



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA

**EFFECTO DE LA RAZA Y NÚMERO DE LACTANCIAS SOBRE LA COMPOSICIÓN Y
CAPACIDAD COAGULATIVA DE LA LECHE EN UN RODEO CAPRINO**

Por

Carolina VARELA

Florencia VARELA

TESIS DE GRADO presentada
como uno de los requisitos para
obtener el título de Doctor en
Ciencias Veterinarias.
Orientación: Higiene, Inspección,
Control y Tecnología de los
alimentos de origen animal y
Producción animal.

MODALIDAD: Estudio de caso

MONTEVIDEO

URUGUAY

2017

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

Lic. Marta Elichalt

Segundo miembro (Tutor):

Dr. Darío Hirigoyen

Tercer miembro:

Dra. Silvana Carro

Cuarto miembro:

Dra. Lucía Grille

Fecha:

24/07/2017

Autores:

Carolina Varela

Florencia Varela

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor, Dr. Darío Hirigoyen por darnos la oportunidad de formar parte de este proyecto, por la dedicación y el conocimiento que nos brindó y por siempre alentarnos a crecer académicamente.

A nuestra co-tutora, Dra. Lucía Grille por el apoyo incondicional, el compromiso, la ayuda y sobre todo por el tiempo invertido para llevar a cabo esta tesis.

A nuestra casa de estudios, Facultad de Veterinaria UdelaR y a la Biblioteca por la colaboración en la búsqueda de material.

A todo el personal del tambo caprino “La Rinconada”, especialmente a Alvariza y a Cecilia.

Al laboratorio COLAVECO por brindarnos la tecnología para realizar esta tesis, y especialmente a todo su grupo humano por la gran amabilidad y disposición que siempre nos mostraron. Una mención especial a la Ing. Química Marina Constantin por todo lo que aprendimos con ella y la gran disposición demostrada.

Al Ing. Agrónomo Gabriel Palou por su gentileza y apoyo.

A Eduardo y Federico por el constante apoyo y por acompañarnos siempre.

A nuestras familias y amigas por la paciencia y apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera, sin ellos esto no hubiera sido posible.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	5
LISTA DE ABREVIATURAS.....	6
RESUMEN.....	7
SUMMARY	8
1.INTRODUCCIÓN.....	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 SITUACIÓN PRODUCCIÓN CAPRINA	10
2.2 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LA LECHE CAPRINA	11
2.2.1 <i>Características de la leche caprina</i>	11
2.2.2 <i>Características de los quesos de cabra</i>	14
2.2.2.1 <i>Etapas principales en la elaboración de quesos. Factores que afectan la coagulabilidad de la leche</i>	14
2.2.2.2 <i>Propiedad coagulativa de la leche de cabra</i>	16
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL:.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	17
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
4.1 ANIMALES.....	18
4.2 METODOLOGÍA DEL MUESTREO.....	18
4.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO	18
4.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	21
5. RESULTADOS.....	22
5.1 COMPOSICIÓN, PH Y RCS DE LA LECHE DURANTE TODA LA LACTANCIA	22
5.2 COMPOSICIÓN, PH, RCS Y VARIABLES DE COAGULABILIDAD DE LA LECHE DURANTE LA ÚLTIMA ETAPA DE LA LACTANCIA	25
5.3 CORRELACIONES ENTRE PROPIEDADES DE COAGULACIÓN, COMPOSICIÓN, PH Y RCS	26
6. DISCUSIÓN.....	28
6.1 COMPOSICIÓN, PH Y RCS DE LA LECHE DURANTE TODA LA LACTANCIA SEGÚN RAZA, NÚMERO DE LACTANCIAS Y MES.....	28
6.2 COMPOSICIÓN, PH, RCS Y VARIABLES DE COAGULABILIDAD DE LA LECHE DURANTE LA ÚLTIMA ETAPA DE LA LACTANCIA Y SUS CORRELACIONES.....	30
7. CONCLUSIONES.....	33
8. BIBLIOGRAFÍA.....	34

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA I COMPOSICIÓN (%), PH Y RCS (CEL/ML) EN LECHE DE CABRA SEGÚN NÚMERO DE LACTANCIAS, DURANTE UNA LACTANCIA	22
TABLA II COMPOSICIÓN (%), PH Y RCS (CEL/ML) DE LECHE DE CABRA DURANTE UNA LACTANCIA	23
TABLA III COMPOSICIÓN (%), PH Y RCS (CEL/ML) SEGÚN RAZA EN UN RODEO CAPRINO DURANTE LA ÚLTIMA ETAPA DE LA LACTANCIA	25
TABLA IV VARIABLES DE COAGULACIÓN SEGÚN RAZA EN UN RODEO CAPRINO DURANTE LA ÚLTIMA ETAPA DE LA LACTANCIA	25
TABLA V COMPOSICIÓN (%), PH Y RCS (CEL/ML) EN LECHE DE CABRA SEGÚN NÚMERO DE LACTANCIAS, EN LA ÚLTIMA ETAPA DE LA LACTANCIA	26
TABLA VI CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES DE COAGULABILIDAD Y PORCENTAJE (%) DE MATERIA GRASA, LACTOSA Y PH DE LECHE DE CABRA.....	26
TABLA VII CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES DE COAGULABILIDAD Y PORCENTAJE (%) DE LA FRACCIÓN PROTEICA DE LA LECHE DE CABRA	27
TABLA VIII CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES DE COAGULABILIDAD Y RCS (CEL/ML) DE LECHE DE CABRA	27
FIGURA I DIAGRAMA NORMAL (COPA DE CHAMPAGNE) DEL OPTIGRAPH	20
FIGURA II COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE CABRA DE DOS RAZAS DURANTE UNA LACTANCIA (%)	24

LISTA DE ABREVIATURAS

a20 Firmeza de cuajada a los 20 minutos de adición de cuajo

a30 Firmeza de cuajada a los 30 minutos de adición de cuajo

CN Caseína

LACT. Lactosa

MG Materia grasa

NIR Espectroscopía de infrarrojo cercano

PCL Propiedad coagulativa de la leche

PT Proteína total

PV Proteína verdadera

R y *RCT* Tiempo de coagulación

RCS Recuento de células somáticas

RESUMEN

Conocer las PCL (propiedades coagulativas de la leche) permite a los productores predecir y mejorar el rendimiento y la calidad de los productos elaborados (queso), resultando en beneficios económicos. Estudiar la variación de la composición de la leche de cabra durante una lactancia, en un rodeo uruguayo, es de suma importancia y beneficioso para los productores de leche caprina. La obtención de esta información, así como la correlación que existe entre las PCL y la composición de la leche, es de gran utilidad no solo como base de datos para conocer las características de la leche de esta especie en las condiciones de cría de nuestro país, sino como información que podrá ser utilizada para mejorar la eficiencia en la producción de quesos en este sector. El objetivo de este trabajo fue estudiar en un rodeo comercial caprino las variables de capacidad coagulativa de la leche según raza y número de lactancias y su correlación con la composición de la leche. Se determinaron las diferencias en la composición entre razas, número de lactancias y meses de lactación. En relación a las variables de coagulación (tiempo de coagulación y firmeza de cuajada) se determinaron las diferencias entre raza y número de lactancias en los últimos meses de lactación. El estudio se realizó en un establecimiento caprino comercial ubicado en Pando, Canelones, Uruguay. Del total de los individuos del rodeo se seleccionaron 32 cabras primíparas y multíparas de razas Saanen y Pardo Alpina (cruzas), todas sometidas a las mismas condiciones de manejo y alimentación. Se observaron diferencias significativas entre los meses en todas las variables de composición y pH ($p < 0,0001$), las variables materia grasa ($p = 0,014$), proteína verdadera ($p = 0,038$) y caseína ($p = 0,038$), presentaron interacción entre raza y mes, y en la variable materia grasa se observaron diferencias significativas entre razas ($p < 0,0001$). En el estudio de PCL se observó que la leche de los animales cruce Saanen presenta mayor tiempo de coagulación que los cruce Pardo Alpina ($p = 0,0377$). Al analizar las correlaciones entre parámetros de coagulación y de composición, se observó que cuanto más altos fueron los valores de materia grasa menores tiempos de coagulación ($p < 0,0001$) y que a mayor porcentaje de la fracción proteica (PT, PV Y CN) fueron mayores los parámetros de firmeza de cuajada ($p < 0,0001$, $p < 0,0001$, $p < 0,0001$). Por último, se observa que a mayor RCS (recuento de células somáticas), mayores tiempos de coagulación (R) ($p < 0,0001$). Se concluyó que las variables de capacidad coagulativa mostraron diferencias entre razas y presentaron correlación con las variables de composición, pH y RCS. Por lo que el estudio de la PCL mediante Optigraph podría ser una herramienta rápida y sencilla, de utilidad en la selección de individuos de un rodeo, según el destino de la leche obtenida (leche fluida o quesos).

SUMMARY

Knowing the MCP (milk coagulation properties) allows producers to predict and improve the performance and quality of products (cheese), which results in economic benefits for goat producers. Also knowing goat's milk composition during lactation, in a Uruguayan herd is of the utmost importance and great utility for caprine milk producers. Obtaining this information, along with the correlation between the MCP and the composition of milk, creates a data base which is useful to obtain a more realistic idea of how the milk of this species behaves given our country's breeding conditions, and therefore this information will be useful to produce cheese more efficiently. The objective of this study is to evaluate in a goat herd, the coagulation variables of milk according to breed and lactation number and their correlation with milk composition. Differences in the composition, quantity and months of lactations between breeds were determined. As far as coagulation variables are concerned (coagulation time and curd firmness), differences between breeds and quantity of lactations in the last months of lactation were determined as well. The study took place in a goat farm in Pando, Canelones, Uruguay. A sample of 32 primiparous and multiparous Saanen crossbreed and Pardo Alpina crossbreed goats were selected, all of which were subject to the same handling and feeding conditions. Significant differences were observed month after month in all composition variables and pH ($p < 0,0001$), the variables fat ($p = 0,014$), true protein ($p = 0,038$) and casein ($p = 0,038$) had interaction between breeds and months, and significant differences were found between breeds regarding the fat variable ($p < 0,0001$). As to the MCP study, it was observed that the milk of Saanen crossbreeds presents a larger coagulation time than the milk of Pardo Alpina crossbreeds ($p = 0,0377$). When analyzing the correlation between coagulation and composition parameters, it was observed that the larger the fat content, the shorter the coagulation time ($p < 0,0001$) and that the larger the protein fraction percentage (PT, PV and CN), the larger the curd firmness parameters ($p < 0,0001$, $p < 0,0001$, $p < 0,0001$). Given the latter, it is observed that the larger the SCC (somatic cell count), the larger the coagulation time (R) ($p < 0,0001$). It was concluded that MCP variables varied according to the breed and had correlation with composition variables, pH and SCC. In result, Optigraph studying MCP could be of utility in the selection of individuals in a herd, depending on the purpose of the obtained milk (fluid milk or cheese).

1.INTRODUCCIÓN

En Uruguay el rubro caprino es un tipo de producción no tradicional, aunque desde hace más de una década la producción caprina se ha ido incrementando tanto en el número de establecimientos como en el número de animales. Los productores se dedican casi exclusivamente a la producción lechera y están principalmente localizados en la zona sur del país (Ciappesoni, 2006). Uruguay cuenta con un total de 404 predios caprinos, de los cuales el 60,9% se ubica en el Sur del país (MGAP, 2011). Mayormente se emplea un sistema de cría semi-extensivo, con pastoreo de praderas implantadas y suplementación en la sala de ordeño. Según lo expuesto por Barberis (2002), estos predios generalmente son de pequeña extensión (menos de 120 ha), con mano de obra familiar (Ciappesoni, 2006).

