Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CALIDAD DE LA LECHE DE CABRA PRODUCIDA EN LA *ASOCIACIÓN CAPRINOCULTORES UNIDOS DE GUANAJUATO*

TESIS
(Idónea Comunicación de Resultados)
Que para obtener el Grado de
Maestra en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA

M.V.Z. Margarita Fernández Pérez

COMITÉ TUTORAL:

Director:
Dr. Jorge A. Saltijeral Oaxaca

Asesor:
Dr. José Ramiro González Montaña

Asesor:
Dr. Francisco José Fernández Perrino

México, D.F. Febrero de 2006

Para mi madre

Sra. Dña. María Pérez Barrio

Por Paco

Sr. D. Francisco José Fernández Perrino

A la asociación “Caprinocultores Unidos de Guanajuato”. A su presidente el Lic. José Oliveros por su apoyo incondicional. A su técnico el Dr. Javier Morales por su valiosísima y desinteresada colaboración. A Coy, por estar siempre al otro lado del correo. A todos los componentes de las granjas participantes en el estudio: Chompiras, Concepción, Pastorcita, Piolines, Puente Colorado y San Pablo, por su paciencia y la cesión de las muestras de leche.

Al Centro de Salud Animal “Angel Usabiaga” de Celaya, Guanajuato, por el análisis de la grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos en las muestras de leche obtenidas.

Al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de Guadalajara. Al Dr. Hugo Castañeda Vázquez, sin cuya intervención no habría tenido lugar este trabajo y al Maestro José Guadalupe Pérez Contreras, por su siempre amable atención y apoyo técnico en la utilización del Fossomatic®.

Al Dr. Héctor Castillo Juárez, por su aportación estadística y por haberla hecho fácil.

Al Dr. Adolfo Guadalupe Álvarez, anterior Coordinador de la Maestría en Ciencias Agropecuarias, por todas las facilidades dadas para iniciar esta Tesis; y al Dr. Luís Arturo García, actual Coordinador, por hacer posible su ejecución.

Al Dr. Jorge A. Saltijeral Oaxaca, por su buena disposición; al Dr. Francisco J. Fernández por el estímulo y al Dr. J. Ramiro González Montaña por compartir sus enseñanzas. Gracias, muchas gracias, por todo.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, por su apoyo y concesión de una Beca para la elaboración y defensa de esta idónea comunicación de resultados.

ÍNDICE V
ÍNDICE DE TABLAS VII
ÍNDICE DE FIGURAS IX
ALGUNAS CONSIDERACIONES RESPECTO A LAS UNIDADES UTILIZADAS Y EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI) XI

Resumen 1
Abstract 2
Introducción 3
- El medio ecológico y la cabra 8
- Calidad 10
- Calidad físico química 11
- Calidad higiénica y sanitaria 19

Objetivos 25
Materiales y métodos 26
- Lugar de experimentación 26
- Cabras 26
- Toma de muestras 27
- Análisis de laboratorio 27
- Análisis estadístico 30

Resultados y discusión 31
- Componentes lácteos 31
- Conteo celular 36
- Comparación entre el conteo por Fossomatic® y la prueba de Wisconsin 43

Conclusiones 45
Bibliografía 47

Índice de Tablas

Tabla I1.	Población caprina (SIAP-SAGARPA, 2003)	5
Tabla I2.	Producción de leche de cabra (SIAP-SAGARPA, 2003)	6
Tabla I3.	Índice de producción	7
Tabla I4.	Composición media de los ácidos grasos (g/100 g leche) en los lípidos de la leche de cabra y de vaca (Haenlein, 2004)	13
Tabla I5.	Composición media en aminoácidos esenciales (g/100 g leche) de las proteínas de la leche de cabra y de vaca (Haenlein, 2004)	15
Tabla R1.	Porcentajes de grasa (G), proteína (P), lactosa (L) y sólidos no grasos (S) en cada lactación (L1-L7) y en cada granja (G1-G6)	34
Tabla R2.	Resultados del análisis de varianza. Cantidad de grasa en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo	35
Tabla R3.	Resultados del análisis de varianza. Cantidad de proteína en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo	35
Tabla R4.	Resultados de análisis de varianza. Cantidad de lactosa en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo	36
Tabla R5.	Resultados del análisis de varianza. Cantidad de sólidos no grasos en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo	36
Tabla R6.	Conteos del número de células somáticas (CCS × 10^3) por mL de leche de cabra y litros de leche al día (L/d) en cada lactación (L1-L7) y en cada granja (G1-G6)	40
Tabla R7.	Resultados del análisis de varianza. Conteo de células somáticas en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo	41
Tabla R8.	Resultados del análisis de varianza. Cantidad de leche producida en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo	42
Tabla R9.	Análisis de varianza para probar la significancia de la variable dependiente CCS en respuesta a la producción	42
Tabla R10.	Relación de las variables grasa, proteína y lactosa con el conteo celular (CCS) y la producción láctea	42
Tabla R11.	Coeficiente de correlación de Pearson	44

Índice de figuras

Fig. I1.	Distribución mundial del censo caprino y de la producción de leche de cabra (FAOSTAT, 2005)	4
Fig. M1.	Esquema de funcionamiento del Fossomatic (Turrado, 1994)	28
Fig. R1.	Evolución de la grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos a lo largo de las lactaciones	35
Fig. R2.	Evolución de la grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos a lo largo de los meses	35
Fig. R3.	Número de células somáticas (log_{10} RCS/mL) de las distintas lactaciones (L1-L7) en los meses de muestreo	41
Fig. R4.	Producción láctea caprina (L/d) de las distintas lactaciones (L1-L7) en los meses de muestreo	41
Fig. R5.	Cantidad de células somáticas (log_{10} CCS/mL) y producción de leche (L/d) a lo largo de las lactaciones	41
Fig. R6.	Relación entre el número de células somáticas (log_{10} CCS/mL) y la producción (L/d) en cada granja (G1-G6) a lo largo de las lactaciones (L1-L7)	41
Fig. R7.	Recta de regresión entre el número de células somáticas mediante el Fossomatic® y mediante la prueba de Wisconsin	44

ALGUNAS CONSIDERACIONES RESPECTO A LAS UNIDADES UTILIZADAS Y EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

En el Sistema Internacional de Unidades (SI), las unidades son de tres tipos:

1. Unidades básicas o fundamentales. Se refieren a magnitudes independientes, por ejemplo, a las magnitudes de longitud o masa, cuyas unidades son el metro y el kilogramo y su símbolo m y kg respectivamente.

2. Unidades suplementarias. Son unidades cuyo carácter fundamental no aparece claro a priori. De momento sólo hay dos, puramente geométricas, que son el ángulo plano, de unidad el radián y símbolo rad y el ángulo sólido, de unidad el estereorradián y símbolo sr.

3. Unidades derivadas. Se refieren a todas las demás magnitudes, y se deducen de las fundamentales y suplementarias de manera coherente. Algunas de estas unidades tienen un nombre especial, como la frecuencia, de nombre hertz (símbolo Hz) o la fuerza, de nombre newton (símbolo N); pero hay otras muchas unidades también derivadas (por ejemplo: las de área, volumen, velocidad, etc.) sin nombre especial.

Existen otras unidades que no son propiamente del SI, pero cuyo uso se permite dentro de éste:

Tabla I. UNIDADES NO MÉTRICA DE USO PERMITIDO EN EL SI			
Magnitud	**Nombre**	**Símbolo**	**Equivalencia SI**
Ángulo	grado	º	1º = (π / 180) rad
	minuto	'	1' = (1/60)º = (π / 10800) rad
	segundo	"	1" = (1/60)' = (π / 648000) rad
Tiempo	minuto	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 h = 60 min = 3600 s
	día	d	1 d = 24 h = 86400 s
Volumen	litro	**l** o **L**	1 L = 1 dm^3 = 10^{-3} m^3
Masa	tonelada	t	1 t = 10^3 kg = 1 Mg
Área	hectárea	ha	1 ha = 1 hm^2 = 10^4 m^2

En la redacción de esta Tesis se presentó cierta controversia a la hora de escribir el símbolo del litro, más concretamente mililitro. Si bien en el diccionario de la lengua española[1] recoge el símbolo ml para la milésima parte de un litro, utiliza l o L para el litro. De igual forma lo utiliza el SI (TablaI).

El SI establece que los símbolos se escriben con minúscula excepto cuando provienen de un nombre propio (por ejemplo, m para metro, pero N para newton) y que es permisible usar la mayúscula L para litro cuando el símbolo normal, l, puede confundirse con el dígito 1.

[1] Real Academia Española. http://www.rae.es/

Los prefijos de múltiplos y submúltiplos como por ejemplo mega, kilo o mili, se escriben con minúscula excepto en el caso de los múltiplos mega y superiores. Así, kilómetro se escribirá km, pero megahertz se escribirá MHz. Según lo dicho anteriormente para el litro, se podría escribir mililitro como ml o mL. Dado que se ha preferido el símbolo L para el litro para evitar confusiones; se ha mantenido el mismo símbolo para el prefijo mili, y se ha utilizado el símbolo mL para el mililitro.

Si bien es común utilizar la magnitud litro como medida de volumen de la leche, hay que considerar que sería más correcto utilizar la magnitud de masa kilogramo (kg), ya que el volumen de la leche varía con la temperatura.

Entre el valor numérico y el símbolo se debe dejar un espacio. Esto no se aplica a los símbolos grado, minuto y segundo de ángulo, que no van separados. Por ejemplo: 20 cm, pero 40º50'22" de latitud. La temperatura en grados Celsius (no centígrados) se puede expresar de ambas maneras (tanto 18ºC como 18 ºC).

En lo referente a los valores numéricos, la coma decimal, usada en Europa, o el punto decimal usado en México son ambos aceptables. Esta regla excluye el uso de comas o puntos para separar grupos de cifras. Estos deben separarse con un espacio sin puntuación alguna. No es necesaria la separación de un grupo de cuatro cifras, excepto si forma parte de una tabla en que aparezcan números mayores, pudiéndose usar potencias de diez o prefijos para hacer innecesaria esta regla.

Se prefiere la notación decimal al uso de fracciones (por ejemplo, 0,25 preferiblemente a 1/4). Para valores inferiores a la unidad, el cero debe preceder a la coma o punto decimal[2].

---

[2] Algunas consideraciones respecto a las unidades utilizadas y el Sistema Internacional de Unidades (SI) se ha elaborado de acuerdo a Puigcerver, 1991.

México, a pesar de ser el país americano que más leche de cabra produce, apenas posee datos acerca de la calidad de la misma. Este trabajo pretende ser un punto de partida en la evaluación de la calidad de la leche de cabra y, particularmente, determinar el número de células somáticas (CCS) y los porcentajes de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos.

En cabras de primera a séptima lactación, clínicamente sanas, manejadas en sistema intensivo y con un periodo medio de lactación de 318 días, se tomaron muestras de leche del ordeño completo de la mañana y tarde y se registró la leche producida en seis explotaciones intensivas de la asociación *Caprinocultores Unidos de Guanajuato*, localizadas en Apaseo El Grande (Guanajuato, México). Los porcentajes medios de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos en la leche analizada fueron 3.7, 2.7, 4.5 y 11.9 respectivamente. La producción media diaria fue de 3.7 L, y el promedio de células somáticas por mL fue de 493 000. Los resultados fueron analizados utilizando modelos mixtos (de efectos fijos y aleatorios) para mediciones repetidas, que incluyeron los siguientes factores: cabra, granja, el efecto aleatorio de la cabra dentro de cada granja, el número de lactación, el mes en que se realizó el muestreo y la interacción entre la granja y el mes. También se estudió la relación entre los componentes lácteos, entre la cantidad de leche producida y el CCS; entre el CCS y la producción y entre el CCS y la prueba de Wisconsin mediante el cálculo de la correlación lineal entre dichos niveles.

Los componentes lácteos y el conteo celular se vieron afectados por los factores de estudio. Con respecto a la producción, no pudo demostrarse su relación con los componentes de la leche, pero sí que las altas producciones implicaron bajos CCS. El CCS se realizó con un Fossomatic®, observándose que aunque se da una relación lineal con los valores obtenidos por la prueba de Wisconsin, los resultados no son extrapolables.

ABSTRACT

Mexico is the America country that produces more goat milk; nevertheless there is no information available about its goat milk quality. This study intends to be a departure point in the evaluation of the quality of the goat milk and, particularly, was design to determine the number of somatic cells and the percentage of fat, protein, lactose and non fat solids.

In goats of first to seventh lactation, clinically healthy, handled in intensive system and with an average period of lactation of 318 days, milk samples were taken in the morning and the afternoon from the complete milking. The milk produced in six intensive farms of the Association *Caprinocultores Unidos de Guanajuato*, located in Apaseo El Grande (Guanajuato, Mexico) was registered. The average percentage of fat, protein, lactose, and non fat solids in analyzed milk were 3.7, 2.7, 4.5 and 11.9 %, respectively. The daily average production was of 3.7 L, and the average of somatic cells by mL was 493 000. The results were analyzed using mixed models (of fixed and random effects) for repeated measurements, that included the following factors: goat, farm, the random effect of the goat within each farm, the number of lactation, the month in which the sampling was made and the interaction between the farm and the month. Also the relation between the milky components, the amount of produced milk and the CCS was studied; as well between the CCS and the production and the CCS and the test of Wisconsin by estimation of the linear correlation between these levels.

The milky components and the cellular count were affected by the studied factors. With regard to the production, its relation with the components of the milk could not be demonstrated, but the high productions implied lower CCS values. The CCS was made with a Fossomatic®, being observed that although a linear relation with the values obtained by the test of Wisconsin occurs, the results are not extrapolables.

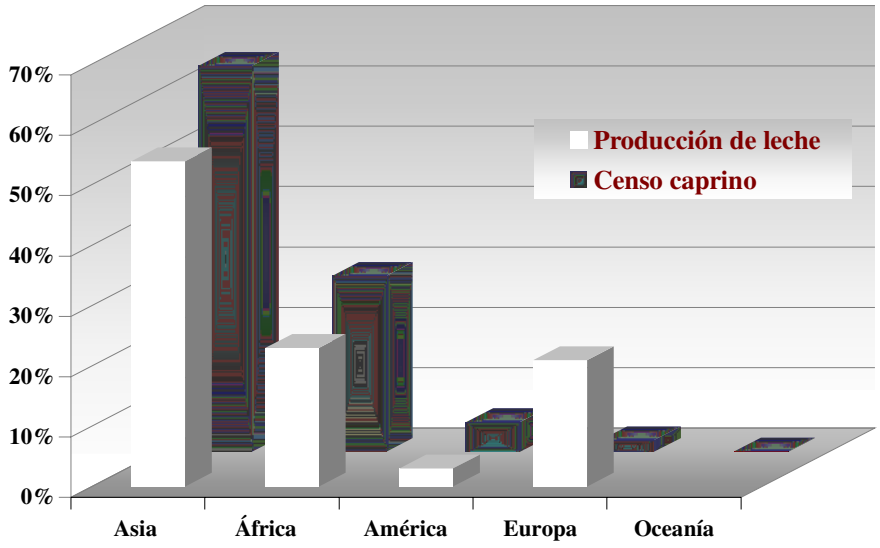
De entre todos los alimentos, la leche es el más completo y de contenido nutricional más equilibrado. El *Codex Alimentarius* la define como la secreción mamaria normal de animales lecheros obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración ulterior (Norma General del Codex, 1999).

