



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LECHE DE CABRA EN PASTOREO EN EL DISTRITO DE LIBRES, PUEBLA

JORGE MERINO DIONICIO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2015



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

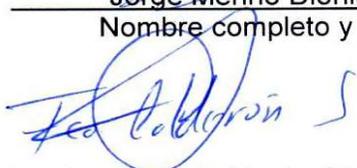
CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Jorge Merino Dionicio**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Francisco Calderón Sánchez**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Producción y composición química de la leche de cabra en pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 17 de noviembre del 2015.



Jorge Merino Dionicio
Nombre completo y Firma



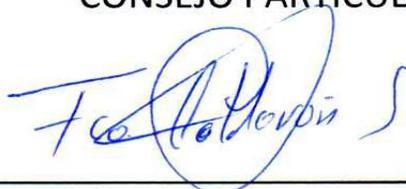
Dr. Francisco Calderón Sánchez
Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis
Nombre completo y Firma

La presente tesis, titulada: **Producción y composición química de la leche de cabra en pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.**, realizada por el alumno: **Jorge Merino Dionicio**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRICOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR



CONSEJERO:

DR. FRANCISCO CALDERÓN SÁNCHEZ



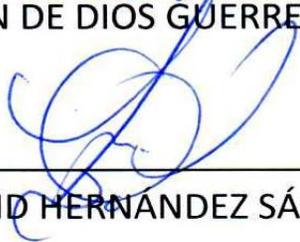
ASESOR:

DR. SAMUEL VARGAS LÓPEZ



ASESOR:

DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ



ASESOR:

DR. DAVID HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

Puebla, Puebla, México, 17 Noviembre 2015.

PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA LECHE DE CABRA EN PASTOREO EN EL DISTRITO DE LIBRES, PUEBLA.

Jorge Merino Dionicio, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

El objetivo de este trabajo fue determinar la producción y la composición química de leche, así como la curva de lactancia de cabras en pastoreo en la región de Libres Puebla, bajo tres formas de alimentación tradicional: pastoreo en vegetación nativa (PT), pastoreo en vegetación nativa más suplementación (PTS) y pastoreo en alfalfa más suplementación (PAS). La producción de leche se midió quincenalmente y la composición química mensualmente, durante los primeros 150 días del periodo de lactancia. Se analizó el contenido de grasa, proteína, lactosa, minerales y sólidos no grasos (SNG). La producción de leche fue diferente ($P < 0.0001$) entre formas de alimentación. El PAS rindió 3.63 kg d^{-1} , tratamiento que fue mayor ($P < 0.05$) que PTS y PT que promediaron 1.89 y 0.77 kg d^{-1} , respectivamente. Mediante el uso del modelo de Gamma incompleta de Wood, se determinó que PAS y PTS tuvieron curvas típicas y su pico de producción se presentó al día 39 con producciones de 4.09 y 2.29 kg d^{-1} , respectivamente. Sin embargo, el tipo de pastoreo PT mostró una curva atípica, la cual comenzó con su máxima producción al día 4 con una producción de 2.08 kg d^{-1} . Dicha producción descendió durante el primer tercio de la lactancia y aumentó gradualmente hasta el final de la lactancia. La leche producida en PT tuvo una mejor calidad en sus componentes por kg de leche con 44.2 g de grasa, 31.9 g de proteína, 47.6 de lactosa y 86.9 g de SNG, mayor ($P < 0.05$) a los obtenidos por el PTS y PT que obtuvieron 42.8 y 41.3 g de grasa, 31.7 y 31.4 g de proteína, 47.2 y 46.4 g de lactosa y 86.2 y 85.3 g de SNG, respectivamente. La concentración de minerales fue igual entre formas de alimentación ($P > 0.05$). El PAS es una forma de alimentación para producir mayores volúmenes de leche; mientras que el PT genera mejor composición química, siendo una excelente opción para la producción de queso, por los mayores rendimientos que puede generar.

Palabras clave: Calidad química, curva de lactancia, leche, pastoreo, producción.

MILK PRODUCTION AND ITS CHEMICAL COMPOSITION OF GRAZING GOATS AT THE LIBRES VALEY, PUEBLA.

Jorge Merino Dionicio, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2015

The aim of this research was to determine the production and chemical composition of goat milk, as well as the estimation of the lactation curve in grazing goats under three traditional feeding systems in the District of Libres, Puebla. The treatments were native vegetation grazing (TG), native vegetation grazing plus supplementation (STG) and grazing alfalfa plus supplementation (SGA). Milk production was measured fortnightly and the chemical composition was determined monthly, during the first 150 days of lactation. The content of fat, protein, lactose, minerals and non-fat solids (SNF) were measured. Milk production was different ($P < 0.05$) among feeding systems. The PAS yielded 3.63 kg d^{-1} which was higher ($P < 0.05$) than PTS and PT that averaged 1.89 and 0.77 kg d^{-1} , respectively. Using the model of incomplete Gamma of Wood, it was determined that PAS and PTS had typical curves and peak production occurred at the day 39th showing milk productions of 4.09 and 2.29 kg d^{-1} , respectively. However, the PT showed an atypical curve, starting with a curve peak of 2.08 kg d^{-1} at the day 4. Then the production declined during the first third of lactation and gradually increased until the end. Milk from PT had a better quality components per kg of milk with 44.2 g of fat, 31.9 g of protein, 47.6 g of lactose and 86.9 of SNG, higher ($P < 0.05$) than those obtained from the PTS and PT which obtained 42.8 and 41.3 g of fat, 31.7 and 31.4 g of protein, 47.2 and 46.4 g of lactose and 86.2 and 85.3 g of SNG, respectively. Mineral concentration was not different among treatments ($P > 0.05$). The PAS is a feeding way to produce larger volumes of milk; while the PT generates better chemical composition, being an excellent option for cheese production, due to the highest yields that can generate.

Keywords: Chemical quality, grazing, lactation curve, milk, production.

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quiero darle las gracias a Dios, por brindarme la Salud, Fuerza y Paciencia suficiente para llevar a cabo este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Mi agradecimiento especial al Programa de Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional y su cuerpo académico, que me brindaron la oportunidad de forjar una etapa más de mi formación profesional y personal.

A la LPI 7: Inocuidad Calidad de alimentos y Bioseguridad del Colegio de Postgraduados por el financiamiento otorgado a la presente investigación.

A mi consejero el Dr. Francisco Calderón Sánchez y a los miembros de mi consejo particular el Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez, Dr. David Hernández Sánchez y especialmente, al Dr. Samuel Vargas López por su valioso aporte en esta investigación.

A los caprinocultores del Distrito de Libres, Puebla: Adán Fernández, Leonel Fernández, Cesar Pérez, Carmelo Nepomuceno, José Luis Nepomuceno, Alfredo Landa, Miguel de Marcos, Noé Anastasio y Bulmaro Miñón, quienes amablemente facilitaron su rebaño y colaboraron en la toma de datos de la presente investigación..

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar hasta este momento en el cual puedo lograr un objetivo más en mi vida.

A aquellas personas cuyo apoyo en todo momento es incondicional, a quienes en todo momento confían en mí, a quienes día con día me motivan a seguir adelante, a aquellos que me han brindado un hogar lleno de amor y comprensión:

A mis padres.

Isaías Merino Muñoz y María del Refugio Dionicio López

A mis hermanas:

Leticia, Mariana y Andrea.

Y a mis sobrinos

Diego, Jorge y Fernando

Dedicado también a todos los caprinocultores del Distrito de Libres, Puebla, que este trabajo pueda servir como orientación y aporte un poco de conocimiento, que sirva para mejorar nuestros sistemas de producción y ser mejores día con día.

ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	1
II	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	3
2.1	Planteamiento del problema.....	3
2.2	Objetivos.....	4
2.3	Hipótesis.....	4
III	REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1	La cabra lechera en México.....	5
3.2	La cabra lechera en pastoreo.....	6
3.3	Principales razas de cabras lecheras.....	7
3.4	Calidad de la leche de cabra.....	10
3.5	Composición química de la leche de cabra.....	12
3.6	Factores que afectan la producción y composición química de la leche.....	19
3.7	Marco de referencia de la caprinocultura lechera.....	22
V	MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1	Ubicación y características del área de estudio.....	25
4.2	Selección de rebaños y animales.....	26
4.3	Alimentación de los rebaños.....	27
4.3.1	Pastoreo en Alfalfa Suplementado.....	27
4.3.2	Pastoreo Tradicional Suplementado.....	28
4.3.3	Pastoreo Tradicional.....	29
4.4	Control de peso de los animales y de la producción de leche.....	29
4.5	Muestreo y análisis de la leche.....	30
4.6	Análisis de la información.....	31
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
5.1	Peso de las cabras en pastoreo.....	32
5.2	Producción de leche y curva de lactación.....	34
5.3	Efecto del tipo de pastoreo en el contenido de grasa.....	38
5.4	Efecto del tipo de pastoreo en el contenido de proteína.....	40

5.5	Efecto del tipo de pastoreo en el contenido de lactosa.....	42
5.6	Efecto del tipo de pastoreo en el contenido de minerales.....	43
5.7	Efecto del tipo de pastoreo en el contenido de SNG	44
5.8	Balance nutricional de la cabra en pastoreo.....	46
VI	CONCLUSIONES.....	50
VII	LITERATURA CITADA.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Producción láctea de diferentes razas caprinas.....	9
Cuadro 2	Especificaciones fisicoquímicas para la leche cruda de cabra.....	10
Cuadro 3	Composición química de la leche de diferentes especies.....	11
Cuadro 4	Composición química de la leche de cabra.....	12
Cuadro 5	Composición mineral de la leche de cabra en diferentes razas y países.....	18
Cuadro 6	Producción de leche de cabra para el año 2013.....	23
Cuadro 7	Cronograma productivo del sistema de pastoreo en alfalfa suplementado.....	27
Cuadro 8	Peso corporal, producción y composición de la leche de cabra bajo tres tipos de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.....	32
Cuadro 9	Nutrientes consumidos por las cabras lecheras de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.....	46
Cuadro 10	Balance nutricional ideal para cabras lecheras de acuerdo al tipo de pastoreo del Distrito de Libres, Puebla.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Comportamiento de la producción de leche de cabras de diferentes partos.....	20
Figura 2	Comportamiento del inventario ganadero y producción de leche de cabra en México.....	22
Figura 3	Producción de leche de cabra por Distrito y total del Estado de Puebla.....	24
Figura 4	Ubicación de Oriental y Tepeyahualco, Puebla.....	25
Figura 5	Precipitación y temperaturas del Distrito de Libres, Puebla.....	26
Figura 6	Pastoreo en alfalfa y suplementación en Oriental, Puebla.....	28
Figura 7	Pastoreo tradicional.....	29
Figura 8	Analizador de leche Milkoscan.....	30
Figura 9	Peso de las cabras de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.....	33
Figura 10	Curva de lactancia estimada por el modelo de Wood para cabras en tres tipos de pastoreo en el Distrito de Libres, Pue.	37
Figura 11	Contenido de grasa en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.....	39
Figura 12	Contenido de Proteína en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.....	41
Figura 13	Contenido de lactosa en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.....	43
Figura 14	Contenido de minerales en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.....	44
Figura 15	Producción de SNG en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.....	45

I. INTRODUCCIÓN

La producción de leche en México es la tercera actividad de mayor importancia en el sector pecuario, con una tasa de crecimiento de 1.46% anual en los últimos 12 años (CANILEC, 2015). Para 2013, se registró una producción de 11.12 millones de toneladas de leche a nivel nacional, de las cuales las cabras hicieron un aporte modesto del 1.37% (SIAP, 2014). Aun con el limitado aporte, la importancia de la cabra radica en que tiene una rusticidad que le permite subsistir en entornos marginales y condiciones climáticas adversas (FAO, 2015). La cabra forma parte de un sistema estratégico de sobrevivencia y arraigo para las familias que habitan en áreas rurales restrictivas, con poca disponibilidad de terreno y bajos rendimientos en la producción agrícola (Gamarra, 2000).

En el estado de Puebla la producción de la cabra con fines lecheros se realiza básicamente en microrregiones muy localizados de clima templado, donde bajo condiciones de pastoreo anualmente se producen 1,889 toneladas de leche. En el Distrito de Libres se concentra el 57% de la producción (SIAP, 2015), destinada básicamente a la elaboración de quesos artesanales que se comercializan en los mercados locales y regionales. Esta actividad se sustenta en el aprovechamiento de áreas de agostadero y de los esquilmos agrícolas una vez levantada la cosecha de cereales (Mellado *et al.*, 2004), donde se identifican diferentes tipos de pastoreo de la cabra, que pueden influir en la producción y calidad de la leche, como lo han demostrado diferentes autores en otras regiones del mundo (Boyazoglu y Morand-Fher, 2001; Doyon, 2005; Min *et al.*, 2005;), pero que en la región de Libres no se ha investigado.