Para promover el desarrollo del sector y apoyar al productor familiar, a lo largo de los años se han impulsado diferentes planes y políticas estatales, un ejemplo de ello es el proyecto “Mas tecnologías para la producción familiar” del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), en donde se enmarca esta tesis.

Es pertinente destacar que de la producción de leche caprina nacional la mayoría se destina a la elaboración de quesos artesanales, siendo de menor importancia la comercialización de leche fluida, yogurt y otros derivados (Cruz y col., 2012). Como el queso es uno de los principales productos de elaboración y venta para este sector, es de suma importancia conocer en detalle la leche utilizada como materia prima para su elaboración. En este sentido este trabajo propone estudiar junto a las características de composición, pH y RCS (recuento de células somáticas) de la leche caprina, las propiedades de coagulación de la misma mediante una herramienta tecnológica denominada Optigraph. Estos parámetros se obtienen mediante la medición óptica basada en la región NIR (Espectroscopia de infrarrojo cercano), calculando en tiempo real todos los parámetros necesarios para el proceso del queso: tiempo de coagulación, firmeza de la cuajada, velocidad de agregación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se presenta una revisión bibliográfica a los efectos de ilustrar la producción caprina a nivel mundial, regional y nacional, así como profundizar en ciertos conceptos como la importancia de la producción y el consumo de la leche de esta especie. Se revisan aspectos nutricionales y de aptitud quesera de la leche, y como estas diferencias en la aptitud coagulable de la leche, determinan las características durante el proceso de elaboración de los quesos de cabra.

2.1 Situación producción caprina

Se estima que la población mundial de cabras, es de 909 millones de cabras, según datos de la FAO del 2010. Más del 95% de las cabras están en países en desarrollo, especialmente en los continentes Asiático y Africano (FAO, 2017), siendo China (150 millones) e India (154 millones) los países con mayor stock, seguidos por Pakistán (59 millones) y Sudán (43 millones). En la Unión Europea, Francia cuenta con alrededor de 1 millón de cabras que producen más de 500 millones de litros de leche y se destaca por la amplia gama de quesos puros de cabra que produce (Castel y col., 2010). En América Central más del 70% de los productores agrícolas poseen menos de 5ha de tierra y una gran proporción de ellos está ubicada en zonas de ladera con serios problemas de productividad. Estas circunstancias, más las restricciones de capital, limitan el mantenimiento de ganado vacuno. A su vez las cabras por su pequeño tamaño, su estrategia de alimentación y en general, por su capacidad de adaptarse a diferentes formas de manejo, pueden producir ventajosamente, y con eficiencia, bajo condiciones restrictivas para otros rumiantes. A pesar de que la explotación de cabras en América Central es tradicional en general existe muy poca información sobre este tipo de producción (Benavides y Arias, 1995).

En el caso de los países del MERCOSUR, la producción caprina representa en conjunto alrededor del 1,8% del total mundial: Brasil (9,3 millones), Argentina (4,2 millones), Chile (750 mil), Paraguay (135 mil) (FAO, 2010).

Según datos publicados en el Censo General Agropecuario del año 2011 (MGAP), en Uruguay, se registraron 6183 caprinos. La mayoría de los productores de leche caprina posee tambos de pequeña extensión (Barberis, 2002), concentrados en la zona suroeste del país (aproximadamente 16000 km²), región que posee una larga tradición lechera. Generalmente estos tambos de pequeña extensión emplean mano de obra familiar (Ciappesoni, 2006).

En cuanto a los productos derivados de los caprinos, en el mundo se obtiene el 6% de la carne total, 2% de la leche y 4% de las pieles. La mayor parte de la producción la consume el propio productor por lo que las cabras juegan un papel de

subsistencia mucho mayor que las especies bovina y ovina (Aréchiga y col., 2008). En Uruguay, la producción de leche es considerada como la principal función de los caprinos. Se emplea en su mayoría para la fabricación de quesos (70%) y yogures, siendo la carne un producto secundario. Por otro lado, la venta de animales para ser empleados en rituales de la religión Umbanda (de origen africano) es muy extendida en Uruguay y Brasil (Ciappesoni, 2006).

2.2 Importancia del estudio de la leche caprina

2.2.1 Características de la leche caprina

La leche de cabra posee características muy importantes que la hacen apropiada para niños, adultos y madres que amamantan. Posee ciertos beneficios como presentar mejor digestibilidad, alcalinidad y capacidad buffer en comparación con otras leches (Park y Chukwu, 1989; Park, 1994) y neutralización de la acidez digestiva (Chacón, 2005). Su consumo podría contribuir al descenso del colesterol plasmático (Sáyago, 2008). No se recomienda la sustitución de leche de cabra en casos de alergia a proteína de leche de vaca ya que el alérgeno alimentario (proteína) comparte una estructura o secuencia similar, lo que puede gatillar una reacción adversa (reactividad cruzada) similar a la desencadenada por la leche de vaca. Sin embargo según Park (1994) entre 40 y 100% de los pacientes alérgicos a las proteínas de la leche de vaca toleran la leche de cabra. Esto podría deberse al polimorfismo de una fracción de caseína presente en la leche de vaca cuyo nivel puede ser muy inferior o incluso ser nulo en la leche de cabra (Bevilacqua, 2000 citado por Sanz Sampelayo y col., 2006).

Desde el punto de vista fisicoquímico, la leche se caracteriza por ser una mezcla muy compleja de diferentes sustancias: caseínas, albúminas, lactosa, grasa, sales, vitaminas, etc. Todos estos componentes se distribuyen en el medio acuoso formando tres fases: emulsión que forma la materia grasa, suspensión coloidal de las caseínas y la solución verdadera (lactosa y sales minerales solubles) (Alais, 1985). Los lípidos son los componentes más importantes de la leche en términos de nutrición y características físico-sensoriales que se trasladan a los productos que con ella se elaboran (Haenlein y Wendorff, 2006). La grasa de la leche de cabra es una importante fuente de energía, brindando una unidad de grasa 2,5 veces más energía que los carbohidratos comunes (Richardson, 2004). Presenta un menor tamaño de glóbulo graso en comparación con la leche de vaca y no contiene aglutinina (proteína cuya función es agrupar los glóbulos grasos para formar estructuras de mayor tamaño), por estas razones es que los glóbulos, al ser más chicos y dispersos son atacados más fácilmente por las enzimas digestivas, incrementándose por lo tanto la velocidad de digestión (Alais, 1988; Rodden, 2004 citado por Chacón Villalobos, 2005). El perfil de ácidos grasos es diferente en ambas especies (Haggag y col., 1987). La leche de cabra tiene mayor concentración de ácidos grasos de cadena media (AGCM) dentro de la fracción de ácidos grasos saturados en comparación con la leche de vaca. Estudios realizados en Uruguay

(Grille y col., 2013), no observaron diferencias en el perfil de ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados) al compararlo con la leche bovina (Elichalt, 2016).

Las proteínas son componentes de la leche con alto interés nutritivo y tecnológico. En relación a las caseínas, se diferencian de las de la leche bovina en varios aspectos. El tamaño de las micelas de caseína es más pequeño en la leche de cabra (50 nm) en comparación con la leche de vaca (75 nm) (Alais, 1988). Maree (1978), reporta que la fracción total de caseína está compuesta en la leche de cabra por 19% α -s-1-CN, 21 % α -s-2-CN y 60% α -CN. No sólo el tamaño si no también la estructura molecular de la caseína y de las lactoalbúminas de la leche de cabra difiere de su contraparte bovina. La mayor fracción de proteína en la leche de vaca es la α -s-1-CN, pero en el caso de la leche de cabra esto no es así, siendo la β -CN y la α -s-2-CN las fracciones mayoritarias (El - Shibiny, 1978). La caseína de la leche de cabra contiene menos del tipo α -s-1-CN (caseínas responsables de la mayoría de las alergias asociadas a la leche de vaca), como sucede en la leche humana.

En lo que concierne a la lactosa, la de la leche de cabra parece ser mejor tolerada que la de la leche de vaca. Esto podría deberse a la mayor digestibilidad, por lo que puede existir una interacción entre cantidad y calidad de la proteína y la naturaleza de su coagulación y en consecuencia tasas más adecuadas de liberación de nutrientes, desde el estómago al intestino que optimizarían la utilización digestiva de la lactosa (Boza, 1997).

La leche en general es una importante fuente de calcio para el ser humano, en especial la de origen caprino aporta 13% más calcio que la de vaca (Jenness, 1980), aunque no es una adecuada fuente de otros nutrientes como hierro, cobre, cobalto y magnesio (Grandpierre y col., 1988; Dostalova, 1994). Sobre las vitaminas, la leche caprina contiene la misma cantidad de ácido fólico y un poco menos de vitaminas del complejo B que la leche humana (Maree, 1978; Boza, 1997). Comparada con la de origen bovino posee el doble de vitamina A, pero significativamente menores contenidos de vitamina B12 (Mehala y Al-Kahnai, 1989; Haenlein, 2004; Richardson, 2004).

La leche de cabra difiere de la de otros rumiantes en el RCS, esto es debido a que muchos factores no patológicos causan una considerable variación (Bergonier, 2003). El RCS en leche de cabra se debe principalmente a células de descamación y no a la presencia de leucocitos, ya que la secreción en esta especie es apócrina y no merócrina como en las vacas. Es así que, valores de RCS normales para los caprinos indican mastitis para la especie bovina (Robertson y Muller, 2005).

Los valores de pH indicados para leche normal caprina varían entre 6,50 y 6,80 (Park y col., 2007), similar a los rangos indicados para otros rumiantes.

En Uruguay y en la región se han reportado los siguientes datos de composición, pH y RCS en leche caprina. En el estudio realizado por Grille y col. (2013), en Uruguay reportan en un rebaño de 25 animales (misma raza y sistema productivo), valores de materia grasa 3,58%, proteína 2,71%, lactosa 3,84%, pH 6,66 y RCS 8128305 cel/ml. En un rebaño caprino de raza Saanen (n=15) en Brasil, Vilanova y col. (2008), reportan valores de materia grasa, proteína, lactosa y RCS de 2,76%, 2,67%, 3,97% y 645000 cel/ml respectivamente. En Argentina, Villambrosa y Bruschi (2017) encontraron en promedio de tres rebaños (n=34), (sin especificar raza), en diferentes regiones del país los siguientes valores de: materia grasa 3,55%, proteína 3,18%, lactosa 4,40%, pH 6,62 y RCS 659673,33 cel/ml.

Los factores que afectan la composición de la leche de cabra son principalmente raza, individuos, paridad, estación del año, alimentación, manejo, condiciones ambientales, estado de lactancia y salud de la ubre (Luquet, 1991; Guo, 2003). Existen otros factores como temperatura y tratamientos post ordeño, (Walstra, 2001), los que toman mayor importancia a nivel industrial.

La raza es uno de los factores que más afecta la composición de la leche, mostrando también diferencias en el volumen de leche producido. Saanen presenta mayor volumen de leche en comparación con Pardo Alpina, pero su leche tiene menores proporciones de sólidos totales (Boichard, 1989). También es importante remarcar que muchas razas europeas como la Alpina, Saanen y Toggenburg han sido desarrolladas para aumentar el rendimiento de la leche y el contenido total de sólidos. (Min y col., 2005; Morand-Fehr y col., 2007).

El momento de la lactancia, también es un factor importante al momento de estudiar la composición de la leche, dado que al final de la lactancia el porcentaje de grasa, proteína, sólidos y minerales aumentan, mientras que el contenido de lactosa disminuye (Brozos y col., 1998; Haenlein, 2001, 2004). El RCS en la leche de cabra aumenta a medida que avanza la lactancia, encontrándose aumentos significativos entre los primeros y últimos meses de lactación (Gomes y col., 2006; Zeng y col., 1999).