Para la mayoría de las personas, e incluso para la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003, el termino *leche* es sinónimo de leche de vaca; sin embargo, en muchos países del mundo se consume mas leche de cabra que de ninguna otra especie. Las estadísticas reflejan que del total de la leche producida en el mundo en 2005, el 84.2 % corresponde a leche de vaca, el 12.2 % a leche de búfala, el 2 % a la leche de cabra, el 1.3 % a leche de oveja y el 0.2 % restante corresponde a leche de camella (FAOSTAT, 2005).

En el contexto de la ganadería mundial, y desde una perspectiva puramente cuantitativa, el ganado caprino tiene una importancia discreta; no obstante, en ciertas zonas geográficas la cabra juega un importante papel económico y social cuya trascendencia cualitativa es muy superior de la que podría deducirse de las cifras estadísticas. De los aproximadamente 807 millones de cabezas de ganado caprino que existen en el mundo (Figura I1), el 64 % se sitúa en el continente asiático (sobre todo en China e India) y el 29 % en el africano (destacando Sudán). América posee el 5 % del censo mundial, con Brasil y México encabezando el censo en el continente; Europa representa el 2 %, siendo en este caso los países mediterráneos quienes concentran la mayoría del ganado caprino (FAOSTAT, 2005).

La producción mundial de leche de cabra en 2005 fue de 12 435 175 toneladas métricas. Asia (India y Bangladesh a la cabeza), con el 54 % de la producción, es el continente más destacado seguido de África (con Sudán en primer lugar) con el 23 % y Europa (sobre todo Francia, Grecia y España) con el 21 %. América representa el 3 % de la producción mundial de leche de cabra (FAOSTAT, 2005).

Figura I1. Distribución mundial del censo caprino y de la producción de leche de cabra (FAOSTAT, 2005)



México es el país americano que más leche de cabra produce, con el 42.8 % de la producción total en América, seguido de Brasil con el 37.4 % (FAOSTAT, 2005), producción que representa 151 842 miles de litros (SIAP-SAGARPA, 2003). Si bien se puede pensar que las cabras no son importantes en el contexto productivo nacional, éstas constituyen la única riqueza y fuente de subsistencia en muchos sectores marginales (Arbiza

y De Lucas, 2001), mientras que para otros sectores pueden constituir una alternativa de exportación en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

En México, la población caprina se sitúa en 8 991 752 cabezas (SIAP-SAGARPA, 2003). Casi la tercera parte de esta población se concentra en los estados de Puebla y Oaxaca, con el 16.3 y el 12.2 % del censo total (Tabla I1).

Tabla I1. Población caprina (SIAP-SAGARPA, 2003)

Estado	Número de cabezas	Porcentaje de representación
Puebla	1 489 531	16.6
Oaxaca	1 123 535	12.5
Guerrero	699 276	7.8
San Luis Potosí	698 045	7.8
Coahuila	628 265	7.0
Zacatecas	509 245	5.7
Michoacán	477 943	5.3
Guanajuato	**470 245**	**5.2**
Nuevo León	373 452	4.2
Durango	335 761	3.7
Hidalgo	295 651	3.3
Jalisco	285 593	3.2
Tamaulipas	276 730	3.1
Total nacional	**8 991 752**	**100**

Nota: Los Estados no citados poseen un censo inferior al 3 %.

En cuanto a la producción láctea, que representa un 1.5 % de la cantidad de leche de vaca producida en México, los datos oficiales registraron en el año 2003 un total de 151 842 miles de litros, siendo Coahuila, Durango y Guanajuato los estados con mayor producción, con el 33.7, 25.4 y el 14.7 % del total nacional, respectivamente (Tabla I2). Esta producción supuso un precio medio por litro de leche de cabra de 3.85 pesos (SIAP-SAGARPA, 2003).

Tabla I2. Producción de leche de cabra (SIAP-SAGARPA, 2003)

Estado	Producción (miles de litros)	Porcentaje de representación
Coahuila	51 071	33.7
Durango	38 605	25.4
Guanajuato	**22 254**	**14.7**
Chihuahua	10 002	6.6
Jalisco	5 647	3,7
Zacatecas	4 777	3.1
Nuevo León	4 709	3.1
Michoacán	3 664	2.4
San Luís Potosí	3 209	2.1
Baja California Sur	2 365	1.6
Puebla	1 284	0.9
Veracruz	1 186	0.8
Sonora	967	0.6
Querétaro	804	0.5
Baja California	433	0.3
Tlaxcala	366	0.2
Tamaulipas	250	0.2
Hidalgo	247	0.2
Total nacional	**151 842**	**100**

Nota: Los Estados no citados poseen una producción láctea no significativa.

Con el fin de interpretar en conjunto los datos incluidos en las Tablas I1 e I2, se presenta en la Tabla I3 una estimación del índice de producción de leche por cabra.

Tabla I3. Índice de producción

Estado	Correlación entre el número de litros producidos y el número de cabezas.
Coahuila	31.3
Durango	115
Guanajuato	**47.3**
Chihuahua	43
Jalisco	19.8
Zacatecas	9.4
Nuevo León	12.6
Michoacán	7.7
Puebla	0.9

La producción de leche de cabra es probablemente mucho mayor de lo que indican las estadísticas oficiales, debido sobre todo al consumo doméstico o local no registrado, especialmente en países en desarrollo, donde se comercializa menos del 5 % de la leche total (Dubeuf *et al.*, 2004).

Más que cualquier otro mamífero de granja, la cabra es el principal suministrador de productos lácteos y cárnicos para la sociedad rural, y su demanda para uso doméstico se está incrementando por el aumento de la población, afianzándose al mismo tiempo el viejo dicho *la cabra es la vaca del pobre*.

En el otro extremo de la escala social, la leche de cabra es demandada por los *gourmet* o conocedores de los productos caprinos, especialmente de quesos y yogures, demanda también en auge debido al aumento del nivel adquisitivo en los países desarrollados. También existe una demanda terapéutica por parte de aquellas personas que sufren alergias u otros padecimientos gastrointestinales cuándo consumen leche de vaca y para los que la leche de cabra se ha convertido en una alternativa beneficiosa (Haenlein, 2004).

El medio ecológico y la cabra

Las especiales características de explotación y producción que presenta este tipo de ganado es lo que motiva el creciente incremento de su censo en amplias zonas del mundo. Así esta especie puede subsistir en medios extremadamente difíciles, tanto en áreas desérticas, como tropicales o alpinas; de hecho, es la especie, después de la canina, que presenta mayor número de razas (Tejón, 1985; Salah, 2005). El ganado caprino posee cualidades que aventajan a sus competidores naturales, el ganado ovino y el ganado bovino. Entre estas cualidades merecen destacarse:

- Su capacidad para efectuar desplazamientos ágiles y rápidos, pudiendo afrontar zonas de fuertes pendientes y difícil tránsito, llegando a lugares inaccesibles para otros mamíferos. Se trata de un animal inteligente, obediente y fácil de criar, que se adapta a sistemas de manejo móviles (Arbiza y De Lucas, 2001).

- Se combina bien con otras especies animales, permitiendo el pastoreo combinado con ovinos, bovinos o equinos, complementando más que compitiendo por el pasto debido a su inherente capacidad de utilizar una amplia variedad de plantas (Lebbie, 2004).

- Poseen una sobresaliente capacidad para soportar condiciones climáticas adversas. Con excepción de los camellos y dromedarios, la cabra muestra mejor adaptación a la aridez que otros animales domésticos, debido a su bajo recambio hídrico, a su adaptación a la salinidad y a temperaturas elevadas y a que tienen un mayor reciclaje de nitrógeno endógeno y una población microbiana más estable a nivel ruminal (Capote, 2002).

- Después de periodos alimenticios “difíciles”, se recupera mejor y más rápidamente que los ovinos y los bovinos. Las cabras, al contrario que las ovejas, carecen de reservorios de grasa que le ayuden a superar los periodos nutricionales de estrés (Iñiguez, 2004).

- Digiere mejor la fibra que la oveja pudiendo aprovechar mejor vegetaciones pobres y matorrales espinosos; además, y en contra de la creencia popular, es menos dañina que la oveja en caso de pastoreo abusivo. La oveja, a causa de su labio superior bífido, arranca hasta las raíces de las hierbas, cosa que la cabra no puede hacer.

Culpar a las cabras de la degradación existente en unas áreas donde sólo ellas lograban permanecer ha quedado totalmente refutado, comprobándose que en la mayoría de

los lugares degradados habían existido vacas y ovejas antes que las cabras. El ganado caprino es hoy una de las alternativas más interesantes para el desarrollo de determinadas regiones del planeta (Capote, 2002), y con ventajas desde el punto de vista ecológico, ya que combate la propagación de malezas (evitando la aparición de incendios); clarifica los chaparrales permitiendo que se desarrollen gramíneas en el suelo o actúa como regeneradora de la vegetación, dispersando las semillas en el estiércol (Arbiza y De Lucas, 2001).

En lo que a enfermedades se refiere, el ganado caprino es más resistente que el ovino o el bovino. Cuando se trata de ganado caprino de alta producción láctea, evidentemente las diferencias son menores, pero incluso así son más resistentes a las mastitis clínicas debido a su mecanismo de regulación de la migración de neutrófilos al interior del tejido mamario (Paape y Capuco, 1997; Amorena *et al*., 2000).

La cabra es una de las especies domésticas que presenta más aptitudes. Produce leche, idónea tanto para su consumo directo como para su transformación en queso, yogur, crema, mantequilla, dulces o como ingrediente cosmético; también produce carne, piel, pelo, estiércol e incluso sirve como animal de carga. En curtiduría da unos cueros excelentes, de más valor que los del ganado lanar y bovino.

Desde un punto de vista de biotipo, es una especie estrictamente productora de leche, aún cuándo también constituye un animal productor de carne. Esto puede parecer una contradicción, pero los hechos demuestran que estos animales difieren del resto de los rumiantes en cuanto a los caracteres productivos. Mientras que en los bovinos y ovinos, merced a un periodo selectivo, se han logrado razas especializadas en la producción de carne con una conformación que se adapta a este fin, en la cabra este hecho no se presenta (si se considera que de todas las razas existentes en el mundo no existe una sola que en su estado adulto no sea susceptible de engorde). Ahora bien, desde un punto de vista productivo, lo que sí se aprovecha es el hecho de que su nivel de crecimiento y desarrollo en los primeros estadios es mayor que el de otras especies, de ahí que la carne se produzca en esta fase inicial, mientras que en otras especies es a mitad o al final del ciclo productivo.

La cabra es un animal conformado para la producción láctea de modo superior que el resto de los mamíferos. Según Agraz (1981) las cabras son más eficaces como productoras de leche, por unidad de peso vivo, que la oveja e incluso que la vaca.

Calidad

Calidad proviene de la etimología latina *qualitas*, que significa cualidad, manera de ser, propiedad de las cosas. A partir de esta raíz, muchos autores han desarrollado y caracterizado este concepto.

Rosas define la calidad como el cumplimiento de un conjunto de requisitos que permiten la idoneidad para el uso de un producto o servicio determinado. Esos requisitos corresponden a un grupo de especificaciones ya establecidas y se relacionan directamente con las diferentes propiedades de cada producto en particular, las cuales pueden ser cuantificadas (Vega y León *et al*., 1999).

La calidad, por lo tanto, se puede medir, aunque se debe comprender la calidad de la misma manera y con los mismos estándares de medición. Con base en el resultado de estas mediciones se sabe cuándo se cumple o no con los requerimientos, e incluso se pueden aplicar acciones correctivas en el caso de que el producto o servicio no satisfaga alguna de las especificaciones, como apuntan Heilmlich y Carrillo (Vega y León *et al*., 1999).

La calidad de la leche y sus derivados debe estar definida por los usuarios, siendo la empresa agroindustrial la que en el proceso de producción-consumo verifica las propiedades de la leche cruda y posteriormente los laboratorios oficiales de control de calidad y de otras instancias los que miden las características de los productos lácteos antes de su consumo final.

La calidad de la leche se basa en patrones bioquímicos (porcentaje de grasa, proteína y extracto seco, entre otros) e higiénico-sanitarios (calidad bacteriológica y conteo celular somático) (Contreras *et al*., 1997). Estos patrones y sus límites están en continua evolución de acuerdo a los avances científicos y a las expectativas de los consumidores. Algunos de esos criterios fueron establecidos para la leche de vaca y se aplicaron posteriormente a la leche de cabra, sin tener en cuenta sus características particulares. Por

lo tanto es necesario progresar en el conocimiento de los efectos de esos criterios sobre la calidad de la leche de cabra y de sus productos finales para justificar su validez (Raynal-Ljutovac, 2005).

Calidad físico-química

Los beneficios de la leche de la cabra están ampliamente aceptados en la práctica y desde la antigüedad. En la medicina tradicional china ya se decía que "la leche de cabra es buena para el hombre" (Sung *et al*., 1999); Aristóteles decía que las cabras dan abundante leche, que ésta es la mejor de todos los animales y la que mejor recibe nuestro estómago; Plinio la aconsejaba como un alimento excelente; Fernando de Sande y Lago, albéitar Español del siglo XVIII considerado como uno de los renovadores de la ciencia en ese país, escribe: "la leche de cabra es la mejor de todas para los niños después de la de las mujeres, y para los viejos,..." (Agraz, 1981). Los trabajos actuales dan la razón a las fuentes históricas, aunque todavía sea necesaria más investigación biomédica al respecto.

La leche de cabra es similar a la leche de vaca en su composición básica pero difiere en muchas de sus propiedades físicas y químicas.

