Chile. 345p.

Raynal-ljutovac, K., G. Laigriffoul, P. Paccard, I. Guillet and Y. Chilliard. 2008. Composition of goat and sheep milk products: an update. *Small Ruminant Research* 79:57-72.

Remeuf F. 1993. Influence du polymorphisme genetique de la caseine α_{s1} caprine sur les caracteristiques physico-chimiques et technologiques du lait. *Le Lait* 73:549-557.

Ribeiro A.C. and S.D.A. Ribeiro. 2010. Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research* 89:225-233.

Rosas B. 2005. Relación entre producción de leche, su composición química y rendimiento en la elaboración de queso, en cabras lecheras. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Colima, México. 89p.

Scheepers R.C., E. Van Marle-köster and C. Visser. 2010. Genetic variation in the kappa-casein gene of South African goats. *Small Ruminant Research* 93:53-56.

Somma A., P. Ferranti, F. Addeo, R. Mauriello and L. Chianese. 2008. Peptidomic approach based on combined capillary isoelectric focusing and mass spectrometry for the characterization of the plasmin primary products from bovine and water buffalo β -casein. *Journal of Chromatography A* 1192:294-300.

St-gelais D. and S. Haché S. 2005. Effect of β -casein concentration in cheese milk on rennet coagulation properties, cheese composition and cheese ripening. *Food Research International* 38:523-531.

Trujillo A. J., B. Guamis and C. Carretero. 1997. Hydrolysis of Caprine β -casein by Plasmin. *Journal of Dairy Science* 80:2258-2263.

Veloso A., I. Teixeira and O. Ferreira. 2002. Separation and quantification of the major casein fractions by reverse-phase high performance liquid chromatography and urea-polyacrylamide gel electrophoresis: Detection of milk adulteration. *Journal of Chromatography* 967:209-218.

Vicente J. 2005. Análisis de Componentes Principales. Disponible en:<http://biplot.usal.es/DOCTORADO/3CICLO/BIENIO-04-06/ACP/ACP.pdf>. Leído el 27 de junio del 2012.

Weber, K. and M. Osborn. 1975. Proteins and sodium dodecyl sulfate: Molecular weight determination on polyacrylamide gels and related procedures. *The Proteins* 1:179-223.

APÉNDICES

Apéndice I. Cuadro 5. Componentes químicos de la leche en la totalidad de los individuos.

Muestra	Densidad (g/mL)	pH	Acidez (GA)	Sólidos totales (%m/m)	Materia grasa (%m/m)	Proteína total (%m/m)
1	1,029	6,60	21,6	11,95	2,62	4,85
2	1,032	6,70	19,5	12,16	1,24	5,89
3	1,033	6,60	23,6	14,01	2,91	5,84
4	1,034	6,57	24,3	12,40	3,21	6,00
5	1,032	6,76	16,6	13,73	2,23	4,04
6	1,034	6,80	16,8	11,34	1,44	5,87
7	1,029	6,73	18,8	11,94	1,64	4,14
8	1,031	6,65	18,8	12,72	2,03	4,56
9	1,028	6,79	15,3	11,66	2,23	4,16
10	1,029	6,65	17,8	11,46	2,23	4,46
11	1,031	6,62	25,8	11,89	2,42	5,16
12	1,028	6,77	19,8	12,36	2,62	4,78
13	1,031	6,62	25,9	13,29	2,13	4,08
14	1,031	6,79	19,0	15,22	2,13	4,64
15	1,032	6,72	21,8	13,01	3,30	5,01
16	1,033	6,65	14,4	13,47	2,62	5,02
17	1,032	6,79	15,3	14,88	2,52	7,86
18	1,033	6,62	21,0	15,64	4,63	4,26
19	1,033	6,57	19,1	14,28	3,01	3,94
20	1,032	6,66	19,0	12,82	2,32	5,27
21	1,033	6,68	19,1	13,00	2,81	4,15
22	1,030	6,55	18,6	14,13	2,20	5,43
23	1,034	6,59	21,9	14,80	3,30	4,25
24	1,035	6,78	13,4	12,93	1,44	3,40
25	1,031	6,77	14,4	13,24	2,13	2,87
26	1,033	6,66	16,9	13,85	2,32	3,34
27	1,030	6,70	16,1	12,98	3,50	3,75
28	1,032	6,75	15,4	12,66	1,74	3,06
29	1,030	6,68	16,4	12,43	2,23	3,63
30	1,029	6,76	16,4	12,09	1,98	4,52

Las muestras del número 1 al 15, corresponden a La Finca, y del número 16 al 30 a Campo Lindo.

Apéndice II. Cuadro 6. Porcentajes de caseína, proteína soluble a pH 4,6, α s-caseína, β -caseína y k -caseína en la totalidad de los individuos.

Muestra	Caseína	Proteína soluble a pH 4,6	α s-caseína	β -caseína	k -caseína
1	3,46	1,39	37,7	52,6	9,7
2	4,48	1,40	42,6	50,8	6,6
3	3,97	1,88	-	-	-
4	4,61	1,39	42,9	52,5	4,5
5	2,55	1,49	44,6	42,9	12,5
6	4,33	1,54	47,1	45,4	7,5
7	2,78	1,36	50,5	46,4	3,1
8	3,55	1,01	43,9	53,2	2,8
9	2,77	1,39	30,5	56,2	13,3
10	3,15	1,30	43,8	49,3	6,9
11	3,73	1,43	43,1	54,8	2,1
12	3,63	1,15	57,0	37,1	5,8
13	2,70	1,38	44,6	44,6	16,7
14	3,28	1,37	32,4	54,5	13,1
15	3,30	1,72	46,8	41,9	11,3
16	4,70	0,33	29,6	53,7	16,8
17	7,43	0,43	44,9	53,0	2,2
18	3,37	0,89	49,8	45,6	4,6
19	2,63	1,31	29,8	50,7	19,5
20	4,95	0,32	42,8	53,6	1,5
21	1,62	2,53	40,3	52,2	7,5
22	4,60	0,83	45,5	44,9	9,7
23	3,66	0,59	50,4	42,5	7,1
24	3,09	0,32	55,5	35,2	9,4
25	2,85	0,02	38,6	44,6	16,8
26	2,84	0,50	23,9	47,9	18,4
27	3,51	0,24	49,3	46,8	3,9
28	2,94	0,12	48,8	46,2	4,9
29	1,02	2,60	44,7	44,7	17,1
30	4,06	0,46	72,0	24,0	3,9

Las muestras del número 1 al 15, corresponden a La Finca, y del número 16 al 30 a Campo Lindo.

La muestra número 3, no pudo ser contabilizada por dificultades en la visualización de banda en la electroforesis.