Otro factor importante de variación de la leche es el número de pariciones (multíparas o primíparas), afectando el rendimiento lechero y el contenido de grasa, proteína y lactosa de esa leche (Carnicella y col., 2008).

En suma, la información sobre composición y características fisicoquímicas de la leche de cabra son esenciales tanto como para mejorar las tecnologías de los productos elaborados (rendimiento quesero) como para la comercialización de los mismos (Haenlein y Wendorff, 2006). En este sentido, es bien conocido que los kilogramos de queso producido dependen de la cantidad de componentes de la leche, especialmente del contenido de materia grasa y proteínas (Fekadu y col., 2005).

2.2.2 Características de los quesos de cabra

En Uruguay, datos del INE de 2007 (encuesta de consumo y hogares), establece un consumo anual de 10 mil toneladas de queso, de los cuales los más importantes son Colonia y Dambo con 4,5 mil toneladas, 2,4 mil toneladas de queso de sándwich y mozzarella, y el resto queso rallado, (duro y semiduro) y de untar. Entre las 6 categorías, se incluyen los quesos especiales y de cabra, de los cuales se consume apenas 93 toneladas anuales.

Según Areosa y col. (2009) citado por Cruz y col. (2012), la gran demanda de productos lácteos caprinos especialmente desde el sector gastronómico es potenciada por un fuerte desarrollo del turismo en el país. A ello se suma una mayor difusión de las propiedades nutricionales de la leche de cabra y sus productos. En adición a esto, según investigaciones realizadas en Uruguay en los últimos años puede afirmarse que de los productos lácteos caprinos comercializados en nuestro país, los quesos son los que presentan mayor venta nacional. Dentro de estos los más comercializados son, en primer lugar el queso natural con ciboulette y/o hierbas, seguido del queso común para cortar en fetas. Los quesos de cabra que se elaboran en el país son de cuajada ácida y como mixta (Mosquera y col., 2011).

En cuanto a las diferencias con los quesos elaborados con leche de vaca, la leche de cabra carece o tienen niveles muy bajos de β carotenos, lo que determina la coloración blanca de su leche y por consiguiente de su queso. El aroma y sabor de los quesos maduros de cabra es característico, determinado por la presencia de cantidades importantes de ácidos grasos de cadena corta, liberados por la acción de lipasas (Cofré y Larraín, 2001).

2.2.2.1 Etapas principales en la elaboración de quesos. Factores que afectan la coagulabilidad de la leche.

Las fases de fabricación del queso son: obtención de la fracción no soluble (cuajada), desuerado, salado y maduración (Aranceta y Serra, 2005). La primera fase en la formación de la cuajada es la formación de coágulo o gel a partir de la leche líquida, que engloba inicialmente todos los ingredientes de la leche: grasa, proteína, lactosa, sales, microorganismos y agua. El principal agente cohesionante de este coágulo es la caseína (Scott, 1991).

Existen principalmente, dos formas de precipitar las caseínas de la leche, a través del cuajo (enzimática) y por disminución del pH (ácida).

La coagulación enzimática se basa generalmente en el empleo de la enzima llamada renina o quimosina producida en el abomaso (o cuajar) de los rumiantes lactantes (como terneros, cabritos o corderos). Esta enzima está activa en el llamado “cuajo” comercial y tiene la propiedad de coagular el complejo caseínico, actuando sobre la κ -CN y desestabilizando la micela (Kindstedt y Fox, 1993; Sheehan y col., 2004; Udayarajan, 2007). Durante la reacción del complejo caseínico, el fosfocaseinato

cálcico soluble en la leche es transformado en fosfoparacaseinato de calcio insoluble, mediante la acción de la enzima coagulante (Dumais y col., 1991). Durante el proceso de coagulación se desestabilizan las micelas caseínicas en constituyentes de la fase coloidal proteica dispersa, modificándose para que interaccionen y formen una super estructura matricial, reticular que por oclusión retiene agua y glóbulos de grasa, algo de lactosa, sales minerales (Villegas de Gante, 2004).

La coagulación ácida se basa en la gelificación de las caseínas de la leche o en su precipitación, formando un coágulo debido a la acidificación de la fase sérica (plasma), producida por el ácido láctico generado por fermentación de bacterias lácticas o por adición de un ácido orgánico (como acético o cítrico, o incluso el mismo láctico). Para que se presente este fenómeno se requiere lograr un pH de 4,6 (punto isoeléctrico promedio de las caseínas), cuando la acidificación es rápida (Walstra, 2001). Por lo tanto, la leche coagula al descender el pH. Probablemente, las enzimas proteolíticas secretadas por las bacterias también participan porque algunas son capaces de hidrolizar la κ -CN. No obstante, el mecanismo fundamental es que la caseína se insolubiliza cerca de su pH isoeléctrico (Alais, 1985).

Además se puede considerar una tercera forma de coagulación, la coagulación mixta, acido-enzimática, en la cual se combina la acidificación gradual de la leche, y la acción de la enzima (cuajo). Este tipo de cuajado requiere condiciones de reposo de la leche, una temperatura moderada, apropiada para el crecimiento de microbiota mesófila (25 a 30°C) y un tiempo prolongado (Villegas de Gante, 2004).

Existen tres factores que explican la estabilidad de las micelas de caseína, su carga eléctrica neta, el grado de hidratación de las micelas y el impedimento estérico de la parte hidrofílica de la κ -CN. Los principales factores que inciden en la coagulación enzimática son: la temperatura, el pH, la concentración de calcio iónico, así como la concentración de enzima coagulante (renina o quimosina) (Walstra, 2001), factores que en cierta medida el queso puede dirigir (Alais, 2003). Al subir la temperatura de la cuajada, aumenta la pérdida de humedad ya que se ve estimulada la acción del cuajo afectando la capacidad física de la cuajada para retener humedad (Dumais y col., 1991). Con respecto al pH, a medida que este baja disminuye la tensión de la cuajada siendo esta mínima a una pH de 5,8. Las leches se suelen cuajar a un pH de 6,5-6,35. La adición de cloruro cálcico aumenta la tensión de la cuajada proporcionalmente a la concentración de aquél en el medio hasta alcanzar la tensión máxima correspondiente a una concentración del 0,07% (Scott, 1991). El tamaño de las micelas de caseína está relacionado con la capacidad de coagulación de la leche, particularmente con la firmeza de la cuajada (Puhan y Jacob, 1993), leche con pequeñas micelas tiene un tiempo de coagulación menor y a su vez el coágulo formado es más firme (Van den Berg, 1993).

Otros factores que también influyen en la coagulabilidad, consistencia de la cuajada y sinéresis de la leche son: especie (Park y col., 2007; Cecchinato y col., 2012)

raza, (De Marchi y col., 2008; Martin y col., 2009), composición, la fase de lactación, diferencias entre los animales, estación del año y dieta, así como los pretratamientos a los que se somete la leche (pasterización y refrigeración) (Aranceta y Serra, 2005). A su vez la composición de la leche depende de múltiples factores como edad, raza, estado y número de lactancias (Politis y NgKwai-Hang, 1988; Aleandri y col., 1989; Zeng y Escobar, 1995; Carnicella y col., 2008).

2.2.2.2 Propiedad coagulativa de la leche de cabra

El análisis de la PCL (propiedad coagulativa de la leche) a través de los parámetros de tiempo de coagulación: R y firmeza de la cuajada: a20 y a30, es una metodología sencilla, rápida y económica que permite obtener información sobre la aptitud quesera de la leche. En la cabra adquiere más importancia dado que la mayoría de la leche producida de esta especie en nuestro país, se destina a la elaboración de quesos. La PCL mediante la tecnología de NIR con el Optigraph no se ha estudiado en leche de cabra hasta el momento en el país.

Los productores al contar con la información obtenida a partir de esta metodología se podrían beneficiar desde el punto de vista económico, ya que al conocer esta característica de la leche, podrían obtener mejores rendimientos y calidad de quesos elaborados (Bynum y Olson, 1982; Okigbo y col., 1985; Marziali y Ng-Kwai-Hang, 1986; Politis y Ng-Kwai-Hang, 1988; Aleandri y col., 1990; Martin y Addeo, 1996). Otro beneficio de estudiar la PLC, es que las leches de coagulación rápida, en determinadas condiciones de cuajado, son aquellas que dan las cuajadas más firmes y más fáciles de desuerar. La existencia de leche de coagulación difícil plantea serios problemas en quesería (Alais, 2003). La PCL es una importante característica que se asocia al rendimiento quesero (Ikonen y col., 1999; Summer y col., 2002; De Marchi y col., 2007) y a la calidad del queso elaborado. (Johnson y col., 2001). La PCL es evaluada desde hace varios años en diferentes países que fabrican quesos de vaca, como el caso de Italia donde el 70% de la leche producida es orientada a la producción de queso (Osservatorio del Latte, 2003), y el 80 % destinada a la elaboración de productos típicos (ej.: Parmigiano-Reggiano y Grana Padano). Los datos encontrados en Albania mediante Optigraph por Hoxha y Mara (2012) para las variables de coagulación en leche de cabra fueron: R 12,28 minutos, a20 5,38 voltios y a30 5,77 voltios para la raza Alpina y R 15,17 minutos, a20 5,65 voltios y a30 6,05 voltios para cruza.

Como todos los factores que afectan la composición de la leche son muy difíciles de controlar por los productores, la selección de las cabras lecheras en base a mejores PCL, podría mejorar la capacidad para hacer queso con leche de esta especie.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general:

Estudiar en un rodeo comercial caprino ciertas variables que determinan la PCL según raza y número de lactancias y su correlación con la composición de la leche.

3.2 Objetivos específicos:

Determinar la PCL mediante el tiempo de cuajado (R) y la firmeza de la cuajada (a20 y a30) en 30 animales en un rodeo caprino.

Analizar el efecto de la raza y número de lactancias sobre las variables de PCL (R, a20 y a30), en la última etapa de lactancia.

Estudiar el efecto de la raza, mes y número de lactancias en las variables de composición, pH y RCS de la leche durante una lactancia completa en un rodeo caprino.

Estudiar la correlación entre las variables de PCL y las de composición, pH y RCS de la leche de cabra.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Animales

De un rodeo de 75 cabras fueron seleccionados 32 animales por fecha de parición (fecha de parto: setiembre-octubre del 2015), y raza (16 Saanen y 16 Pardo Alpina), en el tambo caprino “La Rinconada”, ubicado en ruta 8 km34, camino La Economía s/n, Pando, Canelones, Uruguay.

Al tratarse de un sistema semi-extensivo, todos los animales se alimentaron de forma uniforme con ración (mezcla de ración para vaca lechera, cebada y maíz), fardo de alfalfa y praderas implantadas (raigrás y lotus) durante toda la lactancia.

4.2 Metodología del muestreo

Para el estudio de composición y características fisicoquímicas de la leche, se tomaron muestras de leche de 25 cabras (cruzas Saanen y Pardo Alpinas), las que fueron muestreadas, individualmente, una vez por mes, en el segundo ordeño del día (5PM), durante toda la lactancia (octubre del 2015 a marzo del 2016); constituyendo un total de seis muestreos (M1 a M6).

Para el estudio de la PCL, se tomaron muestras de leche de 30 cabras (cruzas Saanen y Pardo Alpinas) (2 individuos fueron eliminados durante el estudio), muestreadas también de forma individual y en el mismo ordeño del día, cada 12 días, durante los últimos dos meses de lactancia (febrero a marzo del 2016); constituyendo un total de cinco muestreos (M1 a M5).

El muestreo se realizó de acuerdo a la metodología descrita por la Federación Internacional de Lechería (FIL-IDF 50C:1995).