Su contenido en grasa (4 %) es mayor que en la vaca (3.5 %), aunque depende mucho de la raza caprina de la que se trate y de la época del año en que se realice la determinación, llegando algunas a superar el 6 % (Ramos *et al.*, 2002), o incluso de si se trata de cabras primíparas o multíparas (Martínez y Peris, 2002); pero la principal diferencia no radica en la cantidad de grasa sino en la calidad de ésta. La leche de cabra no contiene aglutinina, una proteína presente en las membranas de los glóbulos grasos y cuya función es agrupar los glóbulos grasos para formar estructuras de mayor tamaño. Por esto, el tamaño de los glóbulos grasos es menor (unos 2 μm, frente a los 2.5–3.5 μm de la leche de vaca), lo que hace que sean atacados más fácilmente por las enzimas digestivas aumentando su digestibilidad. Este menor tamaño de los glóbulos grasos también provoca que la grasa de la leche de cabra se disperse más homogéneamente. La homogeneización natural de la leche de cabra es mucho mejor desde el punto de vista de la salud humana que la homogeneización mecánica de los productos derivados de la leche de vaca, pues la rotura

enérgica de los glóbulos grasos mediante métodos mecánicos provoca la liberación de una enzima (xantina-oxidasa). Una vez consumida, al atravesar esta enzima la pared del intestino y llegar al sistema circulatorio, es capaz de provocar una serie de lesiones a nivel cardiaco y vascular que desencadenarán la liberación de colesterol en un intento de proteger esas áreas lesionadas, y que puede conducir a aterosclerosis. Este efecto no se da con la leche natural de vaca, no homogeneizada. En la leche no homogeneizada, esta enzima es excretada normalmente sin que prácticamente se absorba (Haenlein y Caccese, 1984).

La preocupación de las autoridades sanitarias por el incremento de la obesidad ha llevado de modo enfático a aconsejar dietas bajas en grasas. Es necesario, sin embargo, considerar tanto la cantidad como la calidad de esas grasas. Por ejemplo, no todos los ácidos grasos saturados están implicados en la elevación de los niveles de colesterol. Los ácidos grasos láurico, mirístico y palmítico sí son responsables de dicho incremento, mientras que otros ácidos grasos saturados, como el ácido esteárico, no están implicados en este proceso (Williams, 2000).

Por término medio, y cuantitativamente hablando, la grasa de la leche de cabra contiene más ácidos grasos que la grasa de la leche de vaca. Posee un contenido más alto en ácido caproico (C6:0), caprílico (C8:0), cáprico (C10:0), láurico (C12:0), palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) y linoleico (C18:2). Nótese que tres de los triacilgliceroles de cadena media tienen nombres derivados del termino cabra, debido a su predominio en la leche de esa especie (Tabla I4). Los ácidos cáprico y caprílico y los triacilgliceroles de cadena media (TCM) se han convertido en tratamientos médicos establecidos para una serie de padecimientos clínicos, como en el síndrome de mala absorción, en la alimentación infantil prematura, en el “by pass” coronario, en la epilepsia o en la resección intestinal, debido a que su metabolismo proporciona energía directamente, sin depositarse en los tejidos adiposos, y a que causan disminución de los niveles de colesterol sérico, inhibiendo o limitando su depósito.

La leche de cabra supera a la de la vaca en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, conocidos por sus efectos beneficiosos en la salud humana (especialmente a nivel cardiovascular), disminuyendo el colesterol LDL, lipoproteína de baja densidad por sus siglas en inglés (Haenlein, 2004).

Tabla I4. Composición media de los ácidos grasos (g/100 g leche) en los lípidos de la leche de cabra y de vaca (Haenlein, 2004)

	Leche de cabra	Leche de vaca	Diferencia (%) a favor de la leche de cabra
C4:0 Butírico	0.13	0.11	
C6:0 Caproico	0.09	0.06	
C8:0 Caprílico	0.10	0.04	
C10:0 Cáprico	0.26	0.08	
C12:0 Laurico	0.12	0.09	
C14:0 Mirístico	0.32	0.34	
C16:0 Palmítico	0.91	0.88	
C18:0 Esteárico	0.44	0.40	
C6-14 Total TCM	0.89	0.61	+ 46
C4-18 Total AGS	2.67	2.08	+ 28
C16:1 Palmitoleico	0.08	0.08	
C18:1 Oleico	0.98	0.84	
C16:1-22:1Total AGM	1.11	0.96	+ 16
C18:2 Linoleico	0.11	0.08	
C18:3 Linoleico	0.04	0.05	
C18:2-18:3 Total AGP	0.15	0.12	+ 25

TMC: triacilgliceroles de cadena media; AGS: ácidos grasos saturados; AGM: ácidos grasos monoinsaturados; AGP: ácidos grasos poliinsaturados.

La cantidad de proteínas también se ve influida por factores como la raza o el estado y número de lactación, encontrándose valores entre el 2.6 y 4.3 %, según los distintos autores consultados (Zeng, 1996; Martínez y Peris, 2002; Alsina *et al.*, 2002; Peris *et al.*, 2002).

Las proteínas de la leche de cabra y de vaca son similares en cuanto a su clasificación general en α_s-, β-, κ-caseínas, β-lactoglobulina y α-lactoalbúmina, aunque difieren en los polimorfismos genéticos y en sus frecuencias.

Existen seis tipos diferentes de α_s-caseína. La α_{s1}- caseína (principal α_s-caseína en la leche de vaca) está ausente o presente en bajas cantidades en la leche de determinadas poblaciones caprinas. En aquellas poblaciones caprinas que carecen de dicho tipo de caseína, la variante α_{s2}-caseína pasa a ser la principal, lo que le confiere diferentes propiedades en cuanto a digestibilidad y para la elaboración del queso (Haenlein, 2004).

La calidad de la cuajada se juzga por dos criterios: la tensión de la cuajada y el tamaño relativo de los grumos que se forman al añadir un ácido fuerte a la leche. Respecto al primero de ellos, la tensión de la cuajada es una característica de la raza: por ejemplo, la raza bovina Holstein tiene la cuajada más blanda entre los bovinos, donde oscila entre 15 y 200 g, con un promedio de 70 g. En el ganado caprino, en cambio, oscila entre 10 y 70 g, con un promedio de 36 g. Debe tenerse en cuenta que cuanto más blanda sea la cuajada, más digestible es.

Respecto al tamaño de los grumos, la leche de cabra forma grumos más rápidamente y de menor tamaño que la leche de vaca (que los tiende a formar más lentamente y de mayor tamaño). Cuanto más pequeños sean los grumos más fácilmente se degradan por las proteasas del estómago, por tanto se digieren más rápida y fácilmente (Haenlein y Caccese, 1984).

La leche de cabra contiene altos niveles de 5 de los 10 aminoácidos esenciales: treonina, isoleucina, lisina, tirosina y valina (Tabla I5). Aunque sus efectos metabólicos no se han estudiado demasiado en la leche de cabra, en estudios hechos en ratas con síndrome de mala absorción se encontró que aquellas alimentadas con leche de cabra mejoraban la absorción del cobre, lo que se atribuyó a los altos contenidos de cistina (83 mg/100 g en la leche caprina frente a 28 mg/100 g en la leche de vaca) (Barrionuevo *et al*., 2002). Las recomendaciones nutricionales de aminoácidos esenciales en la dieta diaria de un adulto se encontrarían superadas, o por lo menos igualadas, con el consumo de sólo medio litro de leche de cabra (Haenlein, 2004).

Tabla I5. Composición media en aminoácidos esenciales (g/100 g leche) de las proteínas de la leche de cabra y de vaca (Haenlein, 2004)

	Leche de cabra	Leche de vaca	Diferencia (%) a favor de la leche de cabra
Triptófano	0.044	0.046	
Treonina	0.163	0.149	+ 9
Isoleucina	0.207	0.199	+ 4
Leucina	0.314	0.322	
Lisina	0.290	0.261	`+11
Metionina	0.080	0.083	
Cistina	0.046	0.030	+ 53
Fenilalanina	0.155	0.159	
Tirosina	0.179	0.159	+ 13
Valina	0.240	0.220	+ 9

La mayor capacidad amortiguadora de la leche de cabra la hace adecuada en el tratamiento de las úlceras gástricas. Las proteínas, principalmente las caseínas, y el sistema fosfato de la leche influyen en dicha capacidad de amortiguación. La leche de cabra contiene niveles significativamente más altos de nitrógeno no proteico que la leche de vaca, que junto con los fosfatos se correlacionan de manera positiva con su mayor capacidad amortiguadora. Las fórmulas infantiles a base de soya contienen menos nitrógeno total y menos nitrógeno no proteico que la leche natural de vaca o cabra, siendo la capacidad amortiguadora de las formulas preparadas más baja que la de leche natural (Haenlein y Caccese, 1984; Park, 1994).

Pero si hay un papel que se le atribuye a la leche de cabra desde hace tiempo, éste es el de ser un alimento infantil hipoalergénico. Muchos alimentos causan síntomas alérgicos; así, la leche de vaca es la causa más frecuente de alergia alimentaria en niños. Su prevalencia varía con los países y la edad de los afectados, aunque no se tienen datos exactos debido a los diferentes métodos de diagnóstico y a la amplia variedad de polimorfismos genéticos de las distintas caseínas y proteínas del lactosuero. Esto dificulta

determinar cuál es la proteína responsable de la reacción alérgica, a menos que se utilicen los polimorfismos genéticos de las proteínas lácteas en las pruebas clínicas.

La β-lactoglobulina no está presente en la leche humana, por lo que se la ha considerado una de los principales alergenos de la leche de vaca. Sin embargo, estudios comparativos han demostrado que no existe diferencia de alergenicidad entre las β-lactoglobulinas y las caseínas. Para Haenlein (2004) las α-lactoalbúminas también han sido causantes de reacciones dérmicas positivas en las pruebas cutáneas por punción (*prick* cutáneos), aunque también se ha señalado que desde un punto de vista diagnóstico o de tolerancia, la punción puede presentar poca sensibilidad, por lo que debe recurrirse siempre a la determinación bioquímica de IgE específicas (Infante *et al*., 2003).

Desde 1952 se ha demostrado experimentalmente que niños alérgicos a la leche de vaca han respondido positivamente a la ingestión de leche de cabra. La leche de cabra ha mostrado ser más efectiva en el control de las alergias que la más común y recomendada leche de soya; además, se ha observado que del 20 al 30 % de los niños alérgicos a la leche de vaca también lo son a las proteínas de la soya (Arbiza y De Lucas, 2001).

La alergia a las proteínas de la leche de vaca suele desaparecer en el 90 % de los casos antes del año de vida, pero en el 10 % restante puede tener una duración superior a los 5 años. Las fórmulas especiales a base de aislados de proteína de soya o los hidrolizados extensos de proteínas están diseñados para cubrir las necesidades de los lactantes, así en los casos de larga duración puede haber problemas de rechazo por las características organolépticas con el consiguiente riesgo potencial de inadecuada mineralización ósea. Para estos pacientes, también la leche de cabra es una buena alternativa; eso sí, no se debe aconsejar su uso sistemático sin comprobar previamente una adecuada tolerancia bajo control del especialista (Park, 1994; Arbiza y De Lucas, 2001; Infante *et al*., 2003; Haenlein, 2004).

El contenido en lactosa, al contrario que en los dos parámetros anteriores, varía muy poco a lo largo de la lactación, y su valor medio oscila entre el 4.4 y 4.7 % (Buxadé y Caballero, 1996). Contiene aproximadamente un 1 % menos que la leche de vaca. Sin embargo, al ser la leche caprina más digestible en su conjunto puede ser tolerada por algunos individuos con intolerancia a la lactosa.

Respecto a las vitaminas, posee más cantidad de vitamina A que la leche de vaca. Las cabras convierten todos los carotenos en vitamina A, creando una leche totalmente blanca, al igual que su crema y mantequilla. Los niveles de vitamina B son resultado de la síntesis en el rumen, tanto en la vaca como en la cabra y, por lo tanto, son independientes de la dieta. La leche de cabra provee adecuadamente niacina, vitamina B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina) y pantotenatos, y tiene deficiencias con respecto a las vitaminas C, D, B12 (cobalamina), B6 (piridoxina) y el folato. La deficiencia de este último puede conducir al lactante a una anemia megaloblástica, que se subsana adicionando folatos a la dieta (Arbiza y De Lucas, 2001; Haenlein, 2004).

La leche de cabra tiene mayor contenido en minerales que la leche de vaca. Es rica en calcio, potasio, magnesio, fósforo, cloro, manganeso y selenio; pero baja en sodio, hierro, azufre, zinc y molibdeno (Haenlein y Caccese, 1984; Belewu y Aiyegbusi, 2002).

La absorción digestiva del calcio fue mayor en ratas que consumieron dieta a base de leche de cabra, y también fue mayor el contenido de hierro en los órganos de reserva. Incluso se aprecia un efecto beneficioso de la leche de cabra sobre el metabolismo del hierro y del calcio, minimizando la interacción entre estos dos minerales (López-Aliaga *et al*., 2000; Alférez *et al*., en prensa). También se ha observado el efecto beneficioso de la leche de cabra con respecto a la de vaca sobre el metabolismo de hierro y cobre (Barrionuevo *et al.*, 2002). La biodisponibilidad del zinc y del selenio, minerales con efecto protector frente a radicales libres, también es mayor con el empleo de leche de cabra (Alférez *et al*., 2003; Barrionuevo *et al*., 2003). En otros estudios, la utilización de la grasa y la ganancia de peso mejoró con las dietas que incluían leche de cabra en comparación con las que incluían leche de vaca y los niveles de colesterol fueron bajos, mientras que los niveles de triacilgliceroles, HDL (lipoproteína de baja densidad, por sus siglas en inglés), ASAT (aspartato aminotransferasa) y ALAT (alanino aminotransferasa) se mantuvieron en un valor normal (Alférez *et al*., 2001).

Los componentes físico-químicos de la leche están afectados por una serie de factores que influyen tanto en la cantidad y calidad de la leche de cabra como en la rentabilidad de la explotación. Entre estos factores cabe citar la raza y sistema de producción, la edad o número de lactación, el estado de lactación, el tipo de parto, la edad

al primer parto y el estado sanitario de la glándula mamaria. Algunos de estos, interrelacionados entre sí, se deben tener en cuenta.

La producción de leche está regida por factores genéticos que influyen significativamente sobre la cantidad y la calidad de la leche producida, pero la producción de las distintas poblaciones caprinas presenta una fuerte variación individual y además siempre va ligada al sistema de producción, el cual a su vez depende del área de ubicación (Falagán y Mateos, 1996).