La calidad de la leche es un factor importante considerado para clasificar y darle un valor diferenciado; sin embargo, el rendimiento quesero, el sabor y la consistencia son reflejo de la composición química, particularmente del contenido de proteína y de la grasa. De acuerdo con Carnicella *et al.* (2008), el nivel de producción y la calidad de la leche dependen de diferentes factores, entre ellos, las características intrínsecas del animal como la raza, número de partos, estado de lactación entre otros, y de factores externos, entre los que destacan la alimentación.

Con base a lo anterior, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar el comportamiento productivo y la calidad de la leche de cabras en los diferentes tipos de pastoreo en la región de Libres, Puebla.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Planteamiento del Problema

La explotación de la cabra lechera en el estado de Puebla, es una actividad relevante para las familias campesinas ubicadas en zonas templadas con condiciones ambientales poco favorables, donde la cría de animales depende del aprovechamiento de la vegetación nativa y los esquilmos agrícolas. Los productos caprinos básicos de alto valor nutricional son la carne y leche, los cuales generan ingresos para los productores.

El sistema de manejo tradicional consiste en llevar el ganado a áreas de pastoreo (zonas agrícolas, llanuras y cerros), donde el animal hace una selección entre diversas especies de plantas forrajeras. Bajo estas condiciones, se registra una producción estacional dependiente de la disponibilidad de forraje, que a su vez está ligada a la época de lluvias. Así, a partir del mes de junio cuando se presentan las mayores precipitaciones y el forraje incrementa, se desencadena el apareamiento de los animales, condicionando que las lactaciones inicien a partir del mes de noviembre. Iniciando el periodo de producción lechera, la cual puede ser afectada por diferentes factores.

La producción, en especial la forma que toma la curva de lactancia y la composición química de la leche se ve afectada por distintos factores, que pueden ser intrínsecos del animal como la raza, el número de partos, periodo de lactación y factores externos como las condiciones ambientales y la alimentación (Carnicella et al., 2008).

En los diferentes tipos de pastoreo del Distrito de Libres se observan variantes en la forma de manejo. Al menos se pueden identificar a productores que para alimentar sus cabras dependen únicamente del forraje que los animales consumen en el pastoreo de áreas comunales y agrícolas, otros además de forraje colectado, suplementan con granos y/o otros forrajes y un tercer grupo, de productores que utilizan praderas mejoradas y suplementos. Con base al tipo de manejo, la producción y la composición química de la leche pueden variar significativamente.

Partiendo de la información mencionada, es importante llevar a cabo un estudio que permita conocer el comportamiento de la producción y de la composición química de la leche en cada uno de los tipos de pastoreo identificados. La información aportará elementos para tomar decisiones y generar recomendaciones tendientes a mejorar la eficiencia productiva y económica de la explotación de la cabra lechera.

2.2. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la producción y composición química de la leche en tres diferentes tipos de pastoreo de cabras lecheras en el Distrito de Libres, Puebla.

Objetivos específicos

- Evaluar la producción de leche de las cabras en diferentes tipos de pastoreo y estimar la curva de producción.
- Determinar la calidad química (grasa, proteína, lactosa, minerales y sólidos no grasos) de la leche de cabras en los diferentes tipos de pastoreo.

2.3. HIPÓTESIS

Hipótesis general

La alimentación influenciada por el tipo de pastoreo y los forrajes consumidos, determinan las variaciones en la producción y composición química de la leche de cabra en el Distrito de Libres, Puebla.

Hipótesis específicas

- La producción de leche se encuentra estrechamente relacionada con el tipo de pastoreo y la suplementación que reciben las cabras.
- La composición química de la leche de cabra es diferente entre los tipos de pastoreo.
- La composición química de la leche de cabra es de mejor calidad en el tipo de pastoreo con menor producción.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. La cabra lechera en México

La cabra fue uno de los primeros animales domesticados y ha tenido una función importante e ininterrumpida, en el desarrollo de la sociedad. Su contribución ha sido significativa en la nutrición, economía, vestimenta, religión y diversos hábitos cotidianos de la población. Desde la antigüedad, esta especie ha sido sometida a condiciones climáticas restrictivas y forrajes de pobre calidad (Boyazogu *et al.*, 2005), que permitió generarle rusticidad y adaptabilidad a diferentes condiciones de manejo.

En México las cabras llegaron a en el siglo XVI procedente de España. Estas importaciones se realizaron hasta el siglo XVIII y durante la época colonial, el incremento del inventario fue el objetivo principal. Para éste periodo, la carencia de lineamientos definidos para su explotación, propició la mezcla de razas en los rebaños; sin embargo, cientos de años de crianza sometida a la selección natural, ha dado origen a tipos de cabras que se reconocen como “criollas” o de raza “local”, adaptadas a condiciones ambientales específicas. Esta población aporta un gran potencial genético para la producción de leche y carne en ambientes poco favorables, por lo que pueden llegar a producir 0.5 l/día en condiciones de sequía y hasta 1.5 l/día en épocas favorables con una vegetación diversa (Cantú, 2004).

En la actualidad, las cabras se explotan mayoritariamente en pequeños rebaños sin un programa de mejoramiento genético definido. Esto origina una heterogeneidad de proporciones sanguíneas de cabras criollas y la cruce de esta con razas especializadas, que no encajan en una raza definida (Cantú, 2004). Este tipo de cabra es capaz de adaptarse a ambientes donde los recursos alimenticios tienen una limitación en disponibilidad y calidad. Esto condiciona que este ganado tenga un tamaño corporal pequeño y hábitos alimenticios con preferencia hacia árboles y arbustos espinosos, razón por lo que la cabra criolla puede llegar a producir mejor en este tipo de ambientes que las cabras introducidas de razas especializadas seleccionadas o mejoradas para sistemas de mayores entradas de recursos (Zaragoza, 2011).

La explotación de la cabra se asocia básicamente al aprovechamiento de la flora arbustiva de climas áridos y semiáridos debido a su rusticidad, que le permite ser un componente estratégico de sobrevivencia y arraigo para las familias que habitan en áreas rurales, donde las condiciones climáticas, la poca disponibilidad de terreno y los bajos rendimientos agrícolas son factores adversos para la producción (Gamarra, 2000). Por estar ligada básicamente al aprovechamiento de la flora arbustiva, frecuentemente se le encuentra en terrenos sobrepastoreados, asociándola con el deterioro de la vegetación; sin embargo, no es la cabra la que propicia el deterioro de éste recurso, sino más bien el escaso manejo de los agostaderos por el hombre (Koeslag, 1990).

Además de la cabra criolla, las razas lecheras más conocidas y propagadas en México, son las provenientes de las zonas montañosas de Suiza y Francia, como la Saanen, la Alpina y la Toggenburg. Valencia *et al.* (2005), mencionan que el mejoramiento de la raza criolla se ha venido dando con la importación de semen, particularmente de Francia y de EEUU. En un estudio, De los Santos (2010), identificó que en el Valle de Libres, Puebla, las razas predominantes son la criolla y sus cruizas con Alpina, Saanen, con 32.64, 32.15 y 18.46%, respectivamente.

En su estudio, Serrano (2010), reportó que los rebaños de cabras lecheras de la región de Libres, Puebla, están constituidos en promedio de 52 ± 28 caprinos, cuya alimentación del 88% de ellos, es en el pastoreo con un tiempo aproximado de 8 horas por día. El sistema de producción es considerado de subsistencia con bajo nivel tecnológico, mano de obra familiar y con una superficie agrícola de 5.2 ± 4.5 ha por productor, que destina a la producción de forraje para la alimentación del ganado.

3.2. La cabra lechera en pastoreo

A nivel mundial la producción de leche de cabra es mayor en países como la India, Bangladesh y Sudán. Con base al inventario caprino que dispone cada país, la India (126 millones de cabezas), tiene una eficiencia productiva de 32 kg de leche/cabra/año, mientras que Francia (1.26 millones de cabezas), reporta una producción de 494 kg/cabra/año. Por su parte en México, se tiene una eficiencia de 19

kg de leche por cabra con un inventario de 8.9 millones de cabezas (Ducoing, 2014). Lo anterior, indica el propósito de las cabras y del grado de intensificación productiva. Su grado de intensificación es muy variable, desde una explotación muy extensiva, hasta estructuras muy intensivas de los países industrializados (FIL/IDF, 1999).

Actualmente, las condiciones para la producción de leche de cabra se han diversificado y varían entre regiones. Particularmente, en función de la disponibilidad de recursos, de aspectos culturales, económicos y ambientales (Boyazoglu *et al.*, 2005), lo cual define el sistema de producción y la calidad de los productos obtenidos.

La leche de cabra es un producto que despierta especial interés en los consumidores por su particular sabor, pero también por ciertas cualidades nutritivas y de salud, como es su mayor digestibilidad y un mejor balance en el perfil de ácidos grasos en comparación con la leche de vaca, cualidades relacionadas con la prevención de cáncer y de enfermedades cardiovasculares (Wechrmuller y Riffel, 2007). Por otra parte, la leche de cabras en pastoreo presenta diferentes ventajas con respecto a las cabras estabuladas alimentadas con forrajes de corte, ensilados o concentrados. Morand-Ferh *et al.* (2007), mencionan que la leche de cabra en pastoreo tiende a ser más rica en grasa y en diversos micronutrientes como terpenos, flavonoides, vitaminas A y D y en el perfil de ácidos grasos insaturados, que además de tener un efecto positivo a la salud de los consumidores, mejoran la calidad fisicoquímica de la leche para producir quesos con mejores características sensoriales.

3.3. Principales razas de cabras lecheras

Davendra y Haenlein (2011), mencionan que en el mundo existen 570 razas de cabras, de las cuales solamente 69 fueron generadas para la producción de leche. Su origen es variable, el 52% son originarias de Europa, el 37% de Asia y el 11% de África. Los mismos autores hacen mención de una clasificación de las razas lecheras, donde ubican a 11 de ellas como altamente productoras, 24 de producción media y 10 de doble propósito. Las cabras altas productoras de leche en su mayoría son de origen europeo y de climas templados, donde sobresalen las razas suizas como la

Alpina, Saanen y Toggenburg por ser las que se han exportado a nivel mundial.

Los programas de mejoramiento genético en cabras se concentran en Europa y América del Norte, aunque la mayoría de las cabras lecheras se encuentran en los países en desarrollo. La selección genética de las cabras lecheras ha dado lugar a aumentos considerables de los rendimientos y a períodos de lactancia más prolongados; por consiguiente, las razas de cabras lecheras especializadas utilizadas en los países desarrollados, tienen un mayor potencial genético para la producción de leche que las razas utilizadas en los países en desarrollo (FAO, 2015).

En el Cuadro 1 se hace referencia a algunos autores que en diferentes partes del mundo, han publicado los niveles de producción de las principales razas. Se observa en principio que la raza Alpina es la que más se ha ocupado con fines investigativos, reportándose una producción de 0.95 kg de leche/día en Cuba (Ribas y Gutiérrez, 2000) a 4.8 kg en Francia (Le Freileux *et al.*, 2005). En general y por su naturaleza, el nivel de producción observado de las cabras es superior en países desarrollados ubicados en la región de origen y donde la industria quesera es importante, que en aquellos en vías de desarrollo; lo cual puede deberse entre otros factores, a la adaptación, condiciones de producción (Jaubert, 1997) y la alimentación (Díaz *et al.*, 2004b).

En el Cuadro 1 se observa que también la raza Alpina es la que tiene una mayor producción en comparación a otras razas (Majid *et al.*, 1994; Kompan *et al.*, 1998; Montaldo *et al.*, 2010); sin embargo, se infiere que existe una alta variación dentro de la misma raza, que puede ser debida en principio a la variabilidad individual y a otra serie de factores antes mencionados. Por orden de importancia productiva, pudiera deducirse que después de la raza Alpina, la segunda es la Saanen, tercera la Toggenburg y por último la Nubia.

Cuadro 1. Producción láctea de diferentes razas caprinas (kg d⁻¹).

País	Alpina	Saanen	Toggenburg	Nubia	Referencia
Eslovenia	1.79	2.26	--	--	Kompan <i>et al.</i> (1998)
Túnez	1.95	--	--	--	Najari <i>et al.</i> (2000)
Sudáfrica	--	2.45	--	--	Donkin y Boyazoglu (2000)
Kenya			2.24 2.89		Ahuya <i>et al.</i> (2009)
E.U.A ¹	2.71*	2.32*	--	2.07*	Majid <i>et al.</i> (1994)
Cuba	0.95	1.05	1.02	0.8	Ribas y Gutierrez (2000)
Brasil	2.61	--	--	--	Ribeiro <i>et al.</i> (2000)
Portugal	2.95	--	--	--	Min <i>et al.</i> (2005)
--	4.12	--	--	--	--
México ²	1.82	1.75	1.62	1.6	Montaldo <i>et al.</i> (1995)
Portugal	2.98	--	--	--	Min <i>et al.</i> (2005)
--	4.12	--	--	--	--
Francia	3.71	--	--	--	Le Freileux <i>et al.</i> (2005)
--	4.8	--	--	--	--
--	3.9	--	--	--	Morge (2000)
--	4.6	--	--	--	--
--	2.81	--	--	--	Lefrileux <i>et al.</i> , (2008)
--	4.64	--	--	--	--

¹200 día de producción; ²Cruza con razas criollas (<7/8)

La raza Saanen en diferentes países del mundo muestra también un amplio rango de producción diaria, con una media de 1.8 kg d⁻¹, alcanzando su producción más alta en Sudáfrica, país en el cual la producción reportada por Donkin y Boyazoglu (2000) es de 2.45 kg d⁻¹, superando la reportada por Ribas y Gutiérrez (2000) en Cuba de 1.05 kg d⁻¹. Por otra parte, para la raza toggenburg existen pocos trabajos y según Ribas y Gutiérrez (2000) encontraron que la producción de leche de esta raza fue de 1.02 kg d⁻¹, menor a la reportada en México por Montaldo (2010) de 1.6 kg d⁻¹.