Dichas muestras se tomaron con lactómetro (usando Lactómetros Tru-Test ®), permitiendo de esta manera tomar una muestra individual, representativa de todo el ordeño. Se usaron frascos limpios de 45 ml, con conservante bronopol. Se trasladaron debidamente acondicionadas en cajas de material de baja conductibilidad, para evitar de esta manera el intercambio de calor en menos de 24 horas hacia el laboratorio (COLAVECO) para ser analizadas en los equipos LactoScope y Optigraph.

4.3 Análisis de laboratorio

Análisis de composición, pH y RCS

Los análisis para la determinación de la composición (materia grasa, proteína total, caseína total, lactosa) y pH de la leche se realizaron utilizando: LactoScope interferograma de transformado Fourier (FTIR). Para el recuento de células somáticas se utilizó el equipo SomaScope método de análisis citometría de flujo (LFC) en el laboratorio COLAVECO Nueva Helvecia, Colonia.

LactoScope: Trabaja por un interferograma de transformado Fourier. (FTRI). Posee un espectrómetro ABB-bomen, un calentador de muestras y una bomba. Rangos de medición: permite analizar productos con grasa o derivados de la crema con hasta un 20 %, Proteína 0-10 %, Lactosa de 0-15 % y Crema 0- 55% (Delta Instruments, 2015). El equipo se encuentra calibrado para trabajar con leches de cabra. La calibración se realizó de acuerdo a la metodología descrita por la Federación Internacional de Lechería (FIL-IDF 1D:1996), método Röse Gottlieb para grasa y FIL-IDF 141C:2013 según Kjekdhal para proteína.

SomaScope: Este instrumento utiliza el método fluoro-opto-electrónico. La porción de ensayo se mezcla con un colorante (DAPI) con el fin de dispersar glóbulos de grasa y teñir núcleos de células somáticas. Se inyecta una alícuota en un fluido portador de flujo laminar. Las células teñidas se separan por el flujo y se exponen al haz luminoso de un diodo emisor de luz (LED) y emiten una luz de fluorescencia amarilla dirigida hacia 2 detectores. Sólo los impulsos cuyas intensidades están más allá de un umbral fijo (en mV) y recibidos por ambos detectores, se cuentan y se convierten en términos de concentración celular usando una ecuación de calibración (Delta Instruments, 2017).

Análisis de coagulabilidad

El Optigraph es un sistema (hardware y software) que permite caracterizar la capacidad de la leche para coagular mediante la medición óptica en la región NIR (Espectroscopia de infrarrojo cercano). Optigraph puede calcular en tiempo real todos los parámetros necesarios para el proceso del queso: tiempo de coagulación, firmeza de la cuajada, velocidad de agregación.

Las mediciones realizadas por el Optigraph no se basan en un método reológico, sino en una señal óptica emitida por el NIR. Se mide la atenuación de esta señal, después de su paso a través de la muestra de leche. Durante una prueba de la coagulación, la cantidad de esa luz emitida que termina atravesando la leche se va reduciendo, debido a los cambios en la estructura micelar de la caseína. Esta atenuación, que es registrada por medio de un detector óptico, está influenciada por numerosos factores: el volumen de cuajo, el contenido de proteínas, el pH de la muestra, etc. La intensidad de la luz emitida para la prueba se ajusta automáticamente antes de cada análisis, para tener una recepción constante de 1 voltio (este valor por defecto de 1 voltio se puede modificar, si la leche es muy opaca). Este ajuste automático de las condiciones de la medida es una garantía para los buenos resultados (Optigraph - Manual del Usuario – AMS France 2008).

Esta técnica fue puesta a punto para leche de cabra, mediante ajuste y valoraciones previas siguiendo los procedimientos desarrollados para bovinos (Hirigoyen y col., 2015).

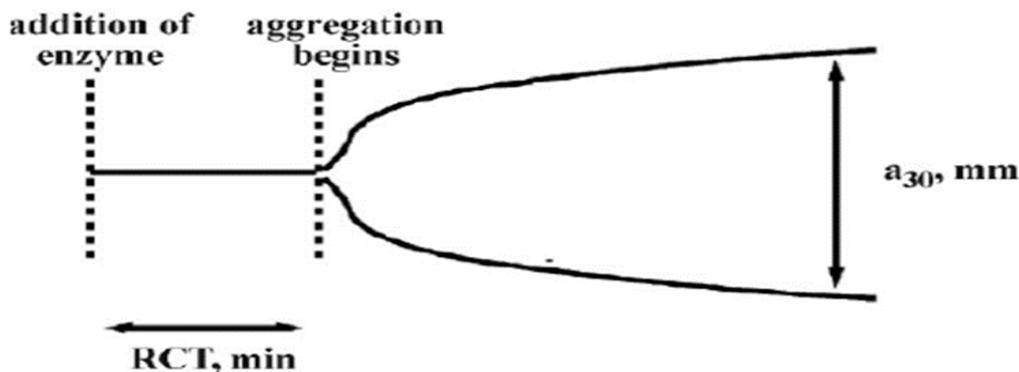


Figura I Diagrama normal (copa de champagne) del Optigraph

Diagrama normal de la coagulación de una muestra de leche. Las propiedades de coagulación calculadas del diagrama son tiempo de coagulación (RCT) en minutos y firmeza del cuajo (a_{30}) en voltios (modificado de Ikonen y col., 2004, adaptado por Dal Zotto y col., 2008).

La PCL se determina principalmente según los parámetros de tiempo de coagulación de la leche (R o RCT) y firmeza de la cuajada (a_{20} : a los 20min de agregado el cuajo y a_{30} : a los 30min de agregado el cuajo).

El Optigraph cuenta con un rack que contiene diez cubetas (10ml c/u), en las cuales se deposita con pipeta electrónica calibrada, las muestras de leche previamente termizadas a baño maría (35°C con termómetro digital calibrado) y homogeneizadas manualmente. El siguiente paso consta de un tiempo de pre-estabilización de la intensidad (voltaje) del equipo. A continuación se incorporan 20 μ l de cuajo (marca comercial: Maxiren) a la concentración de 20/500 (20 μ l de cuajo en 480 μ l de agua destilada) en cada cucharita para luego ser introducido en la cubeta, y dar el inicio de la corrida, la cual tiene una duración de 60 minutos máximo (leches más rápidas la realizan en menor tiempo).

Para establecer la concentración y cantidad de cuajo utilizado se realizó durante al ensayo una validación del Optigraph en leche de cabra, constatando que no se debe usar la misma concentración de cuajo que en leche de vaca, dado que el tamaño de las micelas de caseína en la leche de cabra (50 nm) son más pequeñas que la leche de vaca (75 nm) (Alais, 1988). Esto hace que la leche de cabra sea más sensible a altas concentraciones de cuajo. La validación en leche de cabra se hizo probando diferentes concentraciones de cuajo, siendo estas las siguientes: 10/500 (10 μ l de cuajo en 490 μ l de agua destilada), 20/500 (20 μ l de cuajo en 480 μ l de agua destilada), 30/500 (30 μ l de cuajo en 470 de agua destilada) y 40/500 (40 μ l de cuajo en 460 μ l de agua destilada), en iguales muestras de leche, de esta manera se observó el tiempo que demoraba esa leche en coagular y establecer la concentración adecuada de cuajo para estudiar la leche de esta especie. La concentración elegida fue la de 20/500, ya que fue la que tuvo mayor repetibilidad en los resultados.

4.4 Análisis estadístico

Las variables de composición, pH, RCS y PCL fueron analizadas por ANOVA para mediciones repetidas. Para composición, pH y RCS se incluyeron como efecto fijo raza, mes y número de lactancias, y se estudió la interacción entre: raza - mes y raza-número de lactancias en todas las variables estudiadas. Para las variables de PCL se incluyeron como efecto fijo raza y número de lactancias y se estudió la interacción entre estos dos efectos (raza-número de lactancias). Los resultados fueron expresados como la media \pm desvío estándar.

La variable RCS, se transformó en log en base 10 para normalizar su distribución y posteriormente ser analizadas estadísticamente. Se consideró diferencia significativa con un $\alpha < 0,05$.

El coeficiente de correlación de Pearson fue utilizado para determinar asociación entre variables, se consideró una correlación significativa entre las variables cuando el valor de p fue menor a 0,05. Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante el software SAS®, (2002).

5. RESULTADOS

5.1 Composición, pH y RCS de la leche durante toda la lactancia

En la MG (%) se observaron diferencias significativas entre razas ($p < 0,0001$). Los animales cruce Pardo Alpina presentaron mayor porcentaje de grasa ($4,6 \pm 0,20$) en comparación con los cruce Saanen ($3,88 \pm 0,18$).

Las variables proteína verdadera (%), proteína total (%), caseína (%) y RCS (cel/ml) no presentaron diferencias significativas entre razas ($p = 0,157$), siendo los valores para la raza Saanen $2,97 \pm 0,07$, $2,87 \pm 0,07$, $2,32 \pm 0,06$ y 845222 ± 156114 y para la raza Pardo Alpina $2,81 \pm 0,08$, $2,77 \pm 0,08$, $2,23 \pm 0,07$ y 629110 ± 180009 respectivamente. En el caso del pH se observó una tendencia ($p = 0,085$), mostrando valores más altos las cruce Pardo Alpina ($6,52 \pm 0,01$) que las cruce Saanen ($6,50 \pm 0,01$).

No se observaron diferencias significativas entre múltiparas y primíparas en ninguna de las variables de composición, pH ni RCS ($p = 0,122$) (Tabla I).

Tabla I Composición (%), pH y RCS (cel/ml) en leche de cabra según número de lactancias, durante una lactancia

	PRIMÍPARAS	MULTÍPARAS
MG	$4,32 \pm 0,24^a$	$4,16 \pm 0,12^a$
PT	$2,81 \pm 0,09^a$	$2,98 \pm 0,04^a$
PV	$2,74 \pm 0,09^a$	$2,90 \pm 0,04^a$
LACT	$4,20 \pm 0,07^a$	$4,33 \pm 0,03^a$
CN	$2,20 \pm 0,09^a$	$2,35 \pm 0,04^a$
pH	$6,51 \pm 0,01^a$	$6,51 \pm 0,01^a$
RCS	665736 ± 213768^a	808596 ± 105252^a

MG: Materia grasa, PT: Proteína total, PV: Proteína verdadera, LACT.: Lactosa CN: Caseína, RCS: Recuento de células somáticas. *letras distintas: Existe diferencia significativa ($p < 0,05$) ($n = 25$).

La composición de la leche aumentó en todas sus variables a lo largo de la lactancia ($p < 0,0001$), no así la lactosa, que disminuyó hacia el sexto mes ($p < 0,0001$). A su vez el RCS también aumentó hacia el final de la lactancia ($p < 0,0001$). En relación al pH, disminuyó hacia el último mes ($p < 0,0001$) (Tabla II).

Tabla II Composición (%), pH y RCS (cel/ml) de leche de cabra durante una lactancia

	M1	M2	M3	M4	M5	M6
MG	4,24±0,18 ^a	4,12±0,18 ^a	3,58±0,18 ^b	3,67±0,18 ^b	4,15±0,18 ^a	5,67±0,18 ^c
PT	2,87±0,05 ^a	2,85±0,05 ^a	2,85±0,05 ^a	2,74±0,05 ^b	2,89±0,05 ^a	3,16±0,05 ^c
PV	2,83±0,05 ^a	2,75±0,05 ^b	2,74±0,05 ^b	2,74±0,05 ^b	2,77±0,05 ^a	3,09±0,05 ^c
LACT.	4,4±0,04 ^a	4,32±0,04 ^b	4,28±0,04 ^b	4,26±0,04 ^b	4,14±0,04 ^c	4,2±0,04 ^{bd}
CN	2,25±0,05 ^a	2,17±0,05 ^b	2,18±0,05 ^b	2,18±0,05 ^b	2,29±0,05 ^a	2,59±0,05 ^c
pH	6,56±0,01 ^a	6,51±0,01 ^b	6,49±0,01 ^b	6,5±0,01 ^b	6,55±0,01 ^a	6,45±0,01 ^c
RCS	558488±15 1907 ^a	483744±15 1907 ^a	759927±15 1907 ^a	641975±15 1907 ^a	910462±151 907 ^{ab}	1068401±15 1907 ^b

MG: Materia grasa, PT: Proteína total, PV: Proteína verdadera, LACT.: Lactosa CN: Caseína, RCS: Recuento de células somáticas. M: Número de meses de la lactancia. *letras distintas: Existe diferencia significativa ($p < 0,05$) ($n=25$).