La edad de la cabra (número de lactación o de parto) en la que se consiguen mayores cantidades de leche, grasa, proteína y extracto seco es alrededor de la sexta lactación, mientras que las menores producciones se obtienen en las primeras lactaciones y en las cabras más viejas (Falagán y Mateos, 1996). La edad a la que paren por primera vez también influye significativamente, no sólo sobre la producción láctea total y las cantidades acumuladas de grasa, proteína y extracto seco, sino también sobre la duración de la lactación, de forma que los mayores valores se dan en cabras que paren a edades más elevadas y los menores en las más jóvenes (menos de un año) (Falagán *et al.,* 1994). Por otro lado, si las cabras tienen un parto múltiple, la producción de leche es mayor debido al intenso estímulo producido en la glándula mamaria por el mayor número de cabritos lactantes, y porque el mayor número de cabritos gestados se corresponde con un aumento del volumen de la placenta, lo que produce un incremento del lactógeno placentario, hormona que favorece el desarrollo del tejido glandular de la ubre.

La producción de leche diaria y su composición no permanecen constantes a lo largo de la lactación. La curva de lactación de la especie caprina presenta varias etapas:

I. Una *fase inicial o ascendente* cuyo máximo se sitúa entre la 4ª y la 7ª semana post parto.
II. Una *fase de meseta o de producción máxima* de corta duración, de 1 ó 2 semanas.
III. Una *fase descendente* progresiva y lenta hasta el secado.

Estas fases, a su vez, también dependen de los factores de influencia y de las reservas corporales que la cabra mantenga en el momento del parto. Sin embargo, los porcentajes de grasa y proteína se caracterizan por seguir una evolución opuesta a la producción, es decir, una rápida disminución en el transcurso de los dos primeros meses de lactación y un aumento a partir del tercer mes. La lactosa es el componente más estable a lo largo de la lactación desde este punto de vista.

Respecto a la época de parto, surgen aparentes contradicciones entre los distintos investigadores debido a los diferentes sistemas de explotación con grados de extensión muy distintos y a que con la época de parto también van ligados factores climáticos, de manejo o de alimentación (Vega *et al*., 1999).

El estado sanitario de la glándula mamaria afecta decisivamente a la calidad físico-química de la leche. La relación de la mastitis con la calidad de la leche resulta evidente, puesto que al tratarse de un proceso que afecta directamente a la glándula mamaria influye sobre la síntesis de los componentes de la secreción, disminuyendo el contenido en grasa y el extracto seco. Las proteínas no tienen variaciones importantes en su conjunto, pero sí disminuye la proteína de más valor como es la caseína. Realmente, cualquier enfermedad afecta directa o indirectamente tanto en la calidad como en la cantidad de leche (Turrado, 1994).

Los parámetros relacionados con la mastitis ligados a la calidad de la leche son los residuos químicos, los gérmenes y las células somáticas.

Calidad higiénica y sanitaria

Por calidad higiénica o bacteriológica se entiende el número de bacterias por mililitro que tiene la leche de una explotación ganadera en el momento de ser entregada a la industria. Cuánto menor sea este número, mayor será la calidad, y por tanto más apreciada desde un punto de vista comercial.

Los gérmenes patógenos, y sus toxinas, que aparecen como resultado de las infecciones mastíticas constituyen un riesgo para la salud del consumidor, mientras que

otros de origen no mastítico (saprofitos o agentes de deterioro) suponen un problema tecnológico para la industria láctea.

El consumidor debe dar por sentado que todos los alimentos puestos a la venta son inocuos. Para la FAO/OMS, alimentos como los derivados lácteos deben cumplir con diversos requisitos de calidad para ser considerados inocuos, fiables y nutritivos para la población (Vega y León *et al*., 1999). Un alimento de calidad implica que sea inocuo. En el tema que nos ocupa, se podría definir la leche de cabra como *un alimento inocuo cuando cumple un conjunto de condiciones y medidas necesarias, durante su producción, elaboración, almacenamiento y distribución, para asegurar que una vez ingerida no represente un riesgo apreciable para la salud*. Para ello, los distintos gobiernos deben crear el marco jurídico necesario para el establecimiento de una infraestructura eficaz de control de la inocuidad de los alimentos, que además sirva para definir el nivel de calidad mínimo para la industria y de al consumidor una definición de alimento inocuo. La legislación mexicana, si bien posee una amplia normatividad en cuanto a la higiene de la leche, suele ser inespecífica y/o referida exclusivamente a la leche de vaca. Actualmente no hay normas oficiales mexicanas específicas para la leche de cabra, y es importante establecer legalmente las condiciones mínimas que ésta debe reunir para dotar a la leche de la cabra de su nivel de calidad, con lo que aumentaría no solo la confianza de los consumidores sino también la de los mercados nacionales e internacionales.

La calidad sanitaria de la leche se asocia a la ausencia de mastitis, y el principal parámetro para cuantificar la presencia de esta patología en los efectivos del rebaño es el conteo celular somático (CCS).

Estas células denominadas somáticas son células defensivas de la vaca cabra u oveja en la ubre, mayoritariamente leucocitos procedentes del sistema circulatorio, que se incrementan cuando hay un proceso inflamatorio. Las células somáticas se eliminan con la leche y su cuantificación permite determinar la presencia de mastitis y el grado de inflamación de la glándula mamaria.

El conteo celular somático en leche está ampliamente aceptado como indicador del estado de salud de la glándula mamaria en lactación. La sencillez de su realización y la información que aporta ha permitido su extensión por todo el mundo, especialmente desde

que los métodos automáticos e instrumentales han sustituido a los conteos microscópicos manuales. El CCS es un método aceptado para evaluar la calidad de la leche de vaca, pero existen algunos interrogantes con respecto a su uso en el ganado caprino. Las particularidades fisiológicas y productivas de la cabra impiden la extrapolación de los programas de control diseñados para el ganado bovino.

El conteo celular es superior en cabras sanas que en vacas sanas. La media de células en leche de vacas sin infección intramamaria varía entre 40 000 y 80 000 células por mL (Paape y Contreras, 2000), mientras que en la cabra podemos encontrar variaciones desde 165 000 (Dulin *et al*., 1983) hasta 1 920 000 células por mL (Rota *et al*., 1993), e incluso superiores.

En Estados Unidos, la leche se encuentra sometida a la normativa regulada por el decreto de Leche Pasteurizada, y obliga a que la leche de cabra se comercialice en estado líquido y contenga menos de 1 000 000 de células por mL. Estos límites se impusieron imitando modelos previamente establecidos para el ganado bovino, sin considerar las especiales características de la secreción láctea caprina. En la mayoría de los Estados se cumplen estas normas, aunque en aquellos con importantes poblaciones de cabras lecheras las empresas no obligan a los productores a ceñirse a la norma. No obstante, algunas explotaciones se han visto obligadas a cerrar como consecuencia de no poder adaptarse a la norma de 1 000 000 células por mL (Paape y Contreras, 2000).

En la Unión Europea, el límite está claramente establecido para la leche de vaca y búfala (400 000 células somáticas por mL de leche), sin embargo no existe acuerdo para fijar este límite en la leche de oveja y de cabra, y se establece que *las normas relativas al contenido en células somáticas en leche de oveja y de cabra se establecerán en función de los avances científicos y tecnológicos* (Directiva 94/71/CE). A pesar de que todavía no se ha producido un pronunciamiento legal, los expertos están más de acuerdo en aceptar un límite máximo de 1 500 000 células por mL (Sánchez *et al*., 2000).

La dificultad en poder establecer un límite admisible de células somáticas en la leche caprina se debe a que una de las principales características de la secreción de la leche en la cabra es su carácter marcadamente apocrino frente al carácter marcadamente

merocrino[1] de la secreción de la leche en la vaca. Como resultado de este carácter secretor, en la leche de cabra aparecen numerosas partículas no leucocíticas similares a las células somáticas. Estas partículas son grandes fragmentos de citoplasma originados a partir de la porción apical de las células secretoras alveolares mamarias y presentan un tamaño similar (5-25 µm de diámetro) al de los leucocitos de la leche. Además contienen abundante material granular ARN-positivo (asociado a las dilatadas cisternas del retículo endoplasmático rugoso), gran cantidad de proteínas y algunos lípidos, pero carecen de ADN (Wooding *et al*., 1970), por lo que para valorar el contenido celular en ganado caprino es necesario que sean métodos específicos de ADN (contadores fluoro-opto-electrónicos o tinciones específicas de material nuclear) (Poutrel y Lerondelle, 1983; Gonzalo *et al*., 1998).

Las partículas citoplasmáticas no son células, y su presencia en la leche no indica una condición patológica; además, esas partículas son producto del proceso normal de secreción de la leche en la cabra.

La secreción láctea de ovinos y bovinos muestra hasta un 3 % de partículas citoplasmáticas como componente del CCS en la leche, mientras que en caprinos oscila entre el 3 y el 94 % (Amorena *et al.*, 2000). Estas partículas no se ven afectadas por el estado de la lactación ni por las infecciones en la ubre, pero su valor es mayor en la primera lactación, tal vez debido a un efecto de concentración ya que los animales en la primera lactación producen menos leche (Dulin *et al.*, 1983).

En los conteos celulares diferenciales entre bovino y caprino también existen diferencias. En animales libres de infección intramamaria, los neutrófilos sólo constituyen entre un 5-20 % de las células en la leche de vaca, mientras que en la secreción láctea de la cabra pueden llegar a constituir el 50-86 %. En el calostro ovino y en el bovino, el tipo celular predominante son los neutrófilos, cuya presencia es estimulada tanto por el efecto de la distensión mamaria como por la presencia de fragmentos citoplasmáticos y nucleares

[1] El proceso de descarga de los productos secretados por las células (Wheater *et al.*, 1987) puede ser:

Merocrina, incluye el proceso de la exocitosis y es la forma más frecuente de secreción.

Apocrina, descarga de vesículas secretoras libres, enteras, limitadas por membrana que contienen los productos de secreción.

Holocrina, forma de secreción poco frecuente que incluye la descarga completa de las células secretoras con la consiguiente desintegración de las células al liberar los productos secretados.

procedentes de células degeneradas que ejercen un efecto quimiotáctico sobre los neutrófilos. Dicho tipo de estimulación podría estar relacionado con el hecho de que en aquellas mamas sanas con abundante producción de partículas, como es el caso de los caprinos, los neutrófilos constituyan el tipo celular predominante (Amorena *et al.*, 2000), lo que podría sugerir una mayor resistencia frente a las mastitis clínicas en las cabras.

Además de la infección intramamaria, existen otros factores que contribuyen al incremento de las células somáticas en los caprinos, como el momento de la lactación, la edad, el volumen de leche producido y las prácticas de manejo. Más del 90 % de las diferencias en el CCS en la cabra no se debe a la infección intramamaria y aproximadamente el 75 % de la variación entre los CCS no están justificados. Se han sugerido otras posibles razones del incremento de las células somáticas en la cabra, como el virus de la artritis encefalitis caprina, las mastitis por micoplasmas, las campañas de vacunación o la acidosis por fallos en la alimentación. Algunos de estos hechos sugeridos, como la vacunación, no son situaciones diarias y por lo tanto solamente producirían elevaciones puntuales (Wilson *et al*., 1995).

No cabe duda de que la infección intramamaria produce un aumento en el CCS, incluso que la infección en un cuarterón induce el incremento del CCS en el cuarterón homólogo no infectado (Dulin *et al.*, 1983; Droke *et al*., 1993). Sin embargo, Lerondelle *et al*. (1992) no encontraron esta influencia, tal vez porque sus investigaciones se realizaban en mastitis no clínicas, y los resultados pueden ser diferentes con mastitis clínicas.

Al final de la lactación se produce un fuerte incremento en el número de células somáticas. Conforme avanza el número de lactaciones los animales tienen un mayor componente celular, siguiendo una curva inversamente proporcional a la curva de lactación. Los valores mínimos y máximos de células se alcanzarán según factores de manejo o individuales como la raza. En la raza Verata, el menor CCS se obtuvo entre la quinta y sexta semana post parto (coincidiendo con la máxima producción de leche) y los valores máximos al final de la lactación (Rota *et al*., 1993). Este incremento puede deberse a un efecto de concentración, debido al descenso en la producción láctea. (Dulin *et al.*, 1983; Rota *et al*., 1993).

Si asumimos que los CCS son naturalmente elevados en el ganado caprino en ausencia de infección intramamaria, el CCS no sería un método adaptable al ganado caprino para valorar la calidad de la leche. Un método alternativo debería ir dirigido a marcadores relacionados con la inflamación. Entre las diferentes posibilidades se encuentran la detección de albúmina sérica en la leche o los cambios de conductividad eléctrica. Ambos parámetros valoran la alteración de la barrera hemato-mamaria como consecuencia de la infección bacteriana. Otra posibilidad podría ser la detección de alfa-ácido-glicoproteína (AGP), que es una proteína de la fase aguda que se sintetiza en el hígado y se encuentra en la sangre de los humanos y de los animales. Esta proteína se eleva durante la fase aguda o crónica de la infección, y una tasa elevada de AGP es indicativa de enfermedad a pesar de que los animales se encuentren clínicamente normales (Paape y Contreras, 2000).

A pesar de todas las dificultades, las instituciones internacionales están volcadas en realizar los estudios necesarios para poder fijar un umbral admisible de células somáticas en la leche de cabra y poder así establecer un límite legal, considerando que en el ganado caprino el CCS es un indicador fiable del grado de inflamación de la ubre y que constituye un instrumento para apoyar la gestión sanitaria en los rebaños de cabras.

Estos seguimientos celulares se revelan particularmente muy interesantes: desde un punto de vista descriptivo para evaluar mejor la situación de los rebaños y desde un punto de vista operativo para estimar a nivel de rebaño la prevalencia de las infecciones mamarias.

La aplicabilidad del CCS va más allá del simple diagnóstico de mastitis subclínicas. La interpretación de este conteo puede tener diferentes significados según quien lo maneje. A nivel de explotación como diagnóstico de mastitis y para los higienistas como un indicador de seguridad alimentaria, mientras que para la industria láctea puede ser un indicador para los procesos tecnológicos de transformación. Por estos motivos, el CCS puede ser utilizado de forma diferente: como parámetro de calidad, como parámetro higiénico o como elemento de identificación y control de la mastitis (Zorraquino, 2000).

Este trabajo pretende ser un punto de partida en la evaluación de la calidad de la leche de cabra, de la que prácticamente no hay datos en México ni legislación al respecto.

Para ello se determinará:

- el promedio de células somáticas que se presenta en la leche producida en seis explotaciones pertenecientes a la Asociación *Caprinocultores Unidos de Guanajuato*.

- el porcentaje promedio de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos de la leche obtenida en dichas explotaciones.