En México, diversas evaluaciones comparan la raza criolla y la cruce de esta con razas especializadas (Montaldo *et al.*, 2010). La información generada muestra la superioridad productiva de las razas especializadas (1.7 vs 1.02) kg d⁻¹ con respecto a la raza criolla; además, concluyen que entre las tres principales razas lecheras y sus cruces con la criolla, los niveles de producción no son muy diferentes.

3.4 Calidad de la leche de cabra

Partiendo del enfoque que considera estrechamente la relación entre los productores y los usuarios, Villegas (2003), señala que la calidad de la leche se refiere a la suma de características (nutritivas, composicionales, higiénicas, sensoriales, tecnológicas, etc.) que la definen y que concurren a proporcionar una mayor o menor satisfacción al consumidor. Por otro lado y bajo un enfoque normativo, la calidad de la leche se refiere al cumplimiento de las especificaciones establecidas en la Norma Mexicana NMX-F-728-COFOCALEC-2007, que establece los parámetros que debe cumplir la leche cruda de cabra, para estar dentro de los rangos establecidos y ofertar un producto de calidad higiénica y nutricional (Cuadro 2) .

Cuadro 2. Especificaciones fisicoquímicas para la leche cruda de cabra

Parámetro	Especificaciones	Método de Prueba
Densidad a 15 °C g/mL	1.028 min	NMX-F-424-S-1982 Y NOM-155-SCFI-2003
Grasa g/L	30 min	NOM-155-SCFI-2003 NMX-F-490-1999- NORMEX
Proteínas totales g/L	28 min	NOM-155-SCFI-2003
Lactosa g/L	41 a 48	NOM-155-SCFI-2003
Sólidos no grasos g/L	83 min	NOM-155-SCFI-2003
Punto Crioscópico °C (°H)	-0.505 °C (-0.525 °H) a - 0.563 °C (-0.585 °H)	NOM-155-SCFI-2003

Nota; El punto Crioscópico y el contenido de sólidos puede variar de acuerdo con la estación del año, la alimentación y el nivel de producción. En México se han obtenido valores de punto Crioscópico de hasta -0.430 °H.

La información sobre las características fisicoquímicas de la leche, es importante para el éxito de las industrias lácteas (Haenlein y Wendorff, 2006) y se diferencia de acuerdo a la especie de la que proviene (Posati y Orr, 1976; Sanz, 2009). La leche de vaca es el principal sustituto de la leche materna y la más consumida en todo el mundo, aunque su contenido de nutrientes de importancia como la grasa y proteína son menores que los de la leche de cabra y oveja (Cuadro 3). Esto mismo es afirmado por Anifantakis (1986) y Park (2006a), quienes señalan que la leche de oveja y cabra tienen generalmente más alta concentración de grasa que la leche de vaca.

Cuadro 3. Composición química de la leche de diferentes especies (%)

Componente	Cabra ¹	Vaca ¹	Oveja ²
Grasa	5.23	3.42	7.62
Proteína	3.48	2.82	6.21
Lactosa	4.11	4.47	3.7
Minerales	0.75	0.65	0.9
Sólidos no grasos	8.34	7.94	10.81
Sólidos totales	13.57	11.36	18.43

Sólidos totales = grasa + sólidos no grasos

¹Sanz (2009), ²Posati y Orr (1976)

La relación entre el contenido de grasa y proteína en la leche de cabra y oveja hace de este producto un fluido muy valioso en la industria quesera, ya que se obtienen mayores rendimientos que con la leche de vaca. Esto se debe a la mayor cantidad de sólidos totales, con porcentajes de 11.4 en vaca, 13.6 cabra y 18.4 oveja. La composición de la leche de cabra y oveja es muy similar (Cuadro 3), pero la segunda tiene un contenido más alto de grasa, sólidos no grasos, proteínas y cenizas totales (Sanz 2009; Possati y Orr 1976). De acuerdo con las propiedades químicas de la leche de cabra y oveja, estas diferencias son de importancia en la industria quesera provocando que la coagulación sea más rápida y firme en la leche de oveja (Grandison, 1986).

Los datos del Cuadro 3, coinciden con los rangos registrados por Haeniein (1992) y Haeniein (1993), quienes establecen que la cantidad de sólidos totales en la leche de cabra, pueden variar de 12 a 18%, mientras que en la leche de oveja el rango es de 15 a 20%, la proteína de la leche de cabra está en un rango de 3 – 4.5% y en la leche de oveja de 5 – 6%. Esta composición y las variaciones en su riqueza composicional puede ser influida por diferentes factores, destacando entre los más importantes la alimentación (Guo *et al.*, 2001; Morand-Fehr *et al.*, 2007; Valenti *et al.*, 2012) y la raza (Mestawet *et al.*, 2012), además cabe mencionar que los componentes más variables en la leche son la grasa y proteína.

3.5 Composición química de la leche de cabra

Según Park (2007), la investigación durante el siglo XX ha aumentado significativamente el conocimiento sobre las características básicas de la composición de la leche de cabra. La composición química describe la calidad y puede ser utilizada para valorar la producción y mejorar el nivel de ingresos de los productores (Pirisi *et al.*, 2006). La leche es un fluido biológico complejo compuesto principalmente por agua (80%), pero que contiene proteínas, carbohidratos, grasas, minerales, vitaminas, que son esenciales para el crecimiento y el desarrollo de los mamíferos recién nacidos y en la primera etapa de su vida (Martin *et al.*, 1999; Lombard 2006).

Cuadro 4. Composición química de la leche de cabra.

Raza	Sistema	Alimentación	Grasa	Proteína	Lactosa	Referencia
Alp			3.36	2.95	4.02	Metka <i>et al.</i> (2006)
Saa			3.77	3.4	4.36	Metka <i>et al.</i> (2006)
Saa			3.48	2.61	4.3	Tziboula-Clarke (2003)
Sar			5.1	3.9	--	Tziboula-Clarke, (2003)
Local			5.63	3.77	4.76	Tziboula-Clarke, (2003)
Gra			--	4.09	--	Tziboula-Clarke, (2003)
Alp/Saa			3.6	3.2	--	Pirisi <i>et al.</i> , (2007)
Saa		Canola	3.97	3.09	4.55	Matsushita <i>et al.</i> (2007)
Saa		Girasol	4.09	3.11	4.59	--
Saa		Soya	4.27	3.09	4.6	--
Cri	Ext	A, MM, PG	4.91	5.13	--	Oliszewski <i>et al.</i> (2002)
Nub			4.94	3.6	4.51	Zeng <i>et a.</i> , (1996)
Gra	Int	C/F	5.23	3.48	4.11	Sanz <i>et al.</i> (2009)
Dam			4.33	3.75	--	Psatas (2005)
Gra	Int	C/F	5.37	3.14	5.98	Sanz <i>et al.</i> (2002)
Alp	Int	H+C 0.66kg	3.1	3.08	4.11	Min <i>et al.</i> (2005)
Alp	Ext	P + C 0.66kg	3.1	3.05	4.19	--
Alp	Ext	P+ C 0.33kg	3.0	3.08	4.15	--
Alp	Ext	P, S/C	2.9	2.9	3.99	--

Bar	Int		5.1	3.7	5.5	Prasad <i>et al.</i> (2002)
Bar x Jam	Int		4.8	3.8	5.2	--
Bar x Bee	Int		5.0	3.4	5.5	--
Bar x BB	Int		5.6	3.9	5.5	--
Alp	Ext	FV	3.36	2.95	4.02	--
Mal	Int	F/C 35/65	3.5	3.4	4.6	Carnicella <i>et al.</i> (2008)
Mal	Int	F/C 50/50	3.5	3.4	4.6	--
Mal	Int	F/C 65/35	3.6	3.4	4.6	--

Razas: Alpina – Alp, Saanen – Saa, Criolla – Criolla – Cri, Nubia – Nub, Damascus – Dam, Sardinian – Sar, Granadina – Gran, Beetal – Bee, Jamunapari – Jam, Black Bengal – BB, Maltesa - Mal. **Sistemas:** Extensivo – Ext, Intensivo – Int. Pastoreo - P, **Alimentación:** Concentrado – C, Forraje – F, Avena – A, Maíz Molido – MM, Pellets de girasol – PG, sin concentrado S/C.

Grasa

La concentración de grasa en la leche de cabra es variable en los diferentes países, sistemas y tipos de alimentación. En el Cuadro 4, se observa que la grasa tiene una media de 4.9% y varía en un rango de 3.1% a 5.63%. Las cabras que mostraron mayor producción de grasa fueron las 7 razas locales, en comparación con las razas lecheras especializadas (Alpina y Saanen) (Prasad *et al.*, 2005), promediando 4.5% y 3.9%, respectivamente. Además, se puede observar que es posible aumentar el contenido graso en la leche de razas especializadas como la Saanen, suplementando semillas ricas en aceites como: canola, girasol y soya (Matsushita *et al.*, 2007).

Los lípidos, en términos de precio, nutrición, características físicas y sensoriales, son uno de los componentes más importantes de la leche. Están constituidos en un 98% de triacilgliceroles (TAG), incluyendo a los ácidos grasos esterificados (Park, 2006a; Haenlein y Wendforff, 2006). En función del contenido de grasa, la leche de cabra y oveja constituyen un producto de valor industrial que se destina a la elaboración de queso y otros derivados como dulces y productos fermentados. Adicionalmente, el contenido y la composición de la grasa, influyen respectivamente, sobre el rendimiento y sabor de los productos (Alonso *et al.*, 1999). El contenido de grasa en la leche

depende de diversos factores, y entre los de mayor importancia se encuentra la alimentación del animal. Por ello es vital ofrecer una dieta que cubra los requerimientos nutricionales del animal y que sea rica en fibra.

El sabor que atribuye este constituyente, son similares entre la leche de cabra y oveja, y difieren cuantitativamente sobre la leche de vaca (Moio *et al.*, 1993). Al respecto Chilliard y Lambert (2001) señalan que el sabor característico de los quesos de cabra se debe especialmente, a su contenido de ácidos grasos de cadena corta (C6 – C10), así como de ramificados con menos de 11 átomos de carbono.

La grasa varía con las fases de la lactancia y con la alimentación, como lo muestran Carnicella *et al.* (2008) quienes registran contenidos de grasa en la leche de cabra de 3.6 y 3.5%, cuando utilizaron una alimentación de 65/35 y 50/50 de forraje/concentrado, respectivamente (Cuadro 4). Por su parte Abijaud'E *et al.* (2000) señalan que dietas altas en concentrado y pobre contenido de fibra afectan negativamente la producción de grasa en la leche, Sutton (1976) por su parte, señala que el menor tamaño de partícula de la fibra o la presentación de ésta en forma granulada, hace menos eficiente el proceso de formación de acetato y butirato, que son los principales precursores de los ácidos grasos sintetizados en la glándula mamaria. Existen trabajos, como los de Min *et al.* (2005), que encontraron resultados contrarios a los antes citados, explicando que las cabras suplementadas tuvieron una leche de mayor concentración en grasa con respecto a las que se alimentaron únicamente con forraje en pastoreo (Cuadro 4), que fue debido a una deficiencia de energía metabolizable y a la menor disposición de acetato en el rumen.

Al respecto, Caja y Boquier (2000), indican que de acuerdo con el destino de la leche, lo que interesa es optimizar la producción y tomando en cuenta que la cantidad de leche producida tiene estrecha relación con la concentración de sus principales componentes, entre los cuales uno de los más importantes es la grasa. Así una mayor ingesta energética se relacionada con el aumento en la cantidad de leche producida.

Las propiedades sensoriales de los productos lácteos caprinos como el olor y el sabor, son por su composición de ácidos grasos de cadena media y corta (Graces *et al.*, 2011), además de que los contenidos de ácidos grasos esenciales y de cadena corta

se relacionan con los alimentos saludables (Capra, 2004). La leche de cabra tiene por lo general un 35% de ácidos grasos de cadena mediana contra un 17% en la leche de vaca, de los cuales tres (caproico, caprílico y cáprico) representan el 15% en la leche de cabra y sólo un 5 % en la de vaca (Chacón, 2005).