Las variables MG ($p=0,014$), PV ($p=0,038$) y CN ($p=0,038$), presentaron interacción entre raza y mes (Figura II). Las tres variables en ambas razas mostraron aumento hacia el final de la lactancia ($p < 0,0001$). A su vez la raza Pardo Alpina mostró mayores valores de MG que la Saanen en el último mes ($p < 0,0001$).

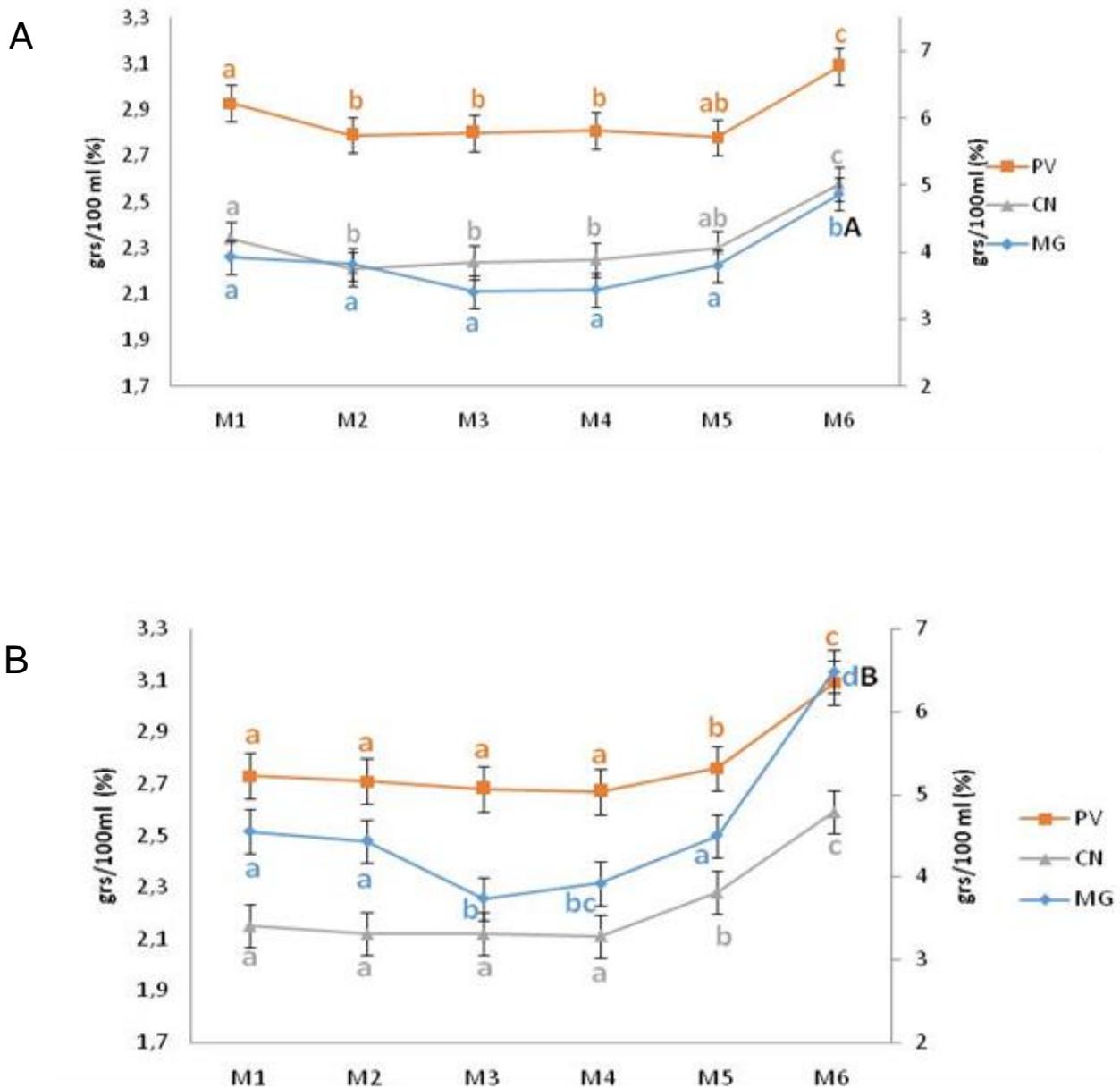


Figura II Composición de la leche de cabra de dos razas durante una lactancia (%)

A: Raza cruce Saanen, B: Raza cruce Pardo Alpina. PV: Proteína verdadera, CN: Caseína, MG: Materia grasa. M: Número de meses de la lactancia. *letras minúsculas distintas: Existe diferencia significativa entre meses ($p < 0,05$). *letras mayúsculas distintas: Existe diferencia significativa entre razas ($p < 0,05$) ($n=25$).

No se observó interacción raza y número de lactancias (múltiparas y primíparas) en ninguna de las variables estudiadas ($p=0,105$).

5.2 Composición, pH, RCS y variables de coagulabilidad de la leche durante la última etapa de la lactancia

Se observaron diferencias significativas entre las razas solo en MG, presentando el mayor valor los animales cruce Pardo Alpina ($p=0,0155$) (Tabla III).

Tabla III Composición (%), pH y RCS cel/ml) según raza en un rodeo caprino durante la última etapa de la lactancia

	SAANEN	PARDO ALPINA
MG	4,61±0,26 ^a	5,71±0,36 ^b
PT	3,31±0,06 ^a	3,22±0,08 ^a
PV	3,19±0,06 ^a	3,17±0,08 ^a
LACT.	4,18±0,04 ^a	4,13±0,06 ^a
CN	2,68±0,05 ^a	2,67±0,07 ^a
pH	6,45±0,03 ^a	6,49±0,04 ^a
RCS	1563779±178774 ^a	1141157±250232 ^a

MG: Materia grasa, PT: Proteína total, PV: Proteína verdadera, CN: Caseína, LACT: Lactosa, RCS: Recuento de células somáticas. *letras distintas: Existe diferencia significativa ($p<0,05$) ($n=30$).

Se observaron diferencias significativas entre las razas solo en la variable de coagulación R, siendo los animales cruce Pardo Alpina más rápidos ($p=0,037$) (Tabla IV).

Tabla IV Variables de coagulación según raza en un rodeo caprino durante la última etapa de la lactancia

	SAANEN	PARDO ALPINA
R (seg)	925,26±31,49 ^a	811,35±44,09 ^b
a20 (V)	4,88±1,12 ^a	6,17±1,57 ^a
a30 (V)	3,68±1,42 ^a	5,38±1,99 ^a

R: Tiempo de coagulación en segundos, a20 y a30: Firmeza de la cuajada en voltios a los 20 y 30 minutos de coagulación respectivamente. *letras distintas: Existe diferencia significativa ($p<0,05$) ($n=30$).

Tampoco se observó interacción en ninguna de las variables entre raza y lactancias ($p=0,191$).

No hubo diferencias significativas en ninguna de las variables de composición, pH, RCS ni de coagulabilidad entre múltiparas y primíparas ($p=0,110$) (Tabla V).

Tabla V Composición (%), pH y RCS (cel/ml) en leche de cabra según número de lactancias, en la última etapa de la lactancia

	PRIMÍPARAS	MULTÍPARAS
MG	5,5±0,39 ^a	4,82±0,21 ^a
PT	3,22±0,09 ^a	3,32±0,05 ^a
PV	3,15±0,09 ^a	3,22±0,05 ^a
LACT.	4,09±0,06 ^a	4,22±0,03 ^a
CN	2,64±0,08 ^a	2,70±0,4 ^a
pH	6,49±0,04 ^a	6,45±0,02 ^a
RCS	1572217±270282 ^a	1132720±146712 ^a

MG: Materia grasa, PT: Proteína total, PV: Proteína verdadera, LACT: Lactosa, CN: Caseína, RCS: Recuento de células somáticas. *letras distintas: Existe diferencia significativa ($p<0,05$) ($n=30$).

5.3 Correlaciones entre propiedades de coagulación, composición, pH y RCS

Se observó correlación negativa y significativa entre MG y R, y correlación positiva y significativa entre las MG y a20 y a30. Entre la variable lactosa y todas las variables de coagulación (R, a20 y a30) así como entre pH y R se observó correlación positiva y significativa (Tabla VI).

Tabla VI Correlación entre variables de coagulabilidad y porcentaje (%) de materia grasa, lactosa y pH de leche de cabra

	MG	P	LACT.	P	pH	p
R	-0,31728	<0,0001	0,19592	0,0163	0,17328	0,0340
a20	0,29408	0,0003	0,21191	0,0092	-	ns
a30	0,35875	<0,0001	0,17279	0,0345	-	ns

R: Tiempo de coagulación, a20 y a30: Firmeza de la cuajada a los 20 y 30 min de coagulación respectivamente, MG: Materia grasa, LACT: Lactosa, p: Diferencia significativa, ns: No significancia. Existe diferencia significativa cuando el valor de $p<0,05$.

En lo que se refiere a la fracción proteica se observó correlación positiva entre a20 y a30 y el porcentaje de PT, PV y CN (Tabla VII).

Tabla VII Correlación entre variables de coagulabilidad y porcentaje (%) de la fracción proteica de la leche de cabra

	PT	p	PV	p	CN	p
R	-	ns	-	ns	-	ns
a20	0,55455	<0,0001	0,56668	<0,0001	0,56547	<0,0001
a30	0,53911	<0,0001	0,55741	<0,0001	0,55608	<0,0001

R: Tiempo de coagulación, a20 y a30: Firmeza de la cuajada a los 20 y 30 min de coagulación respectivamente, PT: Proteína total, PV: Proteína verdadera, CN: Caseína, p: Diferencia significativa, ns: No significancia. Existe diferencia significativa cuando el valor de $p < 0,05$.

En este estudio se observó correlación significativa entre R y el RCS (cel/ml) (Tabla VIII).

Tabla VIII Correlación entre variables de coagulabilidad y RCS (cel/ml) de leche de cabra

	logRCS	P
R	0,32134	<0,0001
a20	-	Ns
a30	-	Ns

R: Tiempo de coagulación, a20 y a30: Firmeza de la cuajada a los 20 y 30 min de coagulación respectivamente, log RCS: Células somáticas (log10), p: Diferencia significativa, ns: No significancia. Existe diferencia significativa cuando el valor de $p < 0,005$.