- si la producción de leche, sus componentes físico-químicos, el mes en que se realizó el muestreo o la granja asociada con el animal influye(n) en el número de células somáticas.

- si existe una relación lineal entre el conteo de células somáticas mediante la prueba de Wisconsin y mediante el microscopio de funcionamiento continuo o Fossomatic.

Lugar de experimentación

La toma de muestras de leche se realizó en seis granjas comerciales (abreviadas en adelante como G1-G6) libres de brucelosis, con sala de ordeño mecánico y pertenecientes a la Asociación *Caprinocultores Unidos de Guanajuato*.

Esta Asociación, presidida por el Lic. José Oliveros, se constituyó en 1997, y desde el año 2002 pertenece a la Asociación Nacional de Ganado Caprino de Registro. En la actualidad consta de 16 explotaciones que a través de la realización de juntas mensuales ha permitido a los miembros de la organización avanzar en la incorporación de nuevas prácticas y tecnologías en sus procesos de producción. Durante estas reuniones, conjuntamente con el Técnico asesor, el Dr. Javier Morales, comentan las actividades realizadas durante el periodo y tanto el técnico como los productores analizan los aspectos positivos y negativos con el fin de lograr mejoras.

Todas las granjas participantes en el trabajo se localizan en *Apaseo el Grande,* Estado de Guanajuato, localidad situada a 1 767 metros sobre el nivel del mar, posee clima templado, con una temperatura mínima de 0.9 ºC y una máxima de 37.1 ºC, y con una precipitación total anual de 606.1 milímetros de media concentrándose las lluvias de junio a septiembre.

Cabras

Se eligieron al azar 12 cabras de primera a sexta lactación en cada granja (dos cabras para cada lactación). En total se trabajó con 72 cabras, 65 de raza Saanen, 5 Toggenburg y 2 de raza Alpina.

Todas las cabras carecían de mastitis clínicas y se manejaban en régimen de explotación intensivo, con una alimentación basada en alfalfa, ensilado de maíz y concentrado con un 18 % de proteína.

Tanto la raza Saanen, la mayoritaria en la Asociación, como la Alpina y la Toggenburg son razas europeas, cosmopolitas en razón de su docilidad, fácil ordeño, adaptación al ordeño mecánico y extraordinaria aptitud lechera (Tejón, 1985; Gonzalo y Sánchez, 2002).

Toma de muestras

Una vez al mes, y siempre de las mismas cabras, se tomaron muestras individuales del ordeño completo de la mañana y de la tarde. El periodo de muestreo comenzó en julio de 2004 y terminó en julio de 2005, obteniéndose un total de 329 observaciones.

Se recogieron aproximadamente 50 mL de leche en frascos con tapa de rosca, se registraron los litros de leche producida en cada ordeño y se conservaron las muestras a una temperatura nunca superior a 4 ºC. Al día siguiente (Kroger, 1985; Gonzalo *et al*., 1998) se realizó el conteo de células somáticas y el análisis fisicoquímico.

En caso necesario, el conservante de elección fue Bronopol® (2 bromo-2 nitro-1,3 propanodiol), pero en cualquier caso siempre se analizaron las muestras antes de 5 días.

Análisis de laboratorio

El conteo de las células somáticas en las muestras de leche del ordeño de la mañana y de la tarde se obtuvo con un microscopio de fluorescencia (Fossomatic®), tras el precalentamiento de las muestras a 40 ºC en el baño María y su homogeneización, en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de Guadalajara.

Dicho conteo también se realizó mediante una prueba cualitativa, la prueba de Wisconsin, sobre las muestras de leche procedentes del ordeño de la mañana. Esta determinación se efectuó directamente en la granja y en el mismo día del muestreo.

El Fossomatic es, fundamentalmente, un microscopio de funcionamiento continuo mediante el que se realiza el conteo de las células somáticas, que previamente han sido marcadas con un colorante fluorescente. La mezcla de la leche con el colorante y la lectura está automatizado. El colorante empleado es el bromuro de etidio, que reacciona con el ácido desoxirribonucleico (ADN) contenido en el núcleo de las células somáticas formando un complejo que emite una fuerte fluorescencia roja cuándo se somete a la luz. La banda de longitud de onda utilizada por el haz luminoso de excitación es de 400-750 nanómetros. Una vez teñidos los núcleos, cada célula origina un impulso eléctrico al ser irradiada por un haz de luz azul, el cual se amplia y digitaliza. Las bacterias presentes en la leche no originan interferencia con esta técnica, pues su coloración se da de forma extremadamente lenta (Turrado, 1994; Gonzalo *et al*., 1998).

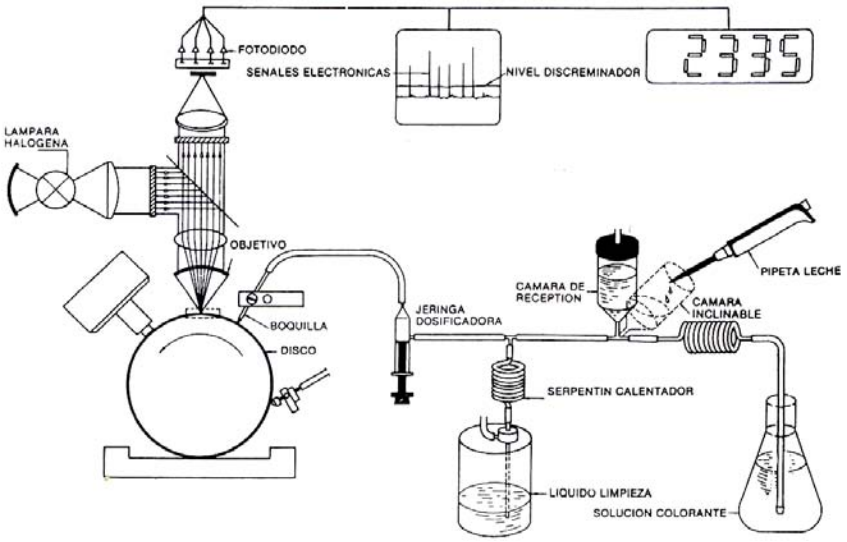


Fig. M1. Esquema de funcionamiento del Fossomatic

La prueba de Wisconsin es una técnica para el diagnostico de la mastitis subclínica que utiliza el mismo reactivo que el de la prueba de California, pero diluido al 50 % con agua destilada, y que se basa (al igual que la prueba anteriormente mencionada) en la viscosidad de la mezcla del reactivo con la leche. Se requiere de una gradilla con 12 tubos de plástico fijos de, 15 mL de capacidad y graduados de 1 a 6 mL, con un orificio aireador lateral de 65 mm y unos tapones de hule para la boca del tubo y con un orificio central de 1.15 mm.

Se mezclan en cada tubo 2 mL de leche y 2 mL del reactivo, los tubos se tapan y se agita la mezcla durante 10 segundos, con movimientos repetidos hacia el frente y abajo hasta que los tubos quedan casi en posición horizontal (evitando la salida del producto por el orificio lateral). Los tubos se dejan reposar en posición vertical durante 20-30 segundos. Pasado el tiempo de reposo, la rejilla se agita por inversión durante 15 segundos; a continuación se deja que la rejilla repose 2-3 minutos en su posición original para que se produzca un adecuado escurrido antes de proceder a la lectura del líquido remanente. Tras la lectura se utiliza una tabla que relaciona los mL resultantes de la mezcla en el tubo con la cantidad de células por mL de leche (Blanco, 2001).

Los componentes fisicoquímicos de la leche (grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos) se determinaron mediante un equipo automático de espectroscopia de infrarrojo denominado Milko-Scan®, en el Centro de Salud Animal "Angel Usabiaga" de Celaya, Guanajuato. La calibración previa para leche de cabra de este aparato es fundamental.

El principio de análisis por espectroscopia infrarroja radica en que casi todas las sustancias orgánicas se comportan absorbiendo selectivamente ciertas longitudes de onda de la región infrarroja del espectro y en que, además, los grupos funcionales en una molécula son susceptibles de absorber dicha radiación a una longitud de onda característica, que generalmente está poco influenciada por el resto de la molécula.

La existencia en la leche de constituyentes con grupos funcionales tan definidos como los grupos hidroxilo (–OH) de la lactosa, enlaces peptídicos (–CO–NH–) de las proteínas y los grupos carbonilo (>C=O) de las uniones éster de los triacilglicéridos o grasa, los cuales dan absorciones máximas a 9.60, 6.46 y 5.73 µm respectivamente, proporciona la posibilidad de utilizar dicho procedimiento para su determinación (Turrado, 1994).

Análisis estadístico

Los resultados de grasa (G), proteína (P), lactosa (L), sólidos no grasos (S), cantidad de leche producida en cada ordeño y el número de células somáticas (CCS) fueron analizados utilizando modelos mixtos (de efectos fijos y aleatorios), como el recomendado por Littell *et al.* (1998) para mediciones repetidas (SAS Inst., Inc., Cary, NC), que incluyó los siguientes factores: cabra, granja, el efecto aleatorio de la cabra dentro de cada granja, el número de lactación, el mes en que se realizó el muestreo y la interacción entre la granja y el mes.

Las variables CCS y los porcentajes de G, P, L y S fueron transformadas usando el logaritmo de base 10 y la raíz cuadrada, respectivamente, con el objeto de normalizar su distribución.

También se estudió la asociación entre los componentes lácteos, la cantidad de leche producida y el CCS; entre el CCS y la producción y entre el CCS y la prueba de Wisconsin mediante el cálculo de la correlación lineal entre dichos niveles.

Todo el análisis estadístico se llevó a cabo utilizando la versión 8.2 del programa estadístico SAS.

Durante el tiempo que duró este trabajo se tomaron muestras siempre de las mismas cabras, aunque esto no quiere decir que todos los animales estuvieran disponibles todos los meses (como fue en el caso de los periodos de secado anteriores al parto). Por esta razón, se comenzó con cabras que se encontraban entre la primera y sexta lactación y se terminó contando con datos pertenecientes a cabras en séptima lactación. También se debe mencionar que durante los meses de abril y mayo no se obtuvieron datos debido a una avería en el Fossomatic®.

Los parámetros productivos con los que se obtuvieron los resultados fueron:

- periodo medio de lactación de 318 días
- un parto al año
- edad a la primera lactación entre 9 y 14 meses
- periodo de secado entre 2 y 3 meses

Componentes lácteos

Las cantidades medias en grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos en la leche analizada fueron 3.7, 2.7, 4.5 y 11.9 %, respectivamente (Tabla R1). Estos valores se encuentran dentro de los amplios márgenes que se citan en la bibliografía. Para el componente graso de la leche de cabra se dan valores que incluso superan el 6 % (Ramos *et al.*, 2002), para la proteína se citan valores entre el 2.6 y 4.3 % (Zeng, 1996; Alsina *et al.*, 2002; Martínez y Peris, 2002; Peris *et al.*, 2002) y el valor medio de la lactosa, el componente más estable, oscila entre el 4.4 y el 4.7 % (Buxadé y Caballero, 1996).

Los sólidos no grasos están formados por las proteínas, la lactosa y las sales minerales de la leche, y es un componente que tiene importancia en la industria de la transformación láctea. Como valor medio, en la leche de cabra se cita el 9 % para este componente (Agraz, 1981; Arbiza y De Lucas, 2001), muy por debajo del 11.9 % de las muestras analizadas en este trabajo. No se puede hacer una comparación exhaustiva de este dato, sin embargo, debido a su escasa mención en las publicaciones consultadas.

Los intervalos en que se mueven los promedios de grasa y proteína en la leche de cabra se deben a factores como la raza, época del año, número de lactaciones o sistema de producción, entre otros.

La raza es un factor determinante, ya que dentro de las razas de especialización lechera (como las estudiadas en el presente trabajo) las hay cuya particularidad es mostrar un alto contenido en grasa. Este es el caso de la raza Nubian y La Mancha, por ejemplo, registrando la *Asociación Americana de Cabra Lechera* unos porcentajes en grasa para estas razas de 4.8 y 3.9, respectivamente (ADGA, 2004). Para la raza Saanen dicha Asociación registra unos valores de 3.3 y 2.9 % en grasa y proteína, respectivamente, y valores similares para la raza Alpina y Toggengurg, valores más acordes con nuestros datos.

Otra de las razones por las que puede existir mayor coincidencia con estos datos es el hecho de haberse obtenido con lactaciones de 275-305 días, un periodo de lactación similar al que se maneja en las granjas objeto de este estudio. En ninguna de las investigaciones citadas se analizan periodos de producción parecidos: sus periodos de lactación van desde los 120 (Petrova *et al*., 2001) a los 210 días (Rota *et al*., 1993) y las proporciones en grasa y proteína son mayores que las obtenidas en el presente trabajo. Cabe recordar, en este punto, que la duración de la lactación es otro de los factores que influye en los porcentajes de grasa y proteína.

Otra diferencia con las investigaciones realizadas hasta la fecha es que en la mayoría de ellas se trabaja con razas autóctonas, que las condiciones de manejo y climáticas son muy diferentes o bien que sólo obtienen muestras de las tres primeras lactaciones.

Autores como Falagán y Mateos (1996) afirman que las mayores cantidades de grasa, proteína y sólidos se alcanzan alrededor de la sexta lactación. A la vista de los resultados obtenidos no se puede apreciar un comportamiento similar, pero en la Fig. R1 se aprecia un ligero aumento de la grasa en la tercera y séptima lactación y de los sólidos no grasos en la segunda y séptima lactación. Al mismo tiempo, el análisis de varianza (Tablas R2 y R5) confirma que hubo una diferencia significativa ($p < 0.05$) para los porcentajes de grasa y de sólidos no grasos entre las distintas lactaciones.

La producción es un factor que influye en los componentes de la leche, sobre todo en el porcentaje de grasa, ya que es fácil observar que aquellas cabras con menor producción de leche tienen mayores cantidades de grasa, sin olvidar que a su vez están relacionados otros factores como la raza o la nutrición (Lu *et al*., 2005). De modo general, el contenido en grasa y proteína es mayor al principio y al final de la lactación, cuando el volumen de leche disminuye (Fekadu *et al*., 2005), hecho que no se puede contrastar en este trabajo debido a que no se estudió el efecto a lo largo de la lactación, sino a lo largo de las distintas lactaciones. No obstante, se relacionó cada componente de la leche con la producción láctea mediante un análisis de regresión (Tabla R10), observándose que solamente se presentó relación entre la proteína y la cantidad de leche producida, aunque con un coeficiente de determinación muy bajo (R^2: 0.11). La razón de esta ausencia de relación entre los componentes de la leche y la producción láctea pueda deberse al escaso intervalo que existe entre los valores originales de grasa (3.2-4.0), proteína (2.7-2.9), lactosa (4.5-4.6) y sólidos no grasos (11.3-12.2).