Proteína

La proteína (García y Holmes, 2001) junto con la grasa (Lennox *et al.*, 1993) y la lactosa (Fekadu *et al.*, 2005) son los componentes más importantes en la obtención de subproductos lácteos, relacionándose con la producción, firmeza, color y sabor. Como componentes de la proteína de la leche de cabra existen seis productos genéticos de la glándula mamaria: α 1-caseína, α 2-caseína, β -caseína, κ -caseína, β -lacto globulina y α -lacto albúmina (Swaisgood, 1993), asociándose de manera directa con el rendimiento en queso, ya que son las proteínas coagulables en la elaboración del queso.

El contenido de proteína en leche de oveja (5.8%) es mayor que en cabra (4.6%) y en la leche de vaca (3.3%), estos contenidos varían ampliamente dentro de cada especie, y se ven influenciados por diferentes factores como; la raza, la etapa de lactancia, la alimentación, el clima y el estado de la ubre (Guo, 2003). En el Cuadro 4, se muestran resultados obtenidos por distinto autores, razas y países, en los que se obtuvieron diferentes porcentajes de proteína mostrando un valor máximo de 5.13% en cabras Criollas Serranas de Argentina, las cuales fueron manejadas en pastoreo en franjas de avena sativa, *Chloris gayana* y *Melilotus albus*, complementada con raciones de maíz molido y pellets de girasol, lo cual se tuvo una producción de leche con un alto contenido graso (4.9%). La raza Saanen tuvo el valor mínimo de proteína que fue de 2.6%, lo que se debe a que esta raza es una alta productora de leche, pero con valores bajos en componentes.

Con base a la información del Cuadro 4, el contenido de proteína en la leche de cabra registra un promedio de 3.4%, con una variación que va de 2.6% a 5.1%, en función del tipo de raza, sistema de manejo y tipo de alimentación. Se observa que el valor máximo (5.1%) es para una raza criolla en pastoreo, destacando el potencial de las

razas locales para la producción de leche rica en componentes de importancia en la elaboración de quesos. El menor contenido de este componente fue para la raza Saanen, que se caracteriza por producir grandes volúmenes de leche, pero con menor contenido de sólidos.

El efecto de la alimentación en el contenido de proteína en la leche, es menos visible en comparación del efecto de la raza. Esto fue demostrado por Min *et al.* (2005), que reportan el mismo valor (3.08%) para cabras alimentadas de manera intensiva y extensiva con diferente grado de suplementación. Asimismo, Carnicella (2008) registró 3.4% de proteína para cabras con diferentes proporciones de forraje y concentrado en la dieta (Cuadro 4).

En un trabajo previo realizado en la región de estudio, Merino (2010), en un sistema de pastoreo tradicional encontró un valor medio de proteína de 2.96%. Dicho valor es inferior a los reportados por Cisse *et al.* (2002), quienes en un sistema de pastoreo tradicional encontraron valores de 4.3 % y por Marín *et al.* (2001) en cabras de la raza criolla alimentadas en pastoreo en pradera natural en la región de Santiago de Chile, que obtuvieron valores promedio de 4.2%. Otros autores como Ludueña *et al.* (2006) y Capra (2003), obtuvieron valores de 3.7 y 3.3 %, respectivamente. Por otra parte, Haenlein (2002) señala un rango de 2.2% a 5.1% en los valores de la proteína, que coinciden con los valores encontrados por los autores del Cuadro 4.

Los rangos de variación en el contenido de proteína entre razas es menor que en el contenido de grasa, como se observa en el Cuadro 4 para las razas Alpina y Saanen con respecto a las locales, que en grasa promediaron 3.89% y 4.53 y en proteína, 3.12% y 3.63%, respectivamente.

Lactosa

La lactosa es el principal carbohidrato y endulzante natural de la leche, para algunos autores está considerado como el único; sin embargo, también se encuentran pequeñas cantidades de glucosa (7.4 mg/100ml), galactosa (2 mg/100 ml), sacarosa, cerebrosidos y aminoazúcares derivados de la hexosamina (Badui, 1993). Además de ser el principal sustrato de acción microbiana fermentativa (Nasanovsky *et al.*, 2003).

La lactosa es un disacárido que se encuentra formado por glucosa y galactosa (Park, 2006a), y según Mahaut *et al.* (2003), señalan que la lactosa puede fermentar gracias a numerosas bacterias ácido lácticas que pueden generar algunas transformaciones (ácido láctico, propiónico, butírico, alcohol, etc), dando origen a productos fermentados como el yogur, pero su poder endulzante es muy inferior al de la sacarosa (relación próxima a 1-3).

La lactosa se encuentra en un promedio de 4.2% en un sistema de pastoreo (Merino, 2010), este carbohidrato varía conforme transcurre la lactancia con valores al inicio de 4.5 a 4.3% en las primeras semanas y decreciendo hasta llegar a 3.96% al final de la lactancia (Haenlein, 2002). Por su parte, Richardson (2004) señala que el contenido de lactosa en la leche de cabra es bajo en comparación con la leche de otras especies, el cual es aproximadamente de 1 a 13% menos que en la leche de vaca y hasta un 41% menos que la leche humana. Al respecto, Sanz *et al.* (2009) señalan que el contenido de lactosa es más alto para la leche de vaca y la cabra tiene un 8% menos. La leche de cabra presenta menos problemas asociados con la intolerancia a este disacárido.

En el Cuadro 4 se observa la cantidad de lactosa reportada por diferentes autores a nivel experimental. El rango es de 4.0 a 6.0%, con un promedio de 4.6%, similar a lo reportado por Carnicella *et al.* (2008). Comparando entre razas, la tendencia es similar que en el contenido de grasa y proteína, en términos de que las razas especializadas como la Saanen y la Alpina producen una leche más pobre que aquellas de razas locales (4.8 vs 4.5%). En el Cuadro 4 también destaca que la raza Granadina rebasa lo establecido en la Norma Mexicana NMX-F-728-COFOCALEC-2007 (Cuadro 2). Con base al tipo de alimentación, el contenido de lactosa no varía (Min *et al.*, 2005; Matsushita *et al.*, 2007; Carnicella *et al.*, 2008) para animales de la misma raza alimentados con dietas diferentes.

Minerales

Las necesidades de minerales en los rumiantes, no se cubre por las hierbas y pastos que consumen en el pastoreo (McDowell, 2003), por lo que Greppi *et al.* (1995) señalan que la composición de la leche se puede relacionar con la alimentación. Al

respecto, Kondyli *et al.* (2007), señalan que el contenido de Ca, P, K, Cu, Zn y Mn muestra variaciones según transcurre la lactancia, mientras que el Na, Mg y Fe se mantienen constantes.

El contenido de minerales de la leche de cabra varía de 0.7 a 0.85% y en comparación con la leche de vaca, contiene más calcio, fósforo y potasio (Silanikove *et al.*, 2010). Según Rodden (2004), la leche es la fuente principal de calcio para el ser humano, sin importar si es de cabra, vaca u otra especie, pero resalta que la leche de cabra aporta 13% más calcio que la leche de vaca.

Sanz *et al.* (2009) encontraron que los niveles de Ca, P, Mg, Fe y Cu en la ceniza de la leche de cabra es significativamente mayor que los de la ceniza de la leche de vaca en un 28.4%, 26.8%, 27.2%, 40.0% y 66.6% respectivamente, y no hubo diferencia significativa en Zn con 0.52 g para cabra y 0.46 g para la leche de vaca.

Cuadro 5. Composición mineral de la leche de cabra en diferentes razas y países.

País	Raza	Minerales (%)	Referencia
Inglaterra	Saanen Británica	0.8	Albenzio <i>et al.</i> , (2006)
Italia	Sardinian	0.71	--
Grecia	Local	0.73	--
Chipre	Damascus	0.83	Psathas (2005)
México	No especificada	0.75	Merino (2010)
España	Granadina	0.75	Sanz <i>et al.</i> , (2009)

En el Cuadro 5 se observa que el porcentaje de minerales en la leche de cabra no es tan variable entre las diferentes razas y diferentes países, reportándose concentraciones que van de 0.71 y 0.83%, con una media de 0.76%. En un trabajo realizado previamente en la región de Libres, Puebla, se encontró un promedio de 0.75% (Merino, 2010).

3.6. Factores que afectan la producción y composición química de la leche

Considerando que un animal posee cierto poder de adaptación y que tiene reacciones individuales, la leche nunca será un producto estándar como lo desean las industrias transformadoras (Assenat *et al.*, 1991). Siempre hay variaciones derivadas de diferentes factores, algunos propios del animal o intrínsecos y otros de tipo externo. En este sentido, el productor puede influir sobre algunos y tendrá que adaptarse a otros. Mediante la manipulación de algunos de estos factores, se puede perfeccionar la producción y composición de la leche de cabra, satisfaciendo la demanda del consumidor (Chilliard *et al.*, 2003). Algunos autores mencionan que la producción y composición de la leche de cabra está influenciada principalmente por la nutrición de la cabra, la raza y el medio ambiente (Boyazoglu y Morand – Fehr, 2001); Sin embargo, en base a diferentes autores, (Jenness, 1980; Park, 1990; Guo, 2003; Morand-Fehr *et al.*, 2007; Carnicella *et al.*, 2008) la producción y la calidad de la leche dependen de las características intrínsecas del animal, entre ellos, la raza, número de partos, número de crías, estado de lactación, estatus nutricional, peso, etc.; pero además existen factores externos como el sistema de explotación, alimentación, condiciones climáticas, época de parto, etc., (Díaz *et al.*, 2004b; Vega *et al.*, 2004b), que en conjunto forman parte de la tecnología local de producción.

Tipo de parto.- Las cabras con partos dobles tienen una mayor producción que aquellas con partos sencillos. Este incremento en la producción se relaciona con el estímulo que produce la cría al momento del amamantamiento, además de que se relaciona también con el tiempo en el que se presenta el pico de producción, presentándose antes en cabras que tienen una o dos crías (Ruiz *et al.*, 2000). Al respecto, (Flamant y Morand-Fehr, (1982); y Hat *et al.* (1995) señalan que la frecuencia de ordeño o la succión de las crías aumenta la producción de leche. Los nacimientos múltiples suelen ser más frecuentes que los partos simples entre las cabras y la frecuencia de los partos múltiples parece aumentar con la edad de la hembra (Williams, 1993).

Número de parto.- El número de partos afecta la producción de leche, la cual es menor en cabras primíparas que en múltiparas. En la Figura 1, se esquematizan las

curvas de producción en cabras con diferentes partos, observándose que la mayor producción la alcanzan en el tercer y cuarto parto. Por otra parte, Carnicella *et al.* (2008) reportan que las cabras de raza Maltesa, tuvieron una lactancia de 257 días, una producción de leche de 302.1 kg y un promedio de 1.1 kg d^{-1} , mientras que las cabras de primer parto la lactancia fue de 244 días, 257 kg de leche, y promedio de 1.053 kg d^{-1} .

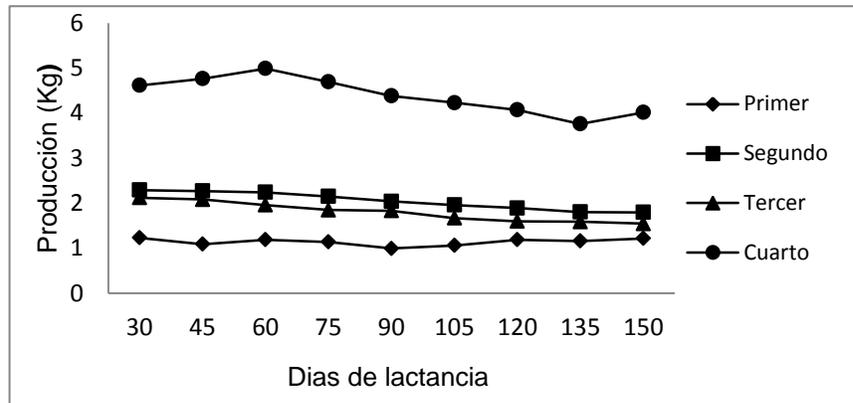


Figura 1. Comportamiento de la producción de leche de cabras de diferentes partos.

Fase de lactación.- El comportamiento de la producción a lo largo de la lactancia, es un proceso biológico que puede ser explicado por medio de una función matemática y la cual es útil en el pronóstico de la producción total a partir de muestras parciales, planificación del hato con la ayuda de la predicción confiable de la producción y la selección a partir del conocimiento de las relaciones entre las diferentes partes de la curva (Quintero, 2007). Existen diferentes modelos matemáticos para la estimación de las curvas de producción, siendo los modelos más utilizados: 1) Lineales, entre los que se cuentan, cuadráticos, cuadráticos logarítmicos, polinomiales inversos, polinomios segmentados, lineal hiperbólico, regresión múltiple y modelos polinomiales y 2) no lineales, entre los que están la función gamma incompleta, la parabólica exponencial y el modelo de Wilmink (1987).