6. DISCUSIÓN

6.1 Composición, pH y RCS de la leche durante toda la lactancia según raza, número de lactancias y mes

Los resultados de composición registrados en este trabajo, coinciden con los reportados en nuestro país en animales de razas Saanen, mientras que el RCS es menor a lo reportado en otros estudios (Damián, 2008; Bentancor, 2010 y Cruz, 2012). En la raza Pardo Alpina, no se han reportado valores de composición en la región. Es bien conocido que la composición de la leche está determinada principalmente por la alimentación y factores genéticos. Por lo tanto los valores similares a otros estudios realizados en el país en la raza Saanen, pueden ser causa del manejo de la alimentación (praderas implantadas y ración de vaca lechera en la sala), similar a los trabajos anteriormente citados, y si bien en este establecimiento los animales eran cruza (Saanen y Pardo Alpinas), la mayoría provienen de padres o abuelas puras (primera o segunda línea genética). Además en Uruguay no existe gran variabilidad genética de cabras, por lo que probablemente estos animales no disten mucho desde el punto de vista genético de los animales utilizados en los otros reportes del país. En cuanto al RCS, este establecimiento y específicamente antes de la lactancia estudiada, se realizó tratamientos de secado (pomos) en las cabras seleccionadas, por lo que esa podría ser la causa de la obtención de recuentos celulares más bajos en comparación con los valores reportados en el país. No se encontró bibliografía que respalde cuán extendida se encuentra esta práctica en el rodeo caprino uruguayo.

Se constató que las cabras cruza Pardo Alpinas presentaron mayores valores de materia grasa en comparación con las cruza Saanen. Esto coincide con lo expuesto por Haenlein (1996), quien menciona que de las razas de cabras lecheras, la Saanen es conocida como la “Holstein de las cabras” en el ámbito mundial, ya que produce altos volúmenes de leche (litros) con bajos niveles de grasa. Los resultados de este estudio coinciden con Vega (2007), quien plantea que los indicadores de grasa, proteína y lactosa son diferentes en ambas leches (Pardo Alpina y Saanen), con niveles de grasa y sólidos totales inferiores en la leche Saanen. Según Doria (1997), citado por Cruz y col. (2012), la raza Saanen es considerada como la raza caprina con mayor producción de leche, siendo importante el efecto dilución en los valores de composición en sus leches. Lo que reafirma el concepto que la raza afecta la composición química de la leche.

En relación a las diferencias de composición entre cabras múltiparas y primíparas, Martínez Navalón y Peris Ribera (2002), observaron que el porcentaje de proteína en las cabras primíparas fue similar respecto a las cabras múltiparas, lo que coincide con los datos de Zeng y col. (2008) citados por Goetsch (2011), los que exponen que las concentraciones de grasa y proteína fueron similares durante las lactancias de cabras entre una a cinco pariciones, pero que fueron mucho menores para cabras con seis pariciones. En este trabajo, ninguna de las cabras seleccionadas

para este estudio tenía más de cinco pariciones, lo que podría explicar que no se encontraron diferencias entre multíparas y primíparas. Otra de las causas del no hallazgo de diferencias en la composición entre primíparas y multíparas podría ser que en este establecimiento no se realizaba manejo diferencial alimentario, por número de lactancias ni producción individual.

El RCS tampoco tuvo diferencias significativas entre cabras primíparas y multíparas, pero se observó que el valor fue un 21% mayor en multíparas. Los resultados citados por Goetsch (2011) obtenidos por Zeng y col. (2008) y Boscos y col. (1996), explican que animales con múltiples pariciones suelen tener mayores RCS por el estrés acumulado en la glándula mamaria y por altos recuentos bacterianos en la misma.

Se encontró que las variables de composición, pH y RCS de la leche de cabra presentaron diferencias significativas entre los meses de lactación. La MG y proteínas (PT, PV y CN) se comportaron de igual manera que lo reportado por Fekadu y col. (2005), en donde los valores de estos componentes fueron mayores al principio y al final de la lactancia, y menores durante la mitad de la lactancia. Las observaciones anteriores concuerdan con el comportamiento de una curva de lactancia normal. Es así que el contenido de grasa, proteínas y sólidos totales es alto en la lactancia temprana, porque el volumen de leche es bajo. Luego, mientras que el volumen de leche aumenta, el contenido de sólidos disminuye, y por último, hacia el final de la lactancia, cuando la producción de leche decrece, los sólidos de la leche vuelven a aumentar (Zeng y col., 1997; Zeng y col., 1999).

La lactosa en la leche de los rumiantes, contrariamente al comportamiento de los contenidos de grasa y proteínas, es menor al inicio de la lactancia (en el calostro), y también hacia el final de la misma (Pulina y Nudda, 2004; Haenlein y Wendorff, 2006). En este estudio, al igual que en el de Mestawet y col. (2012), el contenido de lactosa disminuyó conjuntamente con el avance de la lactancia. La explicación a este comportamiento es la disminución en la tasa de producción de lactosa a medida que avanza el período de lactación (Keskin y col., 2004).

El incremento del RCS a medida que avanzó la lactación se podría explicar, (al igual que el aumento de la composición de la leche al final de la lactancia), por el efecto dilución (menos litros de leche, mayor recuento celular) (Zeng y col., 1995). Pruebas histológicas y patológicas de tejidos de ubres de cabras con RCS bajos (950000 cel/ml), medios (1500000 cel/ml), y altos (3300000 cel/ml), no revelaron cambios en las glándulas mamarias ni evidencias de mastitis (Zeng y Escobar, 1995), lo que indica que cabras lecheras sanas con ubres sanas pueden producir leche con más de 1000000 cel/ml, particularmente en la lactancia tardía.

En las variables MG, PV y CN, se obtuvieron interacciones entre raza y mes, lo que se evidencia por un aumento de las tres variables hacia el final de la lactancia en ambas razas y por una gran diferencia en MG entre razas, presentando la Pardo

Alpina un mayor valor en el último mes de la lactancia. Algo similar le sucedió a Mestawet y col. (2012), en su estudio sobre la composición y variación en diferentes lactancias en cuatro razas de cabras. Las cantidades de sólidos totales, grasa y proteínas de las diferentes razas, en su estudio fueron significativamente mayores al principio y al final de la lactancia. La diferencia entre razas en el porcentaje de materia grasa en el último mes de lactación en nuestro trabajo, se explicaría por el menor volumen de leche que produce la raza Pardo Alpina en comparación con la Saanen, generando un menor efecto dilución. Esto coincide con lo expuesto por Frau y col. (2010), en donde observaron que el contenido de sólidos totales y grasa en la leche aumenta en el último mes del período de lactancia, eso indica que la leche se torna más concentrada al final de la lactación.

6.2 Composición, pH, RCS y variables de coagulabilidad de la leche durante la última etapa de la lactancia y sus correlaciones

En la última etapa se observó al igual que durante toda la lactancia, que la leche de las cabras cruce Pardo Alpina presentó mayor porcentaje de grasa en comparación con la Saanen. Tampoco se encontraron diferencias en la fracción proteica entre razas, ni diferencias entre multíparas y primíparas al final de la lactancia.

Los animales cruce Pardo Alpina presentaron menor tiempo de coagulación que las Saanen ($p=0,03$), lo que refleja mejor capacidad para la coagulación de la leche. Estos resultados concuerdan con lo publicado por De Marchi y col. (2007) en leche bovina, quienes observaron que la raza fue el principal factor que incide en las PCL, cuando los animales son sometidos a iguales condiciones de manejo y alimentación. Es bien conocido que la composición de la leche afecta las propiedades de coagulación, principalmente las fracciones grasa y proteína (Walstra, 2001). A mayor cantidad de grasa y proteína mayor es el rendimiento quesero (kg de queso/ litro de leche). Fekadu y col. (2005), Sampelayo y col. (1998), Guo y col. (2001) y Damián (2008), mostraron que en diferentes cabras, las leches con mayores componentes resultaron en un rendimiento quesero significativamente mayor. La MG determina el rendimiento quesero, influyendo en el contenido de extracto seco del queso y jugando un papel importante en las distintas variedades del queso. Por lo tanto, los animales cruce Pardo Alpina tendrían mayor potencial quesero por presentar mayor contenido de MG (Varman y Sutherland, 1994; Luquet, 1991; Ribeiro, 2010).

El tiempo de coagulación de la leche y las medidas de firmeza de la cuajada, son las principales características que determinan las propiedades de coagulación. En este trabajo se observó menores valores de R en la leche de las cabras cruce Pardo Alpina. En las variables a20 y a30 se registraron valores mayores para los animales cruce Pardo Alpina pero las diferencias no fueron significativas. Estos resultados se podrían explicar por la correlación encontrada entre las variables de composición, principalmente materia grasa, con las PCL. Se observó que existe correlación negativa y significativa entre el R y el porcentaje de MG en leche. Por lo que leches

con mayor porcentaje de grasa tendrían menor R, esto concuerda con lo obtenido por Ambrosoli y col. (1988) y Zullo y col. (2005) en leche caprina, quienes encontraron que los animales que presentaron mayor contenido de grasa presentaron menores tiempos de coagulación de la leche (valores estimados a través de Formagraph). Guinee y col. (1997), en su estudio en leche bovina observaron que al aumentar la materia grasa de la leche de 0,1 a 10%, manteniendo constante el nivel de proteína (3%), disminuía el tiempo de formación de gel y el tiempo de corte (valores estimados a través de Bohlin VOR Rheometer).

Además, las PCL se relacionan con las fracciones de ácidos grasos. En leche bovina se ha reportado que los ácidos grasos caprílico (C8:0), cáprico (C:10) y láurico (C:12) presentaron una correlación negativa con el tiempo de coagulación y positiva con la firmeza de la cuajada (Auldist y col., 2004). Estos resultados podrían explicar lo obtenido en este estudio sobre la correlación negativa entre MG y R y la correlación positiva entre MG y a20 y a30 de la leche caprina, dado que la leche de esta especie presenta una alta proporción de ácidos caprílico y cáprico en comparación con la leche bovina (Grille y col., 2013; Jensen y col., 2002; Ceballos y col., 2009). Igualmente el mecanismo por el cual estas fracciones de ácidos grasos se relacionan con las propiedades de coagulación no está aún determinado.

En cuanto a la correlación entre la PT, PV y CN y las variables de coagulabilidad observamos correlación positiva entre las proteínas y las variables de firmeza (a20 y a30). Estos resultados coinciden con un estudio realizado en leche de cabras Saanen y Alpinas por Ambrosoli y col. (1988), quienes observaron que los animales que presentaban mayor porcentaje de proteína y caseína presentaron, mayores valores de a30 (valores estimados a través del Formagraph). Los resultados de esta correlación también coinciden con lo publicado por Clark y Sherbon (2000) (valores estimados a través de Bohlin VOR Rheometer) y Leitner y col. (2010) (valores estimados a través del Optigraph). Por lo tanto, el no haber hallado diferencias en las variables de firmeza de las cuajadas entre razas se podría explicar porque no se registraron diferencias en los porcentajes proteínas (PT, PV y CN). Al observar esta correlación, se podría pensar que leches con altos valores de proteína, pero sobre todo mayores porcentajes de caseína, producirían cuajadas con mayor firmeza (mayores valores de a20 y a30). Ya que la caseína influye directamente en la aptitud que tiene la leche para ser coagulada por el cuajo, influenciada también por el calcio y el fosfato cálcico. Dentro de las variantes de caseínas, la κ -CN es la que tiene un papel fundamental en la formación de la cuajada y por lo tanto en el rendimiento quesero (Walstra, 2001).

En este sentido, las correlaciones halladas en este trabajo entre los componentes de la leche y las variables analizadas de PCL podrían explicar las diferencias encontradas entre las razas estudiadas. Esto, estaría indicando que las cabras cruce Pardo Alpina (u otras razas con mayores valores de proteína y materia grasa en la leche) tendrían mejores aptitudes para la producción de quesos (menores tiempos de coagulación y cuajadas más firmes) que la raza Saanen.

En el caso del pH, al igual que Park y col (2007), observamos correlación positiva entre los valores de pH y el R. Como se dijo anteriormente uno de los factores que determina la acción del “cuajo” es el pH. A menor pH, menor R. Esto estaría determinado porque la actividad enzimática depende del pH del medio, siendo más rápida a pH más ácido. A su vez, en un medio ácido los “pelos” de la κ -CN no se eliminan al azar, esto implica que las micelas flocculen en una fase más temprana (Walstra, 2001), explicando que a menor pH menores R.