Las condiciones climáticas son otro de los factores que condicionan la concentración de los componentes de la leche. De un modo general y evitando los extremos, las temperaturas altas disminuyen la cantidad de grasa y proteína en la leche, aumentando éstas de nuevo cuando las temperaturas bajan. El clima y la raza están relacionados, puesto que unas razas se adaptan mejor que otras en función de las distintas condiciones climáticas. Está publicado que la raza Saanen es fotosensible a la luz solar y se adapta mejor y ofrece mejores rendimientos en zonas frías (Gonzalo y Sánchez, 2002). El 90 % de las cabras de este trabajo eran de esta raza, otra de las razones por las que en la Fig. R2 se observa que la grasa, la proteína y los sólidos grasos aumentan en enero, cuando

las temperaturas son más bajas. Sin embargo este efecto, en interacción con la granja, sólo resultó significativo para la concentración de proteína ($p < 0.05$), no siéndolo para la grasa o los sólidos no grasos (Tablas R2, R3 y R5).

Tabla R1. Porcentajes de grasa (G), proteína (P), lactosa (L) y sólidos no grasos (S) en cada lactación (L1-L7) y en cada granja (G1-G6)

		L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7	**Media**
G 1	G	3.1	4.3	5.1	5.1	4.7	4.7	5.6	**4.6**
	P	2.9	3	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	**2.8**
	L	4.5	4.2	4.4	4.4	4.4	4.5	4.6	**4.4**
	S	11.5	12.3	13	13.1	12.8	12.8	13.9	**12.8**
G 2	G	3.7	4.1	4	3.5	3.7	3.9	3.9	**3.8**
	P	2.7	2.9	2.8	3	3	2.6	2.5	**2.8**
	L	4.7	4.5	4.5	4.6	4.5	4.6	4.5	**4.5**
	S	12.1	12.5	12.3	12.2	12.1	12.1	11.9	**12.2**
G 3	G	3.1		3.7	3.7	3.2	4	3.5	**3.5**
	P	2.4		2.8	3.1	2.7	2.8	2.6	**2.7**
	L	4.4		4.5	4.4	4.7	4.4	4.7	**4.5**
	S	10.7		12	12.1	11.5	12.1	11.8	**11.7**
G 4	G	3.2	4.7	3.6	3.8	3.5	3.2	3.1	**3.6**
	P	2.6	3.1	2.7	3.3	2.8	2.7	2.6	**2.8**
	L	4.6	4.6	4.6	4.4	4.5	4.6	4.9	**4.6**
	S	11	13.4	12	12.4	11.7	11.5	11.8	**12**
G 5	G	3.3	3.1	3.6	3.2	2.9	2.8	3.6	**3.2**
	P	2.9	2.7	2.7	2.7	2.6	2.7	2.9	**2.7**
	L	4.6	4.6	4.6	4.4	4.4	4.4	4.3	**4.5**
	S	11.8	11.4	11.8	11.3	10.9	10.9	11.8	**11.4**
G 6	G	2.6	2.9	3.2	3.1	3.1	3.7	4.2	**3.3**
	P	2.7	2.6	2.7	2.6	2.5	2.6	2.5	**2.6**
	L	4.6	4.4	4.3	4.6	4.6	4.6	4.3	**4.5**
	S	10.8	10.8	11.1	11.2	11.1	11.9	11.9	**11.3**
Media	**G**	**3.2**	**3.8**	**3.9**	**3.7**	**3.5**	**3.7**	**4.0**	**3.7**
	P	**2.7**	**2.9**	**2.7**	**2.9**	**2.7**	**2.7**	**2.7**	**2.7**
	L	**4.6**	**4.5**	**4.5**	**4.5**	**4.5**	**4.5**	**4.6**	**4.5**
	S	**11.3**	**12.1**	**12.0**	**12.1**	**11.7**	**11.9**	**12.2**	**11.9**

Fig. R1. Evolución de la grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos a lo largo de las lactaciones

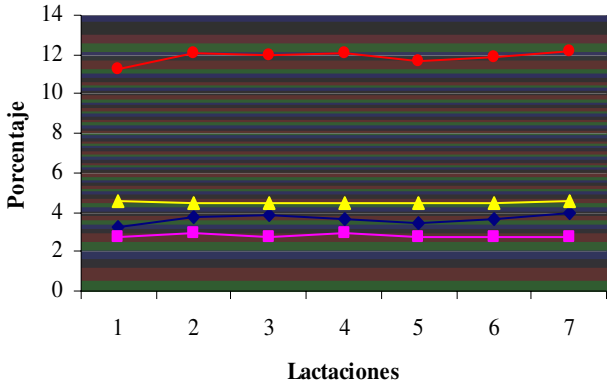
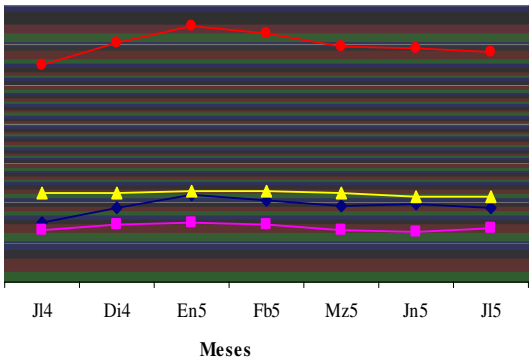


Fig. R2. Evolución de la grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos a lo largo de los meses



G P L S

Tabla R2. Resultados del análisis de varianza. Cantidad de grasa en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo

		g. l.	S.C. Tipo III	F	Valor P
Grasa	Granja	5	2.26325250	14.13	< 0.0001
	Cabra (Granja)	60	2.47570333	1.29	0.1090
	Lactación	6	0.12094950	0.63	0.7067
	Mes	7	1.82944379	8.16	< 0.0001
	Granja*Mes	26	5.86589769	7.04	< 0.000

R^2= 0.86: 0.21 Granja; 0.29 Cabra (Granja); 0.09 Lactación; 0.04 Mes; 0.15 Granja*Mes
g. l. grados de libertad

Tabla R3. Resultados del análisis de varianza. Cantidad de proteína en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo

		g. l.	S.C. Tipo III	F	Valor P
Proteína	Granja	5	0.09077326	3.50	0.0049
	Cabra (Granja)	60	0.74462474	2.40	< 0.0001
	Lactación	6	0.07764217	2.50	0.0245
	Mes	7	0.32253383	8.89	< 0.0001
	Granja*Mes	26	0.06714659	0.50	0.9803

R^2= 0.65: 0.38 Granja; 0.31 Cabra (Granja); 0.03 Lactación; 0.14 Mes; 0.03 Granja*Mes
g. l. grados de libertad

Tabla R4. Resultados de análisis de varianza. Cantidad de lactosa en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo

		g. l.	S.C. Tipo III	F	Valor P
Lactosa	Granja	5	0.04506372	7.30	< 0.0001
	Cabra (Granja)	60	0.42544841	5.75	< 0.0001
	Lactación	6	0.04116036	5.56	< 0.0001
	Mes	7	0.16633359	19.26	< 0.0001
	Granja*Mes	26	0.09057690	2.82	< 0.0001

R^2= 0.80: 0.05 Granja; 0.45 Cabra (Granja); 0.04 Lactación; 0.17 Mes; 0.10 Granja*Mes
g. l. grados de libertad

Tabla R5. Resultados del análisis de varianza. Cantidad de sólidos no grasos en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo

		g. l.	S.C. Tipo III	F	Valor P
Sólidos no grasos	Granja	5	0.78057534	11.48	< 0.0001
	Cabra (Granja)	60	1.25973265	1.54	0.0173
	Lactación	6	0.09390335	1.15	0.3358
	Mes	7	1.29534460	13.60	< 0.0001
	Granja*Mes	26	1.51919055	4.30	< 0.0001

R^2= 0.75: 0.09 Granja; 0.15 Cabra (Granja); 0.01 Lactación; 0.15 Mes; 0.18 Granja*Mes
g. l. grados de libertad

Conteo celular

Los valores medios del número de células somáticas por mL de leche (CCS/mL) y la producción diaria de leche producida (L/d) en cada lactación y en cada respectiva granja, se presentan en la Tabla R6.

El promedio del CCS fue de 493 000 por mL de leche de cabra, variando en cada granja entre 262 000 y 595 000, resultados que indican que la leche de cabra producida en estas granjas posee una buena calidad sanitaria y que se ajustarían a la normativa de los países con legislación al respecto, como Estados Unidos (ya mencionado anteriormente); o

como Noruega[1], que establece un límite máximo de 1 200 000 (Alcalde *et al*., 1999). Ya se comentó que en la normativa europea todavía no se había llegado a un acuerdo para fijar el umbral máximo admisible (Sánchez *et al.*, 2000), pero eso no ha evitado que la industria lechera de países como Francia o Italia haya incorporado el conteo celular al pago por calidad de la leche de cabra (De Cremoux, 2000; Raynal-Ljutovac *et al*., 2005).

La cantidad media de 493 000 células somáticas por mL de leche de cabra, obtenida en una lactación media de 318 días, es un valor inferior a lo que normalmente se encuentra en la literatura, incluso en aquella en la que se hace referencia a cabras de raza Saanen en condiciones intensivas de manejo (Sung *et al*., 1999; Gomes *et al*., en prensa).

El amplio margen reflejado en los distintos trabajos, 414 000 células por mL en 270 días de lactación publicado por Dulin *et al*. (1983) o las 1 920 000 células por mL de Rota *et al*. (1993), e incluso cantidades superiores, indica que el número de estas células esta afectado por diferentes factores, independientemente de los patológicos. Es posible que las cabras no difieran tanto de las vacas en las causas que incrementan el número de células somáticas, pero sí en la magnitud de esa respuesta, particularmente cuando las causas son distintas a la mastitis (Wilson *et al*., 1995).

En relación a factores no patológicos que afectan al conteo celular, el análisis de varianza (Tabla R7) muestra que la granja, el número de lactación, el mes en que se recogió la leche para el conteo de las células somáticas y, sobre todo, la cabra asociada a la granja tuvieron una influencia significativa ($p < 0.05$) en dicho conteo.

El efecto granja (o lo que es lo mismo, las condiciones de manejo y/o sistema de producción) es un factor que siempre se da y que siempre hay que tener presente en cualquier trabajo, por muy parecidas que parezcan las condiciones de manejo. Si observamos las distintas investigaciones mencionadas, siempre se hace referencia a las condiciones de manejo, ya que los diferentes sistemas de producción suelen ir asociados con unas razas determinadas, y a su vez con unas prácticas de manejo específicas. Del mismo modo, las condiciones climáticas del lugar donde se localiza y desarrolla la actividad ganadera es un aspecto importante y que influye en la producción lechera. Por ejemplo, en condiciones de altas temperaturas y alta humedad se dan conteos de células

[1] Noruega, si bien es un país europeo, no pertenece a la Unión Europea.

somáticas más altos que en climas templados (Sung *et al*., 1999). El exceso de humedad afecta particularmente al número de células somáticas. De manera empírica se ha observado que en los años en los que se ha producido una alta incidencia en lluvias el número de células se elevó notablemente. Este hecho no se puede constatar con los datos presentados, a pesar de que se tomaron muestras de leche en los meses en los que se registra la temporada de lluvias (de junio a septiembre). De forma adicional, cabe destacar que el periodo 2004-2005 en que se realizó este trabajo no fue especialmente húmedo.

La variable CCS mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los meses (Tabla R7), observándose una disminución de dichos valores en todas las lactaciones en el mes de marzo (Fig. R3), hecho que puede deberse al aumento de la producción de leche en ese mismo mes.

La variable producción de leche también dependió del mes en que se obtuvo la muestra (Tabla R8). Marzo fue el mes en el que se recogió más cantidad de leche, manteniéndose esos valores en los siguientes meses (Fig. R4). Dicho aumento pudo deberse a una mejor calidad del alimento (no por un cambio en el tipo de alimentación, constante a lo largo del año, sino debido al mayor valor nutricional de los primeros cortes de alfalfa al comienzo de la primavera).

La influencia del número de lactación sobre el CCS (Tabla R7) coincide con otros trabajos realizados, independientemente de la raza o del sistema de manejo (Dulin *et al.*, 1983; Rota *et al*., 1993; Wilson *et al*., 1995; Gomes *et al*., en prensa). Conforme avanza el número de lactaciones los animales tienen un mayor componente celular, siguiendo una curva inversamente proporcional a la curva de lactación. Este incremento puede deberse a un efecto de concentración provocado por el descenso en la producción láctea (Dulin *et al.*, 1983; Rota *et al*., 1993). Los datos promedio que se muestran en la Tabla R6 no muestran claramente que a medida que aumenta el número de lactaciones se incrementa el número de células; no se aprecia un aumento constante desde la primera a la séptima lactación, ni que la producción de leche disminuya. La representación de esos datos en la Fig. R5 no muestra la típica imagen de una curva inversamente proporcional a la producción de leche, tal vez debido a que en las curvas de lactación normalmente se presentan días de lactación frente a producción de leche y no número de lactaciones frente a producción de leche, como ocurre

en este caso. Aún así, se puede apreciar un comportamiento similar, sobre todo en la cuarta lactación, donde se ve más claramente que la disminución en la producción coincide con un aumento en el número de células somáticas.

La curva de CCS a lo largo de las siete lactaciones siempre se mantuvo por debajo de las altas producciones obtenidas. La media de producción obtenida en este trabajo, de 3.7 L diarios, es una cantidad que supera las medias dadas para la raza Saanen. Por ejemplo, Arbiza y De Lucas (2001) citan que la producción de leche de esta raza en Estados Unidos es 3.1 kg/día; en Francia, según los datos del control lechero en 275 días de lactación, se registran 786 kg de leche (Gonzalo y Sánchez, 2002).

El conteo de células somáticas y la producción están relacionados, como se comprueba en el análisis de regresión (Tabla R9). Cuando una explotación está bien manejada y presenta altos índices de producción es de esperar que presente bajo conteo celular, (no se debe olvidar que este conteo es un indicador indirecto de la salud de la ubre, y que por lo tanto, patologías en este órgano repercutirían directamente en la producción).