La curva de lactancia (Figura 1) puede ser afectada por diversos factores tales como: la raza, estación y el número de parto y región, (Gipson y Grossman 1989; Garcia y Holmes, 2001; Grossman y Koops, 2003). La producción y composición de la leche varía durante el transcurso de la lactancia y se ve afectada también por el factor

genético y la ingesta de nutrientes de la cabra, y se observa que cuanto mayor es el nivel de producción, menor es la concentración de sólidos totales y particularmente el contenido de grasa (Flamant y Morand-Fehr, 1982).

Estudios realizados en la composición química de la leche a través de la lactación, indican que afecta principalmente el contenido de grasa (Chilliard *et al.*, 1986; Soryal *et al.*, 2004; Díaz *et al.*, 2004b), produciendo mayor contenido en la primera semana, para después descender ligeramente y mostrar un nuevo incremento gradual. En tanto que para el contenido de lactosa, disminuyen conforme transcurre la lactancia (Díaz *et al.*, 2004b; Greyling *et al.*, 2004).

Sistema de producción y alimentación. El sistema de producción se encuentra estrechamente ligado a la alimentación, por lo que al respecto Cabidbu *et al.* (1999), señala que la producción de leche y el contenido de proteína es influenciado por las condiciones nutricionales de las cabras y especialmente por la cantidad de proteína ingerida. Los sistemas intensivos buscan no depender de las condiciones climáticas, por lo que basan la alimentación del ganado en forrajes de alto valor nutricional como el ensilaje, heno y concentrados, con lo que se busca obtener las mayores producciones que cubran los costos de producción (Morand Ferh *et al.*, 2007). El pastoreo es un sistema que basa la alimentación en pastos naturales, lo que se considera un manejo más ecológico debido a que la flora está adaptada a las condiciones agroclimáticas y varían con la época del año (Rubino *et al.*, 1999). Pizillo *et al.* (2005), evaluaron tres rebaños de cabras lecheras en pastos naturales en llanuras, colinas y montañas, sin suministro de concentrado, donde obtuvo una producción de 250 a 300 kg de leche por año y aunque la producción fue baja, la grasa, proteína, proporciones de PUFAS (PolyUnsaturated Fatty Acids) y terpenos fueron más altos.

La nutrición es un factor importante en las características productivas del animal y la composición de la leche (Min *et al.*, 2005). Aunque Doyon *et al.* (2005) no encontraron diferencias en la producción o composición de leche de cabra; sin embargo, la mayoría de autores mencionan que la nutrición tiene efecto en la producción de leche (Morand fehr, 2000; Guo *et al.*, 2001; Carnicella *et al.*, 2008). Por ello el alimento debe

ser ofrecido en cantidad suficiente y calidad para lograr una buena producción y composición.

Ramírez-Orduña *et al.* (2003) encontraron que la calidad y disponibilidad del forraje en el agostadero como fuente de alimento para la ganadería se ve modificado a lo largo del año, distinguiéndose dos periodos, uno de alta calidad forrajera en otoño e invierno, y otro de menor calidad en primavera y en verano.

La dieta afecta la composición de la leche de cabra y productos lácteos, las diferencias entre los sistemas de producción basados en el pastoreo frente a uso de alimentos cosechados, dependen en gran medida las plantas disponibles. Galina *et al.* (2007) observaron diferencia en la composición del queso fresco elaborado con leche de cabras estabuladas, en comparación del pastoreo en una amplia gama de especies de plantas. También, Soryal *et al.* (2004) observaron un mayor sabor para el queso Domiati elaborado con leche de las cabras en pastoreo sin concentrado suplementario en comparación con las cabras estabuladas con el consumo de una dieta de heno concentrado-alfalfa.

3.7 Marco de referencia de la caprinocultura lechera

Con base a datos reportados y esquematizados en la Figura 2, el inventario caprino nacional del 2004 al 2011 tuvo un aumento constante, al pasar de 8.8 a 9.0 millones de cabezas; sin embargo, en los años subsecuentes la población disminuyó de manera importante hasta llegar a 8.7 millones (SIAP, 2014).

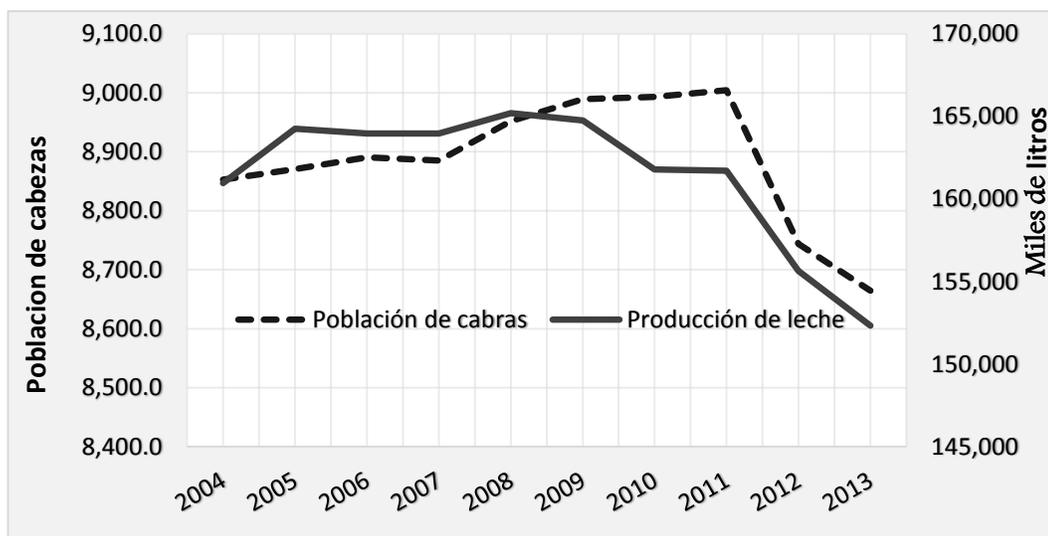


Figura 2. Comportamiento del inventario ganadero y producción de leche de cabra en México (Miles de litros)-(SIAP, 2014).

Por su parte, la producción de leche de cabra tuvo hasta el 2008 una ligera tendencia a aumentar, pasando de 164,204 a 165.2 miles de litros. Sin embargo, registró un descenso hasta el 2011 que llegó a 161,796 miles de litros. Subsecuentemente se registró otro descenso más pronunciado para el 2013, que ya estuvo asociado con la disminución del inventario y en total la producción disminuyó 10 mil toneladas de leche en este periodo. La leche de cabra hace un aporte de apenas el 1.4% de la producción nacional y es destinada prácticamente para la elaboración de quesos y dulces regionales.

La producción de leche de cabra en México (Cuadro 6), se concentra en los estados del norte, destacando Coahuila, Durango, Chihuahua y Zacatecas. En segundo término destaca la zona centro en los estados de Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Tlaxcala. Puebla, junto con Veracruz en la región centro sur, quedan en un bloque de tercer término, ocupando el lugar número 13 con una producción de 1,889 miles de litros. En el mismo Cuadro 6 se observa que el precio de la leche de cabra para 2013, fluctuaba de \$ 4.24 a \$ 7.79, siendo los estados de Veracruz, Zacatecas y Guanajuato donde mejor se valoró; mientras que en Jalisco, Durango y Coahuila registró el menor precio.

Cuadro 6. Producción de leche de cabra para el año 2013.

Estado	Producción (Miles de litros)	Precio (Pesos por litro)
Coahuila	47 442	4.49
Guanajuato	37 680	6.21
Durango	25 346	4.49
Jalisco	6 667	4.24
Chihuahua	6 385	5.13
Zacatecas	5 616	7.21

Michoacán	3 709	4.88
Tlaxcala	3 535	5.43
Nuevo León	3 149	5.79
S.L.P	3 075	5.31
Baja Cal Sur	2 940	5.67
Veracruz	2 084	7.79
Puebla	1 889	5.43

Fuente: SIAP/SAGARPA, 2015

En el estado de Puebla, la producción se concentra en el Distrito de Libres en un 57% y la parte restante, en el Distrito de Cholula y Tecamachalco. En la Figura 3, se muestra la producción de los Distritos del estado de Puebla y la producción total a lo largo de los últimos 11 años, donde se observa que ha habido una tendencia constante a incrementar. En el Distrito de Cholula se ha mantenido una producción constante, mientras que Tecamachalco ha sido muy variable y el Distrito de Libres tuvo crecimiento a lo largo del tiempo, similar a la producción total del Estado de Puebla.

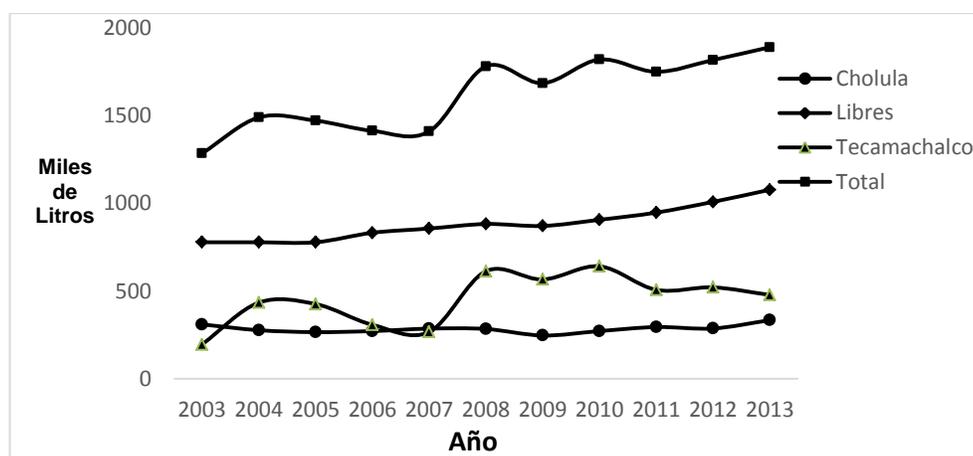


Figura 3. Producción de leche de cabra por Distrito y total en el Estado de Puebla (SIAP, 2015).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación y características del área de estudio

El presente trabajo se realizó en rebaños de productores de las comunidades de Santa Cruz y Jalapasco pertenecientes al municipio de Oriental y Tepeyahualco, respectivamente, en el estado de Puebla. Estos municipios, se sitúan al centro norte del estado (Figura 4), cuyas coordenadas geográficas de Oriental son los paralelos 19° 13' 36" y 19° 27' 36" de latitud norte y los meridianos 97° 30' 36" y 97° 40' 24" de longitud occidental. Las coordenadas de Tepeyahualco son los paralelos 19° 23' 06" y 19° 42' 42" de latitud norte y los meridianos 97° 21' 54" y 97° 21' 18" de longitud occidental.

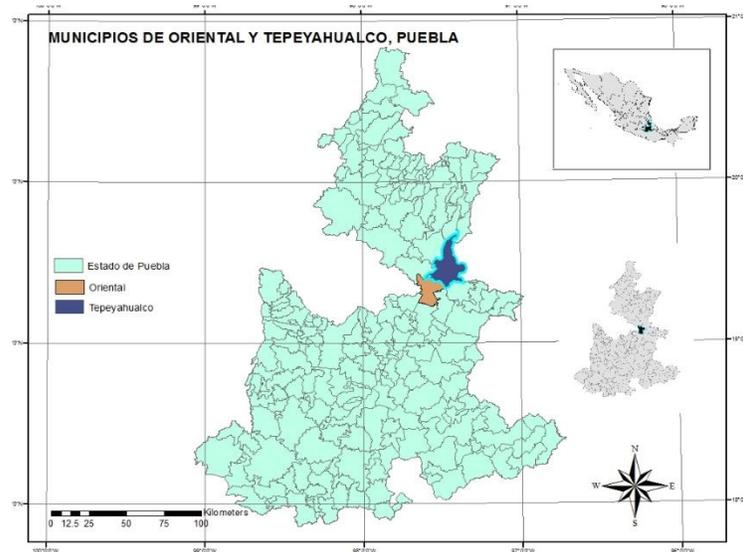


Figura 4. Ubicación de Oriental y Tepeyahualco, Puebla.

Los municipios de Oriental y Tepeyahualco, Puebla, cuentan con una superficie de 298.5 y 426.1 km², respectivamente. La altitud promedio de ambos municipios es de 2360 msnm y el clima es templado-semiseco con lluvias en verano. En la Figura 5 se esquematiza las variables de precipitación y temperaturas registradas para la región de estudio en el periodo de registro de datos, se resalta que el periodo de lluvias se concentra de mayo a noviembre y las temperaturas más bajas se da en los meses de diciembre a marzo.