En este estudio se observó correlación significativa entre los parámetros de coagulación con el RCS. Estos resultados acuerdan con lo hallado por Politis y Ng – Kwai-Hang (1988) y Pizzillo y col. (1996), quienes reportaron que razas que tuvieron mayores valores de células somáticas presentaron características relacionadas a la coagulación (R, α_{20} y α_{30}) inferiores en comparación con razas que presentaron valores menores de RCS. A pesar de que los RCS en las cabras son fisiológicamente más altos, no deja de ser un parámetro que refleja el estado de salud de la ubre. Por lo que esta correlación podría explicarse porque altos RCS indicarían infección intramamaria, perjudicando el tejido secretor, afectándose los componentes de la leche (disminución de la lactosa, disminución de la calidad y cantidad de la caseína sintetizada, aumento de enzimas, aumento del pH y cloruro de sodio) (Martí de Olives y col. 2013). A su vez leches con altos RCS presentan un aumento en la plasmina (enzima de la leche) la cual escinde la caseína (Albenzio y col. 2005; Bianchi y col. 2004; Leitner y col. 2004), repercutiendo negativamente en coagulación de la leche.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos en las condiciones de este estudio se puede concluir que:

Los valores de las variables de PCL (R, a20 y a30) obtenidos a través del Optigraph, son originales para nuestro país, poniendo a punto una herramienta que brinda a los productores información rápida y eficiente sobre el potencial quesero de sus cabras.

La raza afectó la PCL de cabra, siendo los animales cruce Pardo Alpina quienes presentaron valores de propiedades de coagulación “mejores” (menor tiempo de coagulación) en comparación con la raza Saanen.

Las variables de composición, pH y RCS se afectaron según raza y mes de lactación, pero no entre primíparas y multíparas.

Las correlaciones encontradas entre los componentes de la leche y las variables de PCL, muestran la utilidad de incorporar esta herramienta en la selección de la leche de individuos de un rodeo, para la producción de quesos.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alais C. (1985). Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. 4a ed. Barcelona, Reverté, 873p.
2. Alais C. (1988). Ciencia de la leche. México, ed. Continental, 594 p.
3. Alais C. (2003). Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. Barcelona, Reverté, 861 p.
4. Albenzio M., Caroprese M., Santillo A., Marino R., Muscio A., Sevi A. (2005). Proteolytic patterns and plasmin activity in ewes' milk as affected by somatic cell count and stage of lactation, *Journal of Dairy Research* 72 (1):86-92.
5. Aleandri R., Schneider J.C., Buttazzoni L.G. (1989). Evaluation of milk for cheese production based on milk characteristics and Formagraph measures. *Journal of Dairy Science*; 72: 1967-1975.
6. Aleandri R., Buttazzoni L.G., Schneider J.C., Caroli A., Davoli R. (1990). The effects of milk protein polymorphisms on milk components and cheese-producing ability. *Journal of Dairy Science*; 73: 241-255.
7. Ambrosoli R., Di Stasio L., Mzzocco P. (1988). Content of α s1- casein and coagulation properties in goat milk. *Journal of Dairy Science*; 71:24 – 28.
8. Aranceta J., Serra Ll. (2005) Leche, lácteos y salud. Madrid, Médica Panamericana, 127 p.
9. Aréchiga C.F., Aguilera J.I., Rincón R.M., Méndez de Lara S., Bañuelos V.R., Meza-Herrera C.A (2008) Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*; 9:1-14.
10. Auld M.J., Johnston K. A., White N.J., Fitzsimons W. P., Boland M. J. (2004). A comparison of the composition, coagulation characteristics and cheesemaking capacity of milk from Friesian and Jersey dairy cows. *Journal of Dairy Research*; 71: 51–57.
11. Barberis S. (2002) Bromatología de la leche. San Luis, ed. Hemisferio Sur, 228p.
12. Benavides J.E., Arias R. (1995) Sistemas tradicionales y agroforestales de producción caprina en América Central y República Dominicana. Turrialba, Unidad de Producción de Medios CATIE – Turrialba, 266p.
13. Bentancor L. (2010). Evaluación de la calidad higiénico sanitaria, de composición y fisicoquímica de la leche caprina durante el primer período del ciclo de lactancia de la raza saanen en un establecimiento ubicado en la zona rural de Montevideo. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria. UdelaR. 54p.
14. Bergonier D., De Crémoux R., Rupp R., Lagriffoul G., Berthelot X. (2003). Mastitis of dairy small ruminants. *Veterinary Research*; 34: 689-716.
15. Bianchi L., Bolla A., Budelli E., Caroli A., Casoli C., Pauselli M., Duranti E. (2004). Effect of udder health status and lactation phase on the characteristics of Sardinian ewe milk. *Journal of Dairy Science*; 87 (8): 2401- 2408.
16. Boichard D., Bouloc N., Ricordeau G., Piacere A., Barrillet F. (1989). Genetic parameters for first lactation dairy traits in the Alpine and Saanen goat breeds. *Genetic Selection Evolution*; 21:205-215.
17. Boscos C., Stefanakis A., Alexopoulos C., Samartzi F. (1996) Prevalence of subclinical mastitis and influence of breed, parity, stage of lactation and mammary bacteriological status on Coulter Counter Counts and California Mastitis Test in the milk of Saanen and autochthonous Greek goats. *Small Ruminant Research*; 21: 139-147.

18. Boza J., Sanz Sampelayo M.R. (1997). Aspectos nutricionales de la leche de cabra. Disponible en: <http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/3841/10-1997-07.pdf?sequence=1> Fecha de consulta: 23/6/2017.
19. Brozos C., Saratsis P., Boscos C., Kyriakis S.C., Tsakalof P. (1998). Effects of long-term recombinant bovine somatotropin (bST) administration on milk yield, milk composition and mammary gland health of dairy ewes. *Small Ruminant Research*; 29:113-120.
20. Bynum D.G., Olson N.F. (1982). Influence of curd firmness at cutting on Cheddar cheese yield and recovery of milk constituents. *Journal of Dairy Science*; 65: 2281-2290.
21. Carnicella D., Dario M., Ayres M.C.C., Laudadio V., Dario C., (2008). The effect of diet, parity, year and number of kids on milk yield and milk composition in Maltese goat. *Small Ruminant Research*; 77: 71–74.
22. Castel J.M., Ruiz F.A., Mena Y., Sánchez- Rodríguez M. (2010). Present situation and future perspectives for goat production systems in Spain. *Small Ruminant Research*; 89: 207- 2010.
23. Ceballos, L., Morales E. R., de la Torre Adarve G., Castro J. D., Martínez L. P., Sampelayo M. R. S. (2009). Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(4): 322-329.
24. Cecchinato A., Penasa M., Cipolat Gotet C., De Marchi M., Bittante G. (2012) Short communication: Factors affecting coagulation properties of Mediterranean buffalo milk. *Journal of Dairy Science*; 95:1709–1713.
25. Chacón A. (2005). Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana* 16(2): 239-252.
26. Ciappesoni C.G. (2006). La producción caprina en Uruguay y Latinoamérica. Disponible en: <http://www.capraispana.com/la-produccion-caprina-en-uruguay-y-latinoamerica/#Uruguay>: Fecha de consulta: 17/6/2017.
27. Clark S., Sherbon J.W. (2000) Alphas₁-casein, milk composition and coagulation properties of goat milk. *Small Ruminant Research*. 38:123-134.
28. Cofré P.; Larraín G. (2001) Producción de cabras lecheras. *Boletín INIA*; 66:134.
29. Cruz A., Mosquera J., Clavijo M. (2012). Caracterización de sistemas de producción de leche caprina en el sur del Uruguay. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. UdelaR. 105p.
30. Cruz D. (2012). Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria y de composición de leche caprina de la raza saanen en la segunda mitad de la lactancia en un establecimiento caprino en la zona rural de Montevideo. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria. UdelaR. 63p.
31. Dal Zotto R., De Marchi M., Cecchinato A., Penasa M., Cassandro M., Carnier P., Gallo L., Bittante G. (2008). Reproducibility and repeatability of measures of milk coagulation properties and predictive ability of mid-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Dairy Science*; 91:4103–4112.
32. Damián J.P., Sacchi I., Reginensi S., De Lima D., Bermúdez J. (2008) Cheese yield, casein fractions and major components of milk of Saanen and Anglo-Nubian dairy goats. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*; 60:1564-1569.

33. De Marchi M., DalZotto R., Cassandro M., Bittante G. (2007). Milkcoagulationability of fivedairycattle breeds. *Journal of Dairy Science*; 90(8): 3986-3992.
34. De Marchi M., Bittante G., Dal Zotto R., Dalvit C., Cassandro M. (2008) Effect of Holstein Friesian and Brown Swiss breeds on quality of milk and cheese. *Journal of Dairy Science*; 91:4092–4102.
35. Dostalova J. (1994). Goats milk. *Vyziva* 49 (2): 43-44.
36. Dumais R., Blais J.A.; Conrad F. (1991). Queso en: *Ciencia y Tecnología de la leche: principios y aplicaciones*. Zaragoza. Acribia. 547p.
37. El - Shibiny S. (1978). The chemical composition and properties of goat milk, I milk proteins. *Egyptian Journal of Dairy Science*; 6 (1): 77-80.
38. Elichalt M., Bentancor S., Callorda B. (2016). En: Zibil S., Zoratti O., Almero S., Gómez L., Juárez A., Grille L., Carro S., Escobar D., Elichalt M., Bentancor S., Callorda B., Iglesias C., Peregalli F., Lissmann S., Moraino M., Lucas M.J. *Leche de cabra: Producción, Tecnología, Nutrición y Salud*. Tradinco, Montevideo, 126p.
39. FAO. (2017) Producción y productos lácteos: Pequeños rumiantes. Disponible en: <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/produccion-lechera/animales-lecheros/pequenos-rumiantes/es/#.WUWkCoyGPIU> Fecha de consulta: 23/6/2017.
40. Fekadu B., Soryal K., Zeng S., Van Hekken D., Bah B., Villaquiran M. (2005). Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheeses. *Small Ruminant Research*; 59(1): 55-63.
41. 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. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*; 109 (1): 9-15.
42. Goetsch, A. L., Zeng, S. S., Gipson, T. A. (2011). Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research*; 101(1): 55-63.
43. Gomes V., PaivaDella Libera A.M.M., Paiva M., Medici Maduereira K., Pereira Araújo W., (2006). Effect of the stage of lactation on somatic cell counts in healthy goats (*Capraehircus*) breed in Brazil. *Small Ruminant Research*; 64: 30-34.
44. Grandpierre C.; Ghisolfi J.; Thouverrot J.P. (1988). Biochemical study of goat's milk. *Cahiers de Nutrition et de dietetique*; 23 (5): 367-374.
45. Grille Peés L. D., Carro Techera S. B., Escobar Gianni D. V., Bentancor L., Borges A., Cruz D., González, S. (2013). Evaluación de la calidad higiénico sanitaria y de composición de leche de cabra en un rebaño de la raza Saanen. *Innotec*; 8: 52-59.
46. Guinee T., Gorry C., J O'Callaghan D., T O'Kennedy B., O'Brien N., Fenelon M. (1997). The effects of composition and some processing treatment on the rennet coagulation properties of milk. *International Journal of Dairy Technology*; 50:99-106.
47. 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.
48. Guo M. (2003). Goat's milk. En: Caballero B., Trugo L., Finglas P. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. London, Academic, p 2944–2949.