Cuando se tienen altas producciones se podría afirmar que los bajos valores de CCS se deben a un efecto de dilución, debido al aumento de la producción. El problema, en el caso de las cabras, aparece cuando el incremento en el número de células somáticas no está siempre asociado con una reducción en la producción de leche. La baja producción láctea junto con un conteo celular elevado pueden deberse más a los efectos de lactaciones avanzadas que al propio conteo elevado de células (Wilson *et al*., 1994), como se ha observado en los análisis parciales del conteo celular en el transcurso de este trabajo, en los que en ocasiones la cantidad de leche producida no impactaba en el CCS pero sí en el número de lactación. Sin embargo, con los datos totales se mostró que la cantidad de leche producida está relacionada tanto con el número de lactaciones como con el CCS. En la Fig. R6 se ve la relación de la cantidad de leche con el número de células a lo largo de las lactaciones en cada granja. El resultado es similar al de la Fig. R5, existiendo una relación entre ambos parámetros y definiendo que dicha relación consiste en que altas producciones de leche conllevan bajos conteos celulares.

El CCS también puede servir como un indicador del estado bioquímico de la leche. Un elevado incremento celular se relaciona con el incremento de las proteínas solubles y de

la concentración de minerales (sodio y cloro), debido a un cambio en la función de filtración de la glándula mamaria durante la infección (Raynal-Ljutovac *et al*., 2005). Este cambio en la composición láctea está relacionado con una infección mamaria, pero en cabras clínicamente sanas no se ha establecido una relación directa entre cantidad de células y porcentajes de los componentes de la leche. Ni la grasa, ni la proteína ni los sólidos no grasos parecen depender del número de células somáticas. La lactosa, por el contrario, sí presenta esta relación (Tabla R10), circunstancia que no se puede justificar, al ser este componente el más estable a lo largo de la lactación y las distintas lactaciones.

Tabla R6. Conteo del número de células somáticas (CCS × 10^3) por mL de leche de cabra y litros de leche al día (L/d) en cada lactación (L1-L7) y en cada granja (G1-G6)

		L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7	**Media**
G 1	CCS/mL	563	542	506	336	330	1247	274	**537**
	L/d	2.7	3.5	4.1	4.5	5.1	4.2	3.8	**4.1**
G 2	CCS/mL	520	483	278	965	691	801	503	**595**
	L/d	1.8	2.9	3.7	2.3	2.8	3.0	3.8	**3.0**
G 3	CCS/mL	161		770	685	1027	292	67	**451**
	L/d	2.4		3.0	2.3	2.5	2.5	4.1	**2.9**
G 4	CCS/mL	429	65	329	1310	222	447	41	**372**
	L/d	2.3	3.8	4.9	3	3.5	4.6	4.7	**4.0**
G 5	CCS/mL	187	187	210	196	302	543	2897	**325**
	L/d	3.8	3.7	3.8	4.9	5.2	5	3.0	**4.5**
G 6	CCS/mL	519	384	337	346	120	125	153	**262**
	L/d	2.8	4.4	4.8	4.7	4.5	4.4	4.4	**4.4**
Media	**CCS/mL**	**396**	**332**	**405**	**640**	**443**	**576**	**656**	**493**
	L/d	**2.6**	**3.9**	**4.0**	**3.6**	**3.9**	**3.9**	**4.0**	**3.7**

Fig. R3. Número de células somáticas (log_{10} CCS/mL) de las distintas lactaciones (L1-L7) en los meses de muestreo

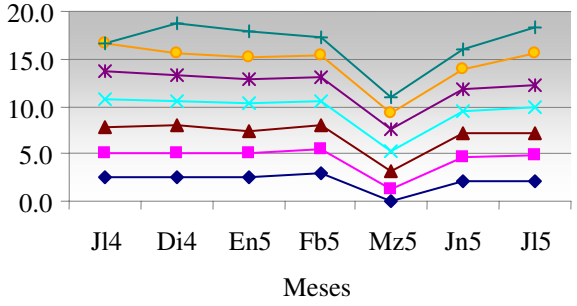


Fig. R4. Producción láctea caprina (L/d) de las distintas lactaciones (L1-L7) en los meses de muestreo

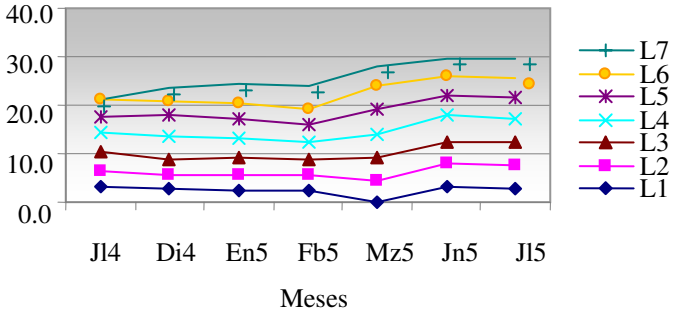


Fig. R5. Cantidad de células somáticas (log_{10} CCS/mL) y producción de leche (L/d) a lo largo de las lactaciones

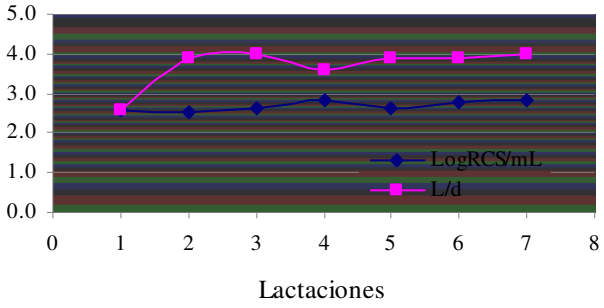


Fig. R6. Relación entre el número de células somáticas (log_{10} CCS/mL) y la producción (L/d) en cada granja (G1-G6) a lo largo de las lataciones (L1-L7)

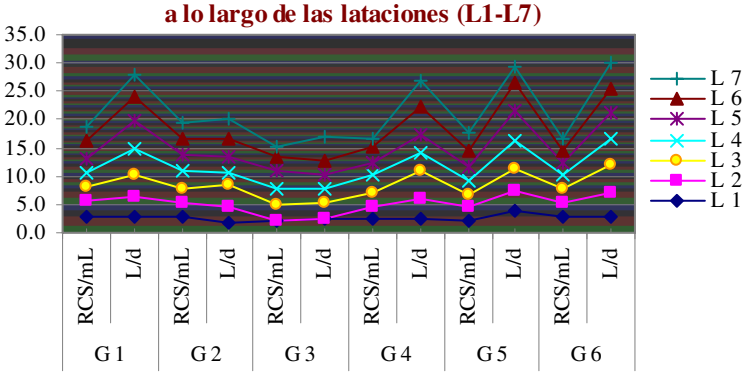


Tabla R7. Resultados del análisis de varianza. Conteo de células somáticas en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo

		g. l.	S.C. Tipo III	F	Valor P
Conteo de células somáticas	Granja	5	27.7164030	7.18	<0.0001
	Cabra (Granja)	59	107.6568462	2.36	<0.0001
	Lactación	6	16.4570175	3.55	0.0025
	Mes	7	42.2173481	7.81	<0.0001
	Granja*Mes	26	45.0506228	2.24	0.0013

R^2= 0.73: 0.06 Granja; 0.24 Cabra (Granja); 0.04 Lactación; 0.09 Mes; 0.10; Granja*Mes
g. l. grados de libertad

Tabla R8. Resultados del análisis de varianza. Cantidad de leche producida en función de la granja, cabra, número de lactación y mes de muestreo

		g. l.	S.C. Tipo III	F	Valor P
Producción	Granja	5	109.8739701	45.67	<0.0001
	Cabra (Granja)	60	156.6187830	5.42	<0.0001
	Lactación	6	46.9743233	16.27	<0.0001
	Mes	7	21.3871922	6.35	<0.0001
	Granja*Mes	26	80.5431466	6.44	<0.0001

R^2= 0.86: 0.21 Granja; 0.29 Cabra (Granja); 0.09 Lactación; 0.04 Mes; 0.15 Granja*Mes
g. l. grados de libertad

Tabla R9. Análisis de varianza para probar la significancia de la variable dependiente CCS en respuesta a la producción

Fuente de variación	g. l.	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	Valor P
Modelo	1	36.80576	36.80576	22.92	<0.0001
Error	261	419.20134	1.60614		
Total	262	456.00710			

R^2= 0.08. g. l. grados de libertad

Tabla R10. Relación de las variables grasa, proteína y lactosa con el conteo celular (CCS) y la producción láctea

	Variable	g. l.	Parametro estimado	Error estandar	Valor t	Pr > |t|
Grasa	LogCCS	1	-0.00090857	0.01413	-0.06	0.9488
	Prod	1	-0.01296	0.01308	-0.99	0.3227
Proteína	LogCCS	1	0.00220	0.00440	0.50	0.6168
	Prod	1	-0.02149	0.00407	-5.28	<0.0001
Lactosa	LogCCS	1	-0.01686	0.00277	-6.09	<0.0001
	Prod	1	-0.00568	0.00256	-2.22	0.0275
Sólidos no grasos	LogCCS	1	-0.01372	0.00882	-1.56	0.1211
	Prod	1	-0.01861	0.00816	-2.28	0.0234

Comparación entre el conteo por Fossomatic® y la prueba de Wisconsin

Otro de los objetivos del presente trabajo era establecer el tipo de relación existente entre la cuantificación de las células somáticas por medio del Fossomatic® y por la prueba modificada de Wisconsin, aprovechando que dicha prueba se realizaba en las granjas de manera rutinaria para controlar el estado sanitario de las cabras en lactación (en ausencia de equipos analíticos cuantitativos). Si bien existen documentos que relacionan la prueba de California Mamitis Test (CMT) con el conteo de células somáticas mediante el Fossomatic® (Poutrel y Lerondelle, 1983; Perrin *et al*., 1997), no se ha encontrado ninguna publicación que relacione este microscopio de funcionamiento continuo con la prueba modificada de Wisconsin.

La prueba de CMT se correlaciona bien con el Fossomatic®, pero es menos eficiente con altos que con bajos valores de células somáticas y probablemente detecte alto contenido celular sin estar relacionado con la infección. Por ello debería usarse con precaución en cabras con baja producción de leche o que están al final de la lactación (Perrin *et al*., 1997). La prueba de Wisconsin es similar a la prueba de CMT, sólo que en ella se ha establecido una cuantificación de las células en función del grado de gelificación (aunque sigue siendo una prueba cualitativa). Por tanto, se espera que se comporte de manera similar.

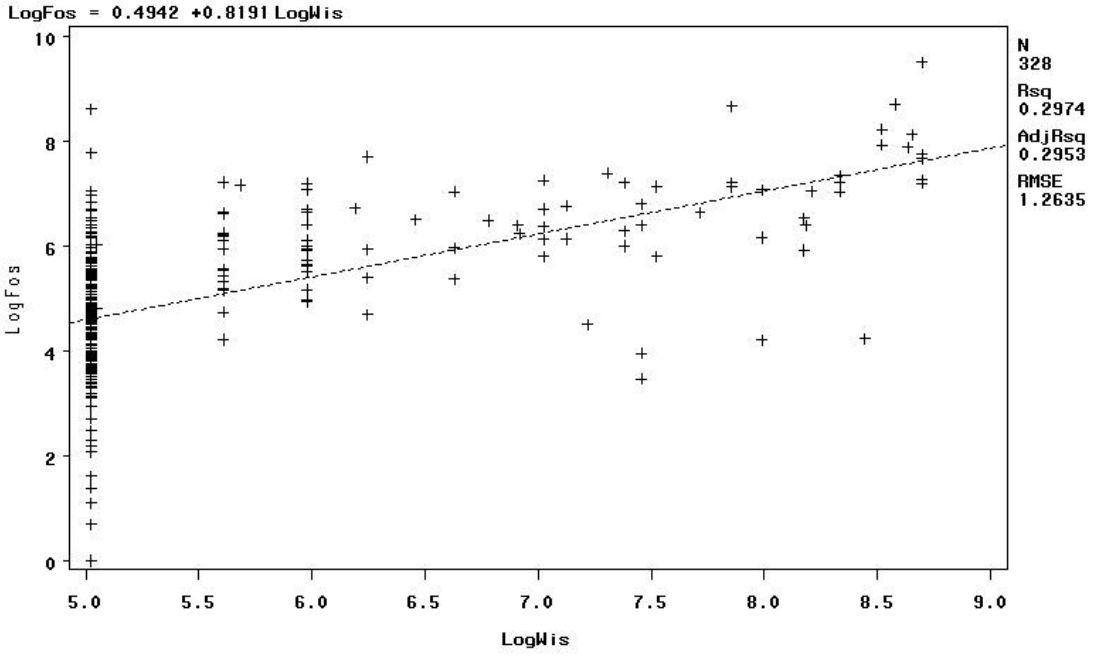
Comparando ambos procedimientos (Tabla R11) se encontró que existe una correlación estadísticamente significativa (correlación de Pearson, r: 0.55, $p < 0.0001$).

Una vez comprobada la dependencia entre ambas técnicas, se representó dicha relación mediante una recta de regresión (Fig. R7) y se comprobó la significancia de la regresión con un análisis de varianza. Del análisis de varianza se concluye que, aunque existe una relación lineal entre la cuantificación de las células somáticas con el Fossomatic® y la prueba de Wisconsin, ésta es baja, y por lo tanto a efectos prácticos no sería correcto utilizar esta recta debido a su bajo coeficiente de determinación (R^2: 0.29).

Tabla R11. Coeficiente de correlación de Pearson

	Fossomatic	Wisconsin
Fossomatic	1	0.54536 p < 0.0001
Wisconsin	0.54536 p < 0.0001	1

Fig. R7. Recta de regresión entre el número de células somáticas mediante el Fossomatic® y mediante la prueba de Wisconsin



Este trabajo describe, a nivel de campo, cómo se comportan las células somáticas y los componentes de la leche de cabra, numéricamente hablando, en una población determinada clínicamente sana. Se recolectaron datos para además describir una situación poco estudiada en México y que presenta características distintas a las descritas en la literatura, como es un periodo de lactación de 318 días.

Las cantidades medias de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos en la leche analizada fueron 3.7, 2.7, 4.5 y 11.9 %, respectivamente, datos que se presentan acordes a los registros que da para este periodo de producción la Asociación Americana de Cabra Lechera.

A pesar de que todas las granjas presentaban un manejo y una alimentación similar, uno de los factores que más influyó fue el efecto granja y la cabra asociada a la granja. El efecto granja es un factor que siempre se da y que siempre hay que tener presente en cualquier trabajo, por muy parecidas que parezcan las condiciones de manejo. Asimismo, también resultó significativo el mes en que se recogió la muestra de leche y el número de lactación. La grasa, la proteína y los sólidos no grasos aumentaron en enero, cuando las temperaturas fueron más bajas. Respecto a las lactaciones, se apreció un ligero aumento de la grasa en la tercera y séptima lactación y de los sólidos no grasos en la segunda y séptima lactación.