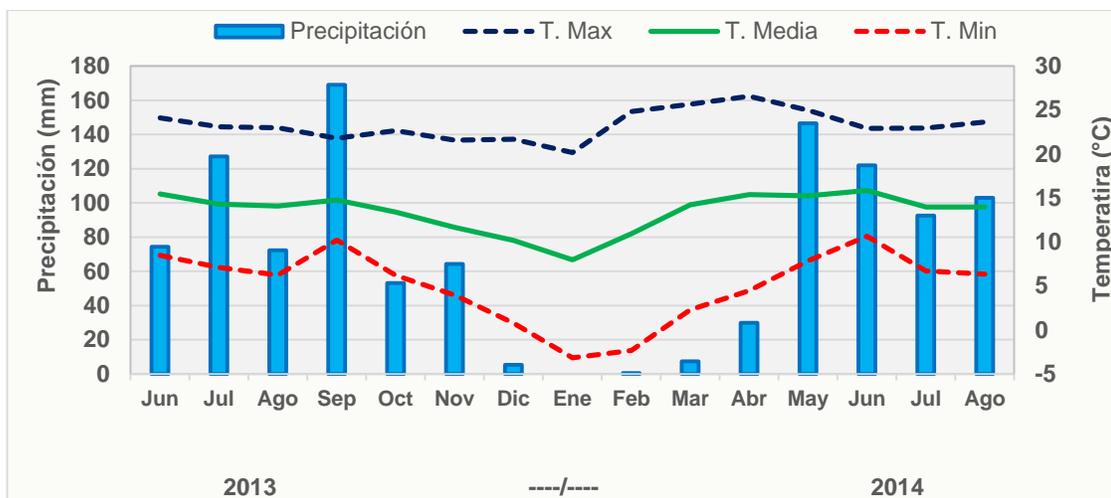


Figura 5. Precipitación y temperaturas del Distrito de Libres, Puebla.

En el norte del municipio de Oriental se levantan pequeños cerros que forman parte de la sierra Norte de Puebla, en su mayor parte el relieve es prácticamente plano, y forma parte de los llanos de San Juan, una llanura lacustre localizada al norte del volcán Malintzin. Los llanos de San Juan constituyen una cuenca cerrada. Corresponde a la laguna de Totolcingo, un pequeño cuerpo de agua salobre que se encuentra a una altitud de 2360 metros sobre el nivel del mar (msnm). La superficie de la laguna de Totolcingo se contrae en la temporada seca, quedando al descubierto un lecho compuesto por sal de tequesquite (carbonato de sodio).

El pastizal es el principal ecosistema en la llanura, y en las laderas de los cerros, pequeños bosques de pinos alternan con paisajes dominados por magueyes y cactáceas y vegetación nativa de la región que sirve en la alimentación de las cabras en pastoreo como: jaramado, rabanillo, árnica, tinishiuitl, acahuale, viborilla, maguey, nopal, aciego y aventadora. Además de algunos árboles que son usados para la alimentación del ganado en épocas de escases de forraje como el sabino y encino.

4.2. Selección de rebaños y cabras

El estudio comparativo de la producción y composición química de la leche se realizó en nueve explotaciones, tres para cada uno de los tipos de pastoreo estudiados. Los rebaños seleccionados pertenecen a productores cooperantes que tienen a la

caprinocultura como actividad productiva. En cada explotación se seleccionaron aleatoriamente 10 cabras en su fase inicial de lactación, a las que se les dio seguimiento de su peso vivo, producción y composición química de la leche. El cronograma del comportamiento productivo de las cabras se muestra en el Cuadro 7, observándose que los partos se presentaron en los meses de diciembre y enero, con una lactancia de 8 meses, el empadre se realizó en los meses de julio y agosto, siendo los meses de septiembre, octubre y noviembre un periodo crítico en la producción de leche de cabra.

Cuadro 7. Cronograma productivo del sistema de pastoreo en alfalfa suplementado

Variable	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
Partos	■											
Empadre							■					
Lactancia		30	60	90	120	150	180	210	240			
Época seca										■		

4.3. Alimentación de los rebaños

4.3.1 Pastoreo en alfalfa y suplementado (PAS)

Los productores de este sistema tienen en promedio una edad de 40.6 años, con una escolaridad de 11 años y con una experiencia de 23.3 años en el manejo de las cabras. Cuentan en promedio con una superficie de 6.0 hectáreas de terreno propias y renta 1.3 ha, dicha superficie se usa para la producción de alfalfa y rastrojo de maíz.

Es un tipo de pastoreo poco común que es realizado por productores que pastorean en las praderas de alfalfa durante la época invernal, que debido a las bajas temperaturas, no alcanza el tamaño para corte. Por la mañana, después de la ordeña, se les suministra rastrojo de maíz, granos (maíz o avena) y/o concentrado comercial en el corral. Posteriormente se sacan a pastorear por periodos de tres horas a la pradera y finalmente por la tarde vuelven a recibir un suplemento (Figura 5), donde aparte de los proporcionados por la mañana, ocasionalmente se aporta alfalfa henificada. Los rebaños de este sistema se ubicaron en la comunidad de Santa Cruz Magdalena, en el municipio de Oriental.



Figura 6. Pastoreo de cabras en alfalfa y suplementación en Oriental, Puebla.

4.3.2 Pastoreo tradicional suplementado (PTS)

Dos de los rebaños se ubicaron en Santa Cruz Magdalena en el municipio de Oriental y uno en Jalapasco, en el municipio de Tepeyahualco. Los productores que utilizan este tipo de pastoreo tuvieron una edad de 38 años, con 6 años de escolaridad y con una experiencia de 7 años en la actividad caprina. Contaron con una superficie de 0.7 hectáreas de terreno propias para la siembra de maíz y frijol y renta 0.3 ha para la siembra de alfalfa para el ganado.

Las cabras son pastoreadas en zonas de uso agrícola en donde consumen los residuos de la cosecha y vegetación nativa que crecen con la humedad residual en los meses de diciembre a mayo. Al dar inicio la época de lluvias, las cabras son llevadas al cerro o llanuras (Figura 6) de uso común para el consumo de la vegetación nativa que reinicia su ciclo de crecimiento. Las cabras son pastoreadas diariamente por periodos de seis a ocho horas y al finalizar el pastoreo son encerradas y suplementadas con forrajes, granos y concentrados (Figura 5).

4.3.3 Pastoreo tradicional (PT)

En este tipo de pastoreo los productores tuvieron en promedio una edad de 66 años, una escolaridad de 3 años y un tiempo de dedicación a la caprinocultura de 41.6 años. La superficie propia de tierra con que cuenta es de 6.7 hectáreas, destinadas a la siembra de maíz y frijol para venta y consumo familiar.

El manejo es similar al anterior, diferenciándose en que en este no hay suplementación de ningún tipo y basando la alimentación del ganado únicamente en lo que consume durante el pastoreo (Figura 6). Los rebaños estudiados se ubicaron en la comunidad de Jalapasco en el municipio de Tepeyahualco.



Figura 7. Pastoreo Tradicional

4.4. Control de peso de peso vivo y de la producción de leche

Las 90 cabras seleccionadas para comparar los tres tipos de pastoreo, fueron pesadas mensualmente el mismo día del muestreo de leche, a partir del día 30 de lactación y hasta el día 150 que duró el estudio. Para registrar el peso de las cabras se utilizó una báscula de plataforma portátil con capacidad de 150 kg.

La producción de leche se registró cada 15 días a partir del día 30 y hasta los 150 días de lactación. Se usó la metodología emitida por el *International Committee of animal Recording* (ICAR), que establece el método A2, que consiste en llevar a cabo el pesaje (kg) de la producción de la mañana y tarde, cada 15 días (ICAR,

2010). La producción se determinó con el apoyo de una báscula portátil de precisión, pesando individualmente al momento de la ordeña para cada una de las cabras seleccionadas.

4.5. Muestreo y análisis de leche

Se realizaron cinco muestreos a intervalos de 30 días, entre los 30 y 150. Esto de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-184-SSA-2002 Productos y Servicios, Leche, formula láctea y producto lácteo combinado. Para la colecta de cada muestra se siguieron las especificaciones sanitarias, la cual establece que se utiliza un frasco estéril de vidrio o de plástico provisto de tapón de cierre hermético y transportar la muestra en una hielera con refrigerante para lograr una temperatura menor a 10°C, pero evitando su congelación.

El día del pesaje de leche se tomó una muestra de 50 ml para determinar la calidad composicional de la leche (grasa, proteína, lactosa, SNG y minerales), en un Milkoscope Julie C3® (Scope Electric, 2010), Dinamarca previamente calibrado (Figura 7). Se colocó una muestra de 20 ml en el aparato, se hizo la medición y los datos fueron obtenidos en términos porcentuales y capturados en una hoja de Excel para su posterior análisis.



Figura 8. Analizador de leche Milkoscope Julie C3® (Scope Electric, 2010)

4.6 Análisis de la información

Con los datos registrados de la producción y composición de leche, y de los cuestionarios del análisis económico se realizaron tres bases de datos. La primera con la producción quincenal de leche y la segunda con la composición química.

Los datos fueron capturados en una hoja de cálculo de Excel, de donde se exportaron para el análisis. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, 2003).

Para la producción y el análisis químico se llevó a cabo un análisis de varianza con el procedimiento Mixed – GLM y un análisis de medias de mínimos cuadrados, ambos análisis con el paquete estadístico SAS (2003) con lo que se obtuvieron los datos para la elaboración de cuadros y gráficas de los resultados obtenidos en los sistemas pastoriles

$$Y_{ijk} = SP_i + T_j + SP_i * T_j * E_{ijk}$$

Para la estimación de la curva de producción se llevó a cabo el procedimiento Mixed por el método de gamma incompleta de Wood (1965). Para la elaboración de las curvas se utilizó el procedimiento NLIN del paquete estadístico SAS (2003), donde se empleó el método de iteración de Gauss – Newton, similar a la metodología usada por Cañas *et al.* (2011).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza del peso vivo, producción y composición química de la leche se presentan en el Cuadro 8. En lo subsecuente se abordan cada una de las variables, analizando el efecto que tiene el tipo de pastoreo, el tiempo y la interacción de ambos factores.

Cuadro 8. Peso de la cabra, producción y composición química de la leche de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.

Variable	Tipos de pastoreo			Efecto		
	PAS	PTS	PT	Past	Tiem	Past*Tiem
Peso (kg)	53.25±0.50 ^a	45.65±0.59 ^b	38.28±0.56 ^c	0.0001	0.0045	0.7289
Producción (kg)	3.63±0.70 ^a	1.89±0.82 ^b	0.77±0.77 ^c	0.0001	0.0045	0.4477
Grasa (g/kg)	41.30±0.57 ^b	42.84±0.67 ^{ab}	44.23±0.67 ^a	0.0040	0.2068	0.0001
Proteína (g/kg)	31.43±0.13 ^b	31.70±0.16 ^{ab}	31.94±0.15 ^a	0.0377	0.0420	0.0275
Lactosa (g/kg)	46.41 ± 0.2 ^b	47.21±0.23 ^a	47.61±0.22 ^a	0.0002	0.2056	0.0003
Minerales(g/kg)	7.19±0.04 ^a	7.10±0.04 ^a	7.12±0.04 ^a	0.1857	0.0001	0.0050
SNG (g/kg)	85.37±0.36 ^b	86.24±0.43 ^{ba}	86.91±0.40 ^a	0.0160	0.0340	0.0059

^{a,b,c} Literales diferentes entre filas, indican diferencias significativas entre tipos de pastoreo (PAS: Pastoreo en Alfalfa Suplementado, PTS: Pastoreo Tradicional Suplementado y PT: Pastoreo Tradicional). Past: Tipo de pastoreo, Tiem: Tiempo.

5.1. Peso de las cabras en pastoreo

El presente trabajo evidenció que las cabras bajo el pastoreo en alfalfa más suplemento (PAS) son de mayor peso y producen más ($P < 0.0001$; Cuadro 8) que aquellas manejadas en el pastoreo tradicional, ya sea con suplemento (PTS) o sin suplemento (PT).

El peso de las cabras fue diferente ($P < 0.0001$) entre los tres tipos de pastoreo estudiados, resultando superior el tipo PAS en un 14.3% con respecto a PTS y en 28.1% al tipo PT. De acuerdo a Revidatti *et al.* (2007), el peso es una variable altamente influenciada por el ambiente y el manejo del animal, de modo que los resultados observados indican que los productores que en una mejor alimentación, han aumentado de manera importante el tamaño de sus animales; y por otra parte, trabajos previos en esta región de estudio mostraron que el peso de la cabra fue una variable para clasificar a las cabras en tres grupos: cabras jóvenes de tres años con un peso de 32.71 kg, cabras adultas medianas de 40.87 kg y cabras adultas grandes con un peso vivo de 49.48 kg (Serrano, 2010). Asimismo, se reportó que la variable

peso estuvo muy correlacionada con la edad, que en promedio, fue de 2.9, 3.8 y 4.2 años y con su nivel de producción, de 1.0, 1.4 y 1.7 kg d⁻¹, respectivamente.

En la región de estudio se reportan cruza de cabra criolla con las razas Saanen, Alpina y Toggenburg, para las cuales la “American Goat Society”, reporta pesos estándares de 61 kg para las dos primeras y de 54 kg para la Toggenburg. Considerando el peso vivo, el tipo de pastoreo PAS (53.2 kg), tiene una mayor pureza hacia este tipo de razas; sin embargo, los tipos de pastoreo tradicional (45.6 y 38.3 kg) son muy distantes y pueden estar asociado a diversos factores, entre ellos a la preservación de las cabras criollas por su aptitud para pastoreo en áreas poco favorables.

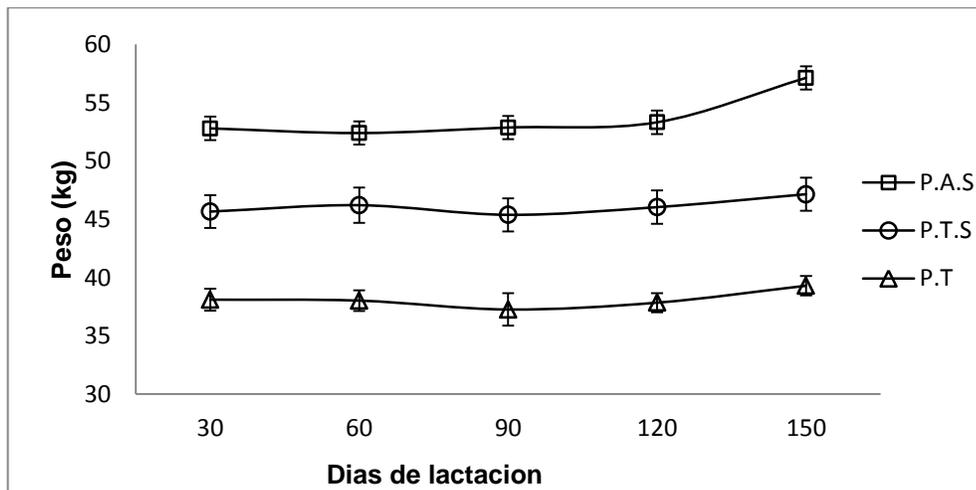


Figura 9. Peso de las cabras de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla (PAS: Pastoreo en Alfalfa Suplementado, PTS: Pastoreo Tradicional Suplementado y PT: Pastoreo Tradicional).

El promedio del peso vivo del PAS y PTS son similares al reportado por Cornale *et. al.* (2014), quienes encontraron un peso de 50 ± 12.9 kg, y es mayor al obtenido en el P.T. Todos los resultados anteriores son menores a los encontrados por Noé *et al.* (2005), quienes obtuvieron pesos de 60 kg para cabras Saanen y Sempione y de 70 kg para la raza Vallesana.

En el transcurso del tiempo se registraron variaciones en el peso de las cabras (Figura 9). Para el caso de los tipos de pastoreo PAS y PT se observa un ligera disminución

en los primeros 30 días del estudio, que para el PT se prolonga hasta el día 90; pero en caso de PTS, las cabras no perdieron peso en los primeros 30 días de medición, notándose esta pérdida del día 30 al 60. Después de este ligero descenso, las cabras comienzan a ganar peso. Este comportamiento del peso se atribuye por un lado a la reacción fisiológica que tienen las cabras en las diferentes fases de lactación, pero también a la disponibilidad de forraje, asociado a las variables de temperatura y precipitación (Goetsch, et al., 2011). La respuesta de las cabras a la disponibilidad de forraje se observa en el tipo de pastoreo PT, donde el peso desciende hasta el día 90, coincidiendo con los meses de bajas temperaturas y nula precipitación (Figura 5). Por el contrario, cuando inicia la época de lluvias y el forraje rebrota, se observa que las cabras ganan peso en los tres tipos de pastoreo. En un estudio realizado por Eknaes *et al.* (2006), observaron que las cabras alimentadas con forrajes cultivados al inicio de la lactación, perdieron peso hasta el día 60; sin embargo, posterior a esta fase y hasta el día 199 de lactación se observan variaciones en función del tipo de alimentación que reciben, observándose una ganancia de peso cuando son alimentadas con forraje de la montaña.

El comportamiento del peso de las cabras esquematizado en modelos, indican que en los primeros 43 días de lactancia, la pérdida de peso de las cabras es en promedio de 6.4 ± 4.8 kg. Este valor es influenciado por la raza, el número de crías paridas, el número de parto y la producción de leche (Sauvant *et al.*, 2012). En la segunda fase de la lactancia, que abarca de la semana 7 a la 27, las cabras recuperan su peso corporal con una ganancia promedio de 25.7 ± 35.4 g d⁻¹, el de mayor magnitud para las cabras de primera y segunda lactancia. En este sentido, hay que destacar que la ganancia de peso depende de la respuesta fisiológica natural de la cabra y al aumento en la disponibilidad y calidad del forraje en los agostaderos.

5.2 Producción de leche y curva de lactación

El tipo PAS registró una producción promedio de leche de 3.71 ± 0.14 kg d⁻¹ y resultó 45.9% más alto con respecto a PTS y 79.5% que PT. Estas diferencias pueden estar

fuertemente ligadas al tipo de cabra, a su manejo nutricional y al desgaste energético durante el pastoreo.

La explicación a la mayor producción de leche en el PAS, puede asociarse al tipo de cabra, a la atención en su manejo nutricional y al menor esfuerzo físico que hace en el pastoreo. Fenotípicamente estas cabras tienen mayores rasgos hacia las razas especializadas, de manera especial en este tipo de pastoreo, hacia la raza Saanen y Alpina, reflejándose en su mayor peso con respecto a las cabras de pastoreo tradicional. Adicionalmente, son suplementadas antes y después de salir a pastoreo, donde al menos en los primeros 40 días de lactancia, consumen 500 g de concentrado y 500 g de maíz y caminan distancias más cortas para llegar a la pradera, donde son pastoreadas durante 3 a 4 horas en alfalfa. El tipo PAS, tiene similitud con el reportado por Min *et al.* (2005) donde sus unidades experimentales fueron cabras Alpinas de 51 kg, pastoreadas en praderas inducidas diversificadas (trigo, trébol, entre otros) y suplementadas con concentrado (1.9 y 1.16 kg d⁻¹), respectivamente, obteniendo 3.5 kg de leche/día. Con base a trabajos realizados con cabras lecheras en praderas cultivadas, en Francia se reporta una producción de 800 a 1100 kg/lactancia. Sin embargo, la cabra es considerada poco eficiente con respecto a las vacas y ovejas, debido a que desperdicia mucho forraje (Lefrileux *et al.*, 2008). El tipo de pastoreo PAS, planteado como modelo de producción en la región de estudio y con el cual se estima que puede alcanzarse una producción de 945 kg/lactancia, se ve limitado debido a que el caprinocultor no tiene la cultura de sembrar alfalfa, la cual es más asociada a la vaca lechera. Por otra parte, se requiere tener cabras de mayor potencial genético y que socialmente el productor se dedique a la caprinocultura como principal actividad y fuente de ingresos.

Para el caso de las cabras de los tipos de pastoreo tradicional (PT y PTS), las cabras son 28.1 y 12.4% menos pesadas, respectivamente, que las del tipo de pastoreo PA, con rasgos fenotípicos menos definidos hacia razas especializadas y que diariamente caminan distancias importantes. Bajo estas condiciones de mayor restricción, su nivel de productividad se ve afectado. Al respecto, varias diferencias son observadas con cabras sometidas a dietas nutricionales extremas (pobres y ricas), utilizadas para

evaluar niveles de adaptabilidad de las cabras (Eknaes *et al.*, 2006). Por otra parte, se registran diferencias importantes cuando los animales son sometidos a pastoreo y se les suministran diferentes niveles de suplementación (Min *et al.*, 2005). En un estudio realizado en el norte de México, se comparó el nivel productivo que fue de 1.82 kg d⁻¹ de leche para la craza Alpina, 1.75 kg d⁻¹ para Saanen y 1.62 kg d⁻¹ para la Toggenburg, similar a los niveles productivos del tipo de pastoreo PTS del presente trabajo.

El tipo de pastoreo PTS, tuvo una producción de 1.97 ± 0.17 kg de leche/día. Los productores tienen menos edad, suplementan sus cabras de manera empírica y a pesar de que esta actividad no representa su principal fuente de ingresos, es una oportunidad para aprovechar los esquilmos agrícolas y los excedentes de su producción de maíz y otros granos. El nivel de producción en este tipo de pastoreo fue similar a los resultados encontrados por Min *et al.* (2005) para cabras en pastoreo y suplementados con 2.09 kg/día y mayores a los de Carnicella *et al.* (2008) que reportaron 1.17 kg d⁻¹.

El tipo de pastoreo PT tuvo menor producción (0.76 ± 0.15 kg d⁻¹) y fue similar a los datos reportados para razas locales no especializadas en la India, donde Prasad *et al.* (2005), encontraron valores de 0.628 a 0.898 kg d⁻¹. Es un tipo de pastoreo tradicional desarrollado por los productores de más edad (66 años) y baja escolaridad (tres años), que puede considerarse de mínima inversión debido a que el productor trata de disminuir los costos que implica el manejo de los animales. La respuesta fisiológica y productiva de las cabras, depende de la disponibilidad de forraje en los terrenos agrícolas una vez que se levanta la cosecha y de la vegetación en los agostaderos comunales similar a lo encontrado por (Mellado *et al.*, 2004).

Las curvas de producción generadas para cada uno de los diferentes tipos de pastoreo estudiados se muestran en la Figura 10. Se observa que en los tipos de pastoreo donde se suministró suplementación (PAS y PTS), las curvas son coincidentes con aquellas clásicas reportadas en la literatura (Sánchez *et al.*, 2006; Shaat 2013), donde se observa una producción inicial que tiende a incrementar hasta el día 30, donde ocurre el pico de lactación y posteriormente un descenso gradual.

Sin embargo, para el tipo de pastoreo PT, la forma de la curva fue atípica al no observarse un pico de lactación y por el contrario, existe una disminución significativa hasta el día 60, seguido de una persistencia que se mantiene e incluso, se incrementa ligeramente en la última fase de la lactación (Sánchez *et al.*, 2006; Yepez *et al.*, 2010)

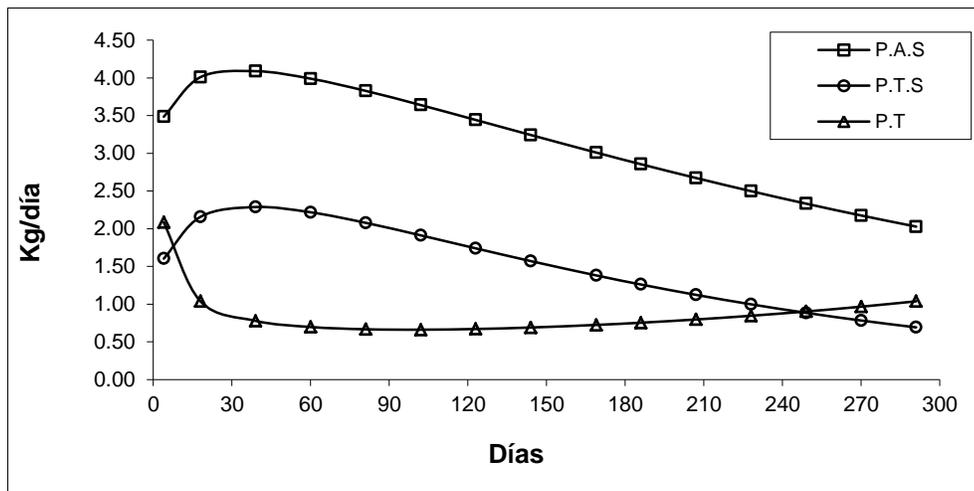


Figura 10. Curva de lactancia estimada por el modelo de Wood para cabras en tres tipos de pastoreo en el Distrito de Libres, Pue. (PAS: Pastoreo en Alfalfa Suplementado, PTS: Pastoreo Tradicional Suplementado y PT: Pastoreo Tradicional).

En la modalidad PAS la producción láctea al inicio de la medición fue de 3.48 kg d⁻¹ y el pico de ocurrió en el día 39 con 4.09 kg d⁻¹, lo que coincide con el rango establecido por Ángel *et al.*, (2009), que fue de 33 a 42 días, pero con producciones de 3.06, 3.10 y 3.36 kg d⁻¹ para cabras con diferente número de parto. Las cabras de este tipo de pastoreo llegan a una producción estimada de 945 kg en una lactancia de 300 días, lo cual se considera muy aceptable y comparable con autores como Lefrileux *et al.* (2008 y 2005) que reportan para la raza Alpina en pastoreo de praderas cultivadas, lactancias de 843 kg y de 1113 kg.

Para el PTS la máxima producción fue de 2.29 kg de leche por día, y fue alcanzada en el día 39. Por su parte Montaldo *et al.* (1997), en un estudio con cabras Saanen, Alpina y cruce Toggenburg con razas locales de México, obtuvieron producciones similares a las observadas en el pico de lactación de 1.78, 2.38 y 2.54 kg d⁻¹, pero con diferencias en los días transcurridos para alcanzar este, que fueron a los 58, 61 y 54, respectivamente. Todos estos resultados fueron menores a los 2.7 kg registrados en

el pico de lactancia reportados por Yopez *et al.* (2010). Producciones cercanas a las registradas en el pico de lactancia de este trabajo fueron reportadas por León *et al.* (2007) en la raza Granadina, quienes obtuvieron 1.57, 1.78 y 1.88 kg, a los 54, 48 y 47 días en pico de lactancia de cabras en primera, segunda y tercera lactación, respectivamente. Sin embargo, encontraron que las curvas de lactación están influenciadas por la región, la época del año y el tipo y número de parto de la cabra. Para las cabras de este tipo de pastoreo se estimó una producción total de 451 kg/lactancia, similar a 480 kg reportada por Montaldo *et al.* (2010).

El PT tuvo una curva atípica inversa a los otros dos tipos de pastoreo estudiados, lo cual refleja que el forraje consumido no cubre los requerimientos nutricionales para la producción. Esta respuesta pudiera estar asociada entre otros factores, a la baja disponibilidad de forraje y la calidad del mismo, las distancias recorridas y al tipo de cabra. La máxima producción se da al inicio de la lactancia, con una producción de 2.08 kg de leche/día, que desciende drásticamente a 1.05 kg en el día 18 y una disminución gradual hasta el día 90. Con base a los datos de la Figura 5 de variables climatológicas, se puede deducir que a partir de mayo que se estabilizan las lluvias, la disponibilidad y calidad del forraje aumenta, lo cual tiene un efecto directo sobre el nivel de producción de las cabras, coincidiendo con el aumento que tienen las cabras hasta el final de la lactancia.

La diferencia de tiempo al cual se presenta el pico de lactancia, se relaciona con un periodo de problemas de disponibilidad de forraje por la escasa precipitación en el inicio de lactancia, a lo que la cabra tuvo una respuesta de adaptación a estas condiciones de restricción en alimentación (Prasad, 2002; Kharrat y Boquier, 2010). La producción total de las cabras de este tipo de pastoreo fue de 266 kg, menor a los 285 kg producidos por cabras Alpinas y mayor a los 240 kg en cabras Nubias reportados por Ribas y Gutierrez (2000) en Cuba.

5.3. Efecto del tipo de pastoreo en el contenido de grasa

En el Cuadro 8, se aprecia el nivel de significancia de los factores que fueron considerados en el análisis de varianza en la producción de grasa en la leche de cabra por tipo de pastoreo. De los factores estudiados se encontró que el tipo de

pastoreo y la interacción tipo de pastoreo x tiempo tuvieron un efecto significativo, indicando que la grasa varía de acuerdo al tipo de pastoreo de pastoreo y durante el transcurso de la lactancia.

En la Figura 11 se presenta la producción de grasa en la leche de cabra por tipo de pastoreo. Se observa que la producción del PT registró la cantidad más alta de grasa con $44.23 \pm 0.67 \text{ g kg}^{-1}$ de leche. Este tipo de pastoreo, por tanto, es el mejor para la producción de leche para la industria quesera, ya que el rendimiento será mayor al obtenido con leche de los otros tipos de pastoreo (Sanz, 2009), además de ser de importancia en el color y sabor de los productos lácteos (Chilliard *et al.* (2003). El PTS y PAS tuvieron producciones de grasa de 42.84 ± 0.67 y $41.30 \pm 0.57 \text{ g kg}^{-1}$ del leche, respectivamente. La producción de grasa en los tipos pastoriles estudiados es mayor a la registrada por Metka *et al.* (2006) quienes obtuvieron 33.6 g kg^{-1} de leche, Matsuchita *et al.* (2007) y Psatas (2005) reportaron 34.8 g kg^{-1} en la raza Alpina y 36 g kg^{-1} en la raza Saanen. Por su parte, otros autores encontraron resultados más altos como Oliszewsky *et al.* (2002) reportó 49.1 g kg^{-1} de leche en cabras criollas y Sanz *et al.* (2002 y 2009) registraron resultados de 5.23 y 5.37 g kg^{-1} de grasa, en raza Granadina.

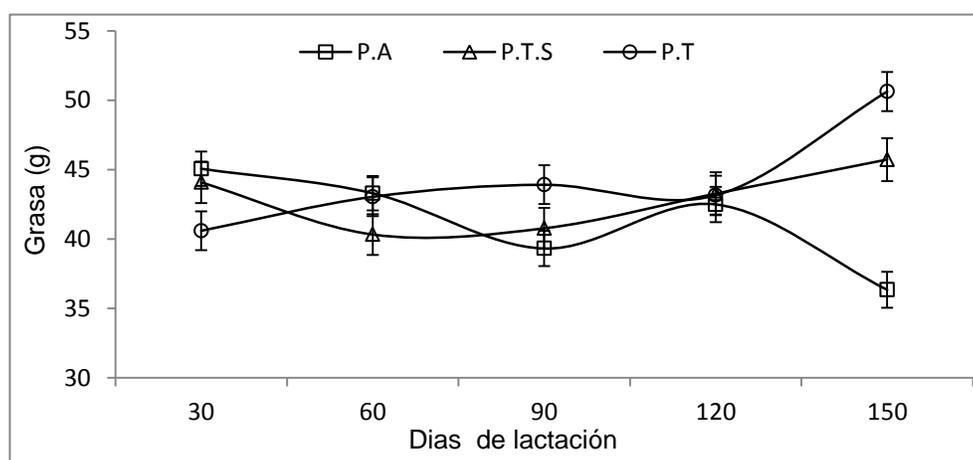


Figura 11. Contenido de grasa en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla (PAS.- Pastoreo en Alfalfa Suplementado, PTS.- Pastoreo Tradicional Suplementado y PT.- Pastoreo Tradicional).

De acuerdo con la variación en el tiempo, la producción de grasa, en el PTS mantiene sus valores más altos al inicio y fin de la lactancia, momentos en los que la producción de leche es baja y es inversamente proporcional al comportamiento de la curva de producción de leche; esto es similar a lo reportado por Mestawet *et al.* (2012), quienes obtuvieron las producciones más altas de grasa al inicio y final de la lactancia. En el PAS, el punto más alto de la producción de grasa es al inicio de la lactancia, disminuyendo conforme transcurre la lactancia y mostrando una tendencia decreciente semejante a lo reportado por Sauvant *et al.* (2012). Según Eknaes (2006), (el descenso del porcentaje de grasa) se puede relacionar con la competencia por la energía entre el tejido adiposo y la glándula mamaria, lo que regularmente ocurre al final de la lactancia y provoca la disminución de grasa. El PT sigue una curva de producción de grasa completamente inversa a la curva de producción de leche estimada (Figura 11). Resultado similar fue reportado por Mestawet *et al.* (2012), quienes señalan que cuando aumenta el volumen de producción de leche la cantidad de sólidos totales disminuye, incluyendo la grasa que es uno de los componentes más variables de la leche.

5.4 Efecto del tipo de pastoreo en el contenido de proteína

En el Cuadro 8 se observa el nivel significativo de los factores considerados en el análisis de varianza en la producción de proteína en la leche de cabra por tipo de pastoreo de pastoreo. De los factores estudiados se observó que el tipo de pastoreo, tiempo y la interacción tipo de pastoreo x tiempo tuvieron un efecto significativo, indicando que la proteína varía de acuerdo al tipo de pastoreo de pastoreo y durante el transcurso de la lactancia.

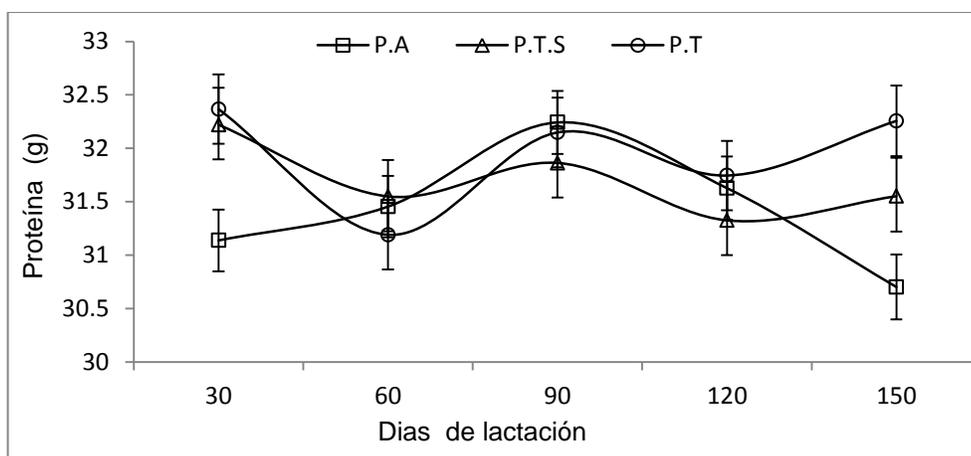


Figura 12. Contenido de proteína en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla (PAS.- Pastoreo en Alfalfa Suplementado, PTS.- Pastoreo Tradicional Suplementado y PT.- Pastoreo Tradicional).

El PT obtuvo la producción de proteína más alta con $31.94 \pm 0.15 \text{ g kg}^{-1}$ de leche, siendo igual al PTS, el cual produjo $31.70 \pm 0.16 \text{ g}$ de proteína/kg de leche, lo que se relaciona con la pertinencia tecnológica para la elaboración de quesos por incrementar el rendimiento (Sanz, 2009). Esto es una opción importante para la industria quesera por su mayor producción en grasa y proteína. El PAS presentó el nivel más bajo de proteína produciendo $31.43 \pm 0.13 \text{ g}$ de proteína/kg de leche, siendo inferior ($P < 0.0001$) al P.T (Figura 12). Diversos autores como Sanz *et al.* (2002), Min *et al.* (2005), Matsushita *et al.* (2007) y Cornale (2014), encontraron valores de 31.4g/kg , 30.7g/kg , 30.9 g kg^{-1} y 29.9 g kg^{-1} , de proteína respectivamente, los cuales son similares a los encontrados en los tipos de pastoreo del área de estudio. Aunque también se han reportado contenidos menores como Metka *et al.* (2006) quienes hallaron 23.5 g kg^{-1} , y más altos como el reportado por Oliszewski *et al.* (2002) quien obtuvo 51.3 g kg^{-1} de proteína en cabras criollas en pastoreo.

De acuerdo con la variación en el tiempo, el PTS tuvo una tendencia decreciente a lo largo de la lactancia con la producción más alta al inicio, para posteriormente descender gradualmente, semejante a lo reportado por Merino (2010) de una producción media de 29.7 g kg^{-1} , con una tendencia descendente, que presentó una producción inicial de 31.1 g kg^{-1} y 28.4 al final. El PT mostró una producción con una tendencia similar a la indicada por Mestawet *et al.* (2012), quienes encontraron que los niveles más altos de proteína se dan al inicio y al final de la lactancia. El PAS mantuvo

una curva poco común en la producción de proteína, ya que su comportamiento fue totalmente inverso a lo reportado en la literatura, y es atribuido al contenido de proteína de la dieta recibida en el pastoreo.

5.5 Efecto del tipo de pastoreo en el contenido de lactosa

En el Cuadro 8 se presenta el nivel de significancia de los factores que fueron considerados en el análisis de varianza en la producción de lactosa en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo. De los factores estudiados, el tipo de pastoreo y la interacción tipo de pastoreo x tiempo tuvieron un efecto significativo, indicando que la lactosa varía de acuerdo al sistema de pastoreo y en el transcurso de la lactancia.

En la Figura 13 se muestra la producción de lactosa de acuerdo al tipo de pastoreo. El comportamiento de los tres tipos de pastoreo es similar, excepto en el día treinta, en el cual el PAS es más bajo. El PT y PTS no mostraron diferencias significativa en el contenido de lactosa, con producción de $47.61 \pm 0.15 \text{ g kg}^{-1}$ y $47.21 \pm 0.23 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. El PAS mostró diferencia significativa con respecto a los otros tipos de pastoreo, y obtuvo la menor producción ($P < 0.05$) con $46.41 \pm 0.20 \text{ g kg}^{-1}$.

Los resultados fueron similares a la producción de 47.6 g/kg reportada por Psatas (2005) y mayor a 41.6 g kg^{-1} , 44.7 g kg^{-1} , 40.2 g kg^{-1} , 43.0 g kg^{-1} , 45.5 g kg^{-1} y 41.1 g kg^{-1} , reportados por Min *et al.* (2005), Guo *et al.* (2006), Metka *et al.* (2006), Pirisi *et al.* (2007), Matsushita *et al.* (2007) y Sanz *et al.*, (2009) respectivamente.