49. Haenlein, G. F. (1996). Status and prospects of the dairy goat industry in the United States. *Journal of Animal Science*; 74(5):1173-1181.
50. Haenlein G.F.W. (2001). The nutritional value of sheep milk. *International Journal of Animal Science*; 16:253-268.
51. Haenlein G. F. W. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*; 51(2): 155-163.
52. Haenlein G.F.W., Wendorff W., (2006). Sheep milk. En: Park, Y.W., Haenlein G.F.W. *Handbook of Milk of Non-bovine Mammals*. Oxford. Blackwell Publishing Professional, p 137–194.
53. Haggag H.F; Hamzawi L.F.; Shahin Y. (1987). Fatty acid composition of globule core lipids from Egyptian cow, buffalo and goat's milk. *Egyptian, Journal of Dairy Science*; 15(1): 25-30.
54. Hirigoyen D., De los santos R., Rodriguez G., Espino F., Barca J., Constantín M 2015. XIII. Jornadas de Buiatría de Paysandú, 262-265p.
55. Hoxha M., Mara V. (2012). Impact of physical-chemical properties on milk coagulation ability for some Albanian breeds of cow sheep and goat. *International Journal of Latest Research in Science and Technology*; 1: 234-238.
56. Ikonen T., Ahlfors K., Kempe R., Ojala M., Ruottinen O. (1999). Genetic parameters for the milk coagulation properties and prevalence of noncoagulating milk in Finnish dairy cows. *Journal of Dairy Science*; 82(1): 205-214.
57. INE Instituto Nacional de Estadística Uruguay (2007) Disponible en: <http://www.ine.gub.uy/encuesta-continua-de-hogares1> Fecha de consulta: 17/6/2017.
58. Jenness R., (1980). Composition and characteristics of goat milk: review 1968–1979. *Journal of Dairy Science*; 63, 1605–1630.
59. Jensen R. (2002). Invited review: the composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *Journal Dairy of Science*. 85:295-350.
60. Johnson M. E., Cen C.M., Jaeggi J.J. (2001). Effect of rennet coagulation time on composition, yield, and quality of reduced-fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*; 84(5):1027–1033.
61. Keskin M., Avşar Y. K., Büçer O., A Comparative Study on the Milk Yield and Milk Composition of Two Different Goat Genotypes under the Climate of the Eastern Mediterranean. (2004) *Turk Journal Veterinary Animal Science*; 28: 531-536.
62. Kindstedt P. S., Fox P. F. (1993). Effect of manufacturing factors, composition, and proteolysis on the functional characteristics of Mozzarella cheese. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*; 33(2): 167-187.
63. Leitner G., Chaffer M., Shamay A., Shapiro F., Merin U., Ezra E., Saran A., Silanikove N. (2004). Changes in milk composition as affected by subclinical mastitis in sheep, *Journal of Dairy Science*; 87(1):46-52.
64. Leitner G., Merin U., Silanikove N. (2010) Effects of glandular bacterial infection and stage of lactation on milk clotting parameters: Comparison among cows, goats and sheep. *International Dairy Journal*; 21: 279-285.
65. Luquet F.M. (1991). Leche y productos lácteos. Vaca-Oveja-Cabra. Zaragoza, Aribia, p 390.
66. Maree H.P. (1978). Goat milk anits use as hypo-allergenic infant food. *Dairy Goat Journal*; 43:363-365.

67. Martí De Olives A., Díaz J.R., Molina M.P., Peris C. (2013). Quantification of milk yield and composition changes as affected by subclinical mastitis during the current lactation in sheep, *Journal of Dairy Science*; 96 (12): 7698-7708.
68. Martin P., Addeo F. (1996). Genetic polymorphism of casein in the milk of goats and sheep. *Proc. of the IDF/Greek National Committee of IDF/CIRVAL Seminar on Production and Utilization of Ewe and Goat Milk, Crete, Greece*, p.45-58.
69. Martin B., Pomiès D., Pradel P., Verdier-Metz I., Rémond B. (2009). Yield and sensory properties of cheese made with milk from Holstein or Montbéliarde cows milked twice or once daily. *Journal of Dairy Science*; 92:4730–4737.
70. Martínez Navalón, B., Peris Ribera C. (2002). El control lechero oficial de la cabra Murciano-Granadina en la Comunidad Valenciana (1995-2001). p. 296-301. Disponible en: <http://arcc.cat/prod01.pdf> Fecha de consulta: 8/8/2017
71. Marziali A.S., Ng-Kwai-Hang K.F. (1986). Effects of milk composition and genetic polymorphisms on coagulation properties of milk. *Journal of Dairy Science*; 69: 1793-1798.
72. Mehala M.A.; Al-kahnai M.A. (1989). Studies on carmeland goat milk proteins, nitrogen, distribution and amino acid composition. *Nutrition-Reports-international*; 39(2):351-357.
73. Mestawet T.A., Girma A., Ådnøy T., Devold T.G., Narvhus J.A., Vegarud G.E. (2012) Milk production, composition and variation at different lactation stages of four goat breeds in Ethiopia. *Small Ruminant Research*; 105:176– 181.
74. Min B. R., Hart S. P., Sahlu T., Satter L. D. (2005). The effect of diets on milk production and composition, and on lactation curves in pastured dairy goats. *Journal of Dairy Science*; 88(7): 2604-2615.
75. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. (2011). Censo General Agropecuario, Resultados Definitivos. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/descarga/censo-general> Fecha de consulta: 23/6/2017.
76. Morand-Fehr P., Fedele V., Decandia M., Le Frileux Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*; 68(1): 20-34.
77. Mosquera J., Palou G., Pizzolon A. (2011) Cadena de procesamiento, comercialización y mercado de leche de cabra y sus productos. Disponible en: http://www.montevideo.gub.uy/sites/default/files/cabras_1.pdf Fecha de consulta: 23/6/2017.
78. Okigbo L.M., Richardson G.H., Brown R.J., Ernstrom C.A., (1985) Variation in coagulation properties of milk from individual cows. *Journal of Dairy Science*; 68:822-828.
79. Optigraph - Manual del Usuario – AMS France 2008. Disponible en: <http://www.alliance-instruments.com/p2-125-Les-fonctionnalites.html> Fecha de consulta: 8/8/2017.
80. Osservatorio del Latte. (2003). *Annuario del Latte 2003*. F. Angeli, Ismea, Rome, Italy.
81. Park Y. W., Chukwu H. I. (1989). Trace mineral concentrations in goat milk from French-Alpine and Anglo-Nubian breeds during the first 5 months of lactation. *Journal of Food Composition and Analysis*; 2(2): 161-169.
82. Park Y. W. (1994). Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. *Small Ruminant Research*; 14(2): 151-159.

83. Park Y. W., Juárez M., Ramos M., Haenlein G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*; 68:88–113.
84. Pizzillo M., Cogliandro E., Rubino R., Fedele, V. (1996). Relationship between somatic cells and milk quality in different goat production systems. *European Federation of Animal Science, Italy*, 77.
85. Politis I., Ng-Kwai-Hang K.F. (1988). Effects of somatic cell counts and milk composition on the coagulating properties of milk. *Journal Dairy of Science.*; 71:1740-1746.
86. Puhan Z.; Jacob E. (1993). Genetic variants of milk proteins and cheese yield. *Proceedings of the IDF Seminar on cheese yield and Factors affecting its control. Cork, Ireland*, p111-122.
87. Pulina G.; Nudda A. (2004). Milk Production. En: Pulina G.; Bencini R. *Dairy Sheep Nutrition. Cambridge. Cabi Publishing*, 1-12 p.
88. Ribeiro A.C.; Ribeiro S.D.A. (2010). Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research*; 89: 225–233.
89. Richardson C.W. (2004). Let's learn about dairy goats and goat's milk. Oklahoma Cooperative Extension Service, Oklahoma State University. Boletín N° 424, p 1-4. Disponible en: <http://oklahoma4h.okstate.edu/litol/file/backup/4h424.pdf> Fecha de consulta: 8/8/2017.
90. Robertson N. H., Muller C. J. C. (2005). Somatic cell count in goat's milk as an indication of mastitis. *Journal of Animal Science*; 6: 1-6.
91. Sampelayo, M. S., Amigo, L., Ares, J. L., Sanz, B., Boza, J. (1998). The use of diets with different protein sources in lactating goats: composition of milk and its suitability for cheese production. *Small Ruminant Research*; 31(1): 37-43.
92. Sanz Sampelayo M., Sanz Ceballos L., Rodríguez M., y Boza J. (2006). Alergia a las proteínas de la leche ¿Puede considerarse la leche de cabra hipoalérgica respecto a la de vaca? *Anales 19 (1) Dic. 2006 Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*. Disponible en: http://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/3959/09_anales.pdf?sequence=1 Fecha de consulta: 19/8/2017.
93. Sáyago-Ayerdi S. G., Vaquero M. P., Schultz-Moreira A., Bastida S. y Sánchez-Muniz F. J. (2008). Utilidad y controversias del consumo de ácidos grasos de cadena media sobre el metabolismo lipoproteico y obesidad. *Nutrición Hospitalaria*, 23(3): 191-202.
94. Scott R (1991) *Fabricación de queso*, 2ª ed. Zaragoza, Acribia, 519p.
95. Sheehan J. J., O'Sullivan K., Guinee T. P. (2004). Effect of coagulant type and storage temperature on the functionality of reduced-fat Mozzarella cheese. *Le Lait*; 84(6): 551-566.
96. Summer A., Malacarne M., Martuzzi F., Mariani P. (2002). Structural and functional characteristics of Modenese cow milk in Parmigiano- Reggiano cheese production. *Ann. Fac. Med. Vet. Univ. Parma*; 22:163–174.
97. Udayarajan, C. (2007). Relating physicochemical characteristics of cheese to its functional performance. Tesis doctoral. Universidad de Wisconsin-Madison, EE.UU, 29 p.
98. Van den Berg G. (1993). Genetic Polymorphism of k-casein and b-lactoglobulin in relation to milk composition and cheesemaking properties. *Cheese*

- yield and Factors Affecting its Control. Proceedings of the IDF Seminar held in Cork, Ireland, 540 p.
99. Varman A., Sutherland J.P. (1994). Leche y productos lácteos: Tecnología, química y microbiología. Acribia, Zaragoza. 476 p.
 100. 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. *Revista Salud Animal*; 29 (3): 160-166.
 101. Vilanova M., Gonçalves M., Moreira Osório M.T., Esteves R., Schmidt V. (2008). The health's udder and chemical composition of Saanen goat milk. *Acta Scientiae Veterinariae*; 36 (3): 235-240.
 102. Villalobos A. C. (2005). Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*; 16(2): 239-252.
 103. Villambrosa M. L., Bruschi J. (2017). Relevamiento de la calidad de leche caprina en distintas provincias Argentinas. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Veterinarias. UNCPBA, 54 p.
 104. Villegas de Gante A., (2004) Principios del cuajado de la leche en: Tecnología quesera, México, Trillas, 398 p.
 105. Walstra P, Geurts A, Noomen A, Jellema A y van Boekel M.A.J.S. (2001) Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos. Zaragoza, Acribia, 1730p.
 106. Zeng S.S., Escobar E.N. (1995). Effect of breed and milking method on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Ruminant Reserch*; 19: 169–175.
 107. Zeng S.S., Escobar E.N., Popham T. (1997). Daily variations in somatic cell count, composition, and production of alpine goat milk. *Small Ruminant Research*; 26: 253–260.
 108. Zeng S. S., Popham T., Escobar E. N. (1999). Seasonal variation of somatic cell count and chemical composition in bulk tank goat milk. *Dairy, Food and Environmental Sanitation*; 19(10): 685-689.
 109. Zullo A., Barone C. M. A., Chianese L., Colatruglio P., Occidente M., Matassino D. (2005). Protein polymorphisms and coagulation properties of Cilentana goat milk. *Small Ruminant Research*; 58(3): 223-230.