Se registró una producción media diaria de 3.7 L, elevada para lo descrito previamente, y que no demostró relación con los componentes lácteos. Una posible explicación a esta flta de relación puede ser la homogeneidad de los datos, es decir, el escaso intervalo que existió entre los valores originales de grasa (3.2-4.0), proteína (2.7-2.9), lactosa (4.5-4.6) y sólidos no grasos (11.3-12.2) al calcular la correlación.

El promedio del número de células somáticas fue de 493 000 por mL de leche de cabra, un valor que acredita el buen estado sanitario de las explotaciones y que se ajustaría, con vistas a la exportación, a los límites fijados por aquellos países que poseen legislación al respecto. Sin embargo, no se podría sugerir un umbral máximo de 500 000 células/mL para leche de cabra a la hora de establecer el pago de la leche por calidad, porque sería necesario estudiar otras razas y otros sistemas de producción para poder establecer una media más representativa a nivel nacional.

El conteo celular también se vio afectado por factores no patológicos, al igual que los componentes lácteos. Con respecto a su relación con la producción láctea, ésta consistió en que las altas producciones implicaron bajos recuentos celulares.

El conteo de células somáticas, además de un indicador de mastitis subclínica, puede actuar como un indicador del estado bioquímico de la leche en condiciones patológicas. Pero en las condiciones de este trabajo, los resultados mostraron que ni la grasa, ni la proteína ni los sólidos no grasos presentaron relación con el número de células.

En ausencia de equipos analíticos cuantitativos, la prueba de Wisconsin puede ser una buena herramienta a nivel de granja para controlar el estado sanitario de la explotación. Esta prueba se correlaciona positivamente con el conteo de células mediante el Fossomatic®, aunque no se pueden extrapolar los resultados obtenidos con la prueba de Wisconsin a los del conteo celular mediante el Fossomatic® (lo que en cierta medida puede ser lógico, al tratarse la primera de una prueba cualitativa y la segunda de una prueba cuantitativa).

Agraz A. 1981. Caprinotecnia I. Universidad de Guadalajara. México. pp. 142-150.

ADGA (American Dairy Goat Association). 2004. Lactation DHIR Individual Doe Records. http://adga.org/DHIR/2004BreedAverages.htm

Alcalde M. J., Delgado-Pertiñez M., Guzmán-Guerrero J. L., Rodríguez B., Mena Y., Castel G. y Caravaca F. 1999. Calidad higiénico-sanitaria de la leche de cabra en la sierra norte de Cádiz: situación según las condiciones de manejo. Actas de las XXIV Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotécnia y Caprinotécnia (SEOC). Soria (España). pp. 497-501.

Alférez M. J., Barrionuevo M., López-Aliaga I., Sanz-Sampelayo M. R., Lisbona F., Robles J. C. y Campos M. S. 2001. Digestive utilization of goat milk fat in malabsorption syndrome. J. Dairy Res. 68(3):451-461.

Alférez M. J., López-Aliaga I., Barrionuevo M. y Campos M. S. 2003. Effect of dietary inclusion of goat milk on the bioavailability of zinc and selenium in rats. J. Dairy Res. 70(2):181-187.

Alférez M. J., López-Aliaga I., Nestares T., Díaz-Castro J., Barrionuevo M., Ros P. B. y Campos M. S. Dietary goat milk improves iron bioavailability in rats with induced ferropenic anaemia in comparison with cow milk. International Dairy Journal, en prensa (disponible en Internet desde el 15 de diciembre de 2005).

Alsina D. A., Althaus R. L., Santini Z. G., Freyre M., Meinardi C. A. y Díaz J. R. 2002. Variación de la composición química de la leche de cabra criolla a lo largo de la lactación. Actas de las XXVII Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Valencia (España). pp. 218-223.

Amorena B., Perez M., Luján L. y Monzón M. 2000. Defensa inmunológica frente a la mamitis. Ovis (Recuento de células en pequeños rumiantes I. Ovino) 66:59-72.

Arbiza S. y De Lucas J. 2001. La leche caprina y su producción. Editores Mexicanos Unidos, S. A. México. pp. 43-69.

Barrionuevo M., Alférez M. J. M., López-Aliaga I., Sanz-Sampelayo M. R. y Campos M.S. 2002. Beneficial effect of goat milk on nutritive utilization of iron and copper in malabsorption syndrome. J. Dairy Sci. 85:657-664.

Barrionuevo M., López Aliaga I., Alférez M. J. M., Mesa E., Nestares T. y Campos M. S. 2003. Beneficial effect of goat milk on bioavailability of copper, zinc and selenium in rats. J. Physiol. Biochem. 59(2):111-118.

Belewu M. A. y Aiyegbusi O. F. 2002. Comparison of the mineral content and apparent biological value of milk from human, cow and goat. J. Food Tech. in Africa 7:9-11.

Blanco M. A. 2001. Diagnóstico de la mastitis subclínica bovina. III Congreso Nacional de control de mastitis y calidad de la leche. León, Guanajuato (México).

Buxadé C. y Caballero J. R. 1996. El subsector caprino a nivel mundial y de la Unión Europea Cap. I. En: Zootecnia. Bases de la Producción Animal. Producción Caprina. Tomo IX. Director C. Buxadé. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. pp. 15-27.

Capote J. 2002. Sistemas de explotación caprina en zonas áridas. Actas de las XXVII Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Valencia (España). pp. 95-100.

Contreras A., Sánchez A., Corrales J. C., Luengo C. y Marco J. C. 1997. Concepto e importancia de las mamitis caprinas. Ovis (Mamitis Caprinas I) 53:11-31.

De Cremoux R. 2000. Células somáticas en leche de cabra y estrategias de control. Situación en Francia. Ovis (Recuento de células somáticas en pequeños rumiantes II. Caprino). 67:35-40.

Directiva 94/71/CE, del Consejo, de 13 de diciembre, por la que se modifica la Directiva 92/46/CE, del Consejo, de 16 de junio por la que se establece las condiciones aplicables a la producción y comercialización de leche cruda, leche tratada térmicamente y productos lácteos.

Droke E. A., Paape M. J. y Di Carlo A., L. 1993. Prevalence of high somatic cell counts in bulk tank goat milk. J. Dairy Sci. 76: 1035-1039.

Dubeuf J.-P., Morand-Fehr P. y Rubino R. 2004. Situation, changes and future of goat industry around the world. Small Rumin. Res. 51:165-173.

Dulin A. M., Paape M. J., Schultze W. D. y Weinland B. T. 1983. Effect of parity, stage of lactation, and intramamary infection on concentration of cells cytoplasmatic particles in goat milk. J. Dairy Sci. 66:2426-2433.

Falagán A. y Mateos E. 1996. La producción de leche de cabra Cap. VIII. En: Zootecnia. Bases de la Producción Animal. Producción Caprina. Tomo IX. Director C. Buxadé. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. pp. 131-143.

Falagán A., Carrizosa J. A., Urrutia B. y Lafuente A. 1994. Nota sobre la influencia de la "edad al primer parto" en la producción de leche de cabras primíparas de raza murciano-granadina. Actas de las XVII Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Castilla La Mancha (España). pp. 415-418.

FAOSTAT, 2005. Agricultural Statistics. FAO, Rome, Italy. http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&language=ES.

Fekadu B., Soryal K., Zeng S., Van Hekken D., Bah B. y Villaquiran M. 2005. Changes in goat milk composition during lactation and their effect on yield and quality of hard and semi-hard cheeses. Small Rumin. Res. 59:55-63.

Gomes V., Melville A. M., Melville P., Medici K. y Pereira W. Effect of the stage of lactation on somatic cell counts in healthy goats (*Caprae hircus*) breed in Brazil. Small Rumin. Res., en prensa (disponible en Internet desde el 31 de mayo de 2005).

Gonzalo C. y Sánchez J. M. 2002. Razas caprinas foráneas. Lecheras, de pelo y otras aptitudes. Ovis (Razas caprinas) 83:55-64.

Gonzalo C., Martínez J. R. y San Primitivo F. 1998. Significación y métodos de valoración del recuento celular en la leche de oveja. Ovis (Recuento de células en pequeños rumiantes I. Ovino) 56:13-25.

Haenlein G. F. W. 2004. Goat in human nutrition. Small Rumin. Res. 51:155-163.

Haenlein G. F. W. y Caccese R. 1984. Goat milk versus cow milk. En: Haenlein G. F. W. y Ace D. L. (Ed.). Extension Goat Handbook. USDA Publ. Washington D. C. pp. 1-4.

Infante D., Tormo R. y Conde M. 2003. Empleo de leche de cabra en pacientes con alergia a las proteínas de la leche de vaca. An. Pediatr. (Barc) 59(2):138-142.

Iñiguez L. 2004. Goats in resource-poor systems in the dry environments of West Asia, Central Asia and the Inter-Andean valleys. Small Rumin. Res. 51:137-144.

Kroger M. 1985. Milk sample preservation. J. Dairy Sci. 68:783-787.

Lebbie S. H. B. 2004. Goats under household conditions. Small Rumin. Res. 51:131-136.

Lerondelle C., Richard Y. e Issartial J. 1992. Factors affecting somatic cell counts in goat milk. Small Rumin. Res. 8: 129-139.

Littell, R. C., Henry P. R., y Ammerman. C. B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. J. Anim. Sci. 76:1216-1231.

López-Aliaga I., Alférez M. J., Barrionuevo M., Lisbona F. y Campos M. S. 2000. Influence of goat milk on the digestive and metabolic utilization of calcium and iron. J. Physiol. Biochem. 56(3):201-208.

Lu C. D., Kawas J. R. y Mahgoub O. G. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. Small Rumin. Res. 60:45-52.

Martínez B. y Peris C. 2002 El control lechero oficial de la cabra murciano-granadina en la comunidad valenciana (1995-2001). Actas de las XXVII Jornadas científicas Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Valencia (España). pp. 296-301.

Norma General del Codex para el uso de términos lecheros *Codex Stan 206-1999*. http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jps.

Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003, Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.

Paape M. J. y Capuco A. V. 1997. Cellular defense mechanisms in the udder and lactation of goats. J. Anim. Sci. 75:556-565.

Paape M. J. y Contreras A. 2000. Limitaciones legales y problemática de los recuentos celulares en leche de vaca y cabra en los Estados Unidos. Ovis (Recuento de células en pequeños rumiantes II. Caprino) 67:13-22.

Park Y. W. 1994. Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. Small Rumin. Res. 14:151-159.

Peris C., Segura C., Palomares J. L., Rodríguez M., Díaz J. R. y Fernández N. 2002 La calidad de leche de cabra producida en las comunidades autónomas de Valencia y Murcia. Actas de las XXVII Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Valencia (España). pp. 360-366.

Perrin G. G., Mallereau M. P., Lenfant D. y Baudry C. 1997. Relationships between California mastitis test (CMT) and somatic cell counts in dairy goats. Small Rumin. Res. 26:167-170.

Petrova N., Zunev P., Uzunov G. y Gerchev G. 2001. Yield and composition of milk from Bulgarian White Dairy goat. Bulg. J. Agric. Sci. 7:179-184.

Poutrel B. y Lerondelle C. 1983. Cell content of goat milk: California mastitis test, coulter counter, and Fossomatic for predicting infection. J. Dairy Sci. 66:2575-2579.

Puigcerver M. 1991. Sobre el uso y desuso del SI. Revista Española de Física. 5(1):23-25.

Ramos I. A., Sánchez J. C., Urrutia B., Díaz C. M., Haba E., Carrizosa J. A. y Falagán A. 2002. Evolución de la calidad de la leche de cabra murciano-granadina en una cooperativa de Murcia. Actas de las XXVII Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Valencia (España). pp. 371-376.

Raynal-Ljutovac K., Gaborit P. y Lauret A. 2005. The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products. Small Rumin. Res. 60:167-177.

Rota A. M., Gonzalo C., Rodríguez P. L., Rojas A. I., Martín L. y Tovar J. J. 1993. Effects of stage of lactation and parity on somatic cell counts in milk of Verata gotas and algebraic models of their lactation curves. Small Rumin. Res. 12:211-219.

Salah G. 2005. Biodiversity in goats. Small Rumin. Res. 60:75-81.

Sánchez A., Luengo C., Corrales J. C. y Contreras A. 2000. Recuentos de células somáticas en el ganado caprino lechero y estrategias de control. Situación en España. Ovis (Recuento de células en pequeños rumiantes II. Caprino) 67:25-33.

SIAP-SAGARPA. 2003. Datos elaborados por el servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP), con información de las delegaciones de la SAGARPA. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/

Sung Y. Y., Wu T. I. y Wang P. H. 1999. Evaluation of milk quality of Alpine, Nubian, Saanen y Toggenburg breeds in Taiwan. Small Rumin. Res. 33:17-23.

Tejón D. 1985. Ganado caprino. En: Sotillo J. L. y Serrano V. Producción animal I Etnología zootécnica Tomo II. Tebas Flores. Madrid. pp. 109-122.

Turrado J. A. 1994. Producción de leche de calidad en Castilla y León. ASAJA publicaciones. pp. 57-61.

Vega J. F., Peña F. y Sánchez M. 1999. Estudio de efectos fijos sobre la producción de leche en la cabra de raza florida. Actas de las XXIV Jornadas científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Soria (España). pp. 135-138.

Vega y León S., Pérez N. y Pinto M. 1999. Calidad de la leche y algunos problemas de adulteración. En Martínez E., Álvarez A., García L. A. y Del Valle M. C. (Ed.). Dinámica del sistema lechero mexicano en el marco regional y global. Plaza y Valdés. México, D. F. pp. 361-376.

Wheater P. R., Burkitt H. G. y Daniels V. G. 1987. Histología Funcional. Editorial JIMS. pp. 70-75.

Williams C. M. 2000. Dietary fatty acids and human health. Ann. Zootech. 49:165-180.

Wilson D., Stewart K. y Sears P. 1995. Effects of stage of lactation, production, parity and season on somatic cell counts in infected and uninfected dairy goats. Small Rumin. Res. 16:165-169.

Wooding F. B. P., Peaker M. y Linzell J. L. 1970. Theories of milk secretion: Evidence from the electron microscopic examination of milk. Nature 226:762-764.

Zeng S. S. 1996. Comparison of goat milk standards with cow milk standards for analyses of somatic cell count, fat and protein in goat milk. Small Rumin. Res. 21:221-225.

Zorraquino M. A. 2000. Recuento de células somáticas en leche de vaca en España tras la aplicación de la normativa europea. Ovis (Recuento de células en pequeños rumiantes I. Ovino) 66:15-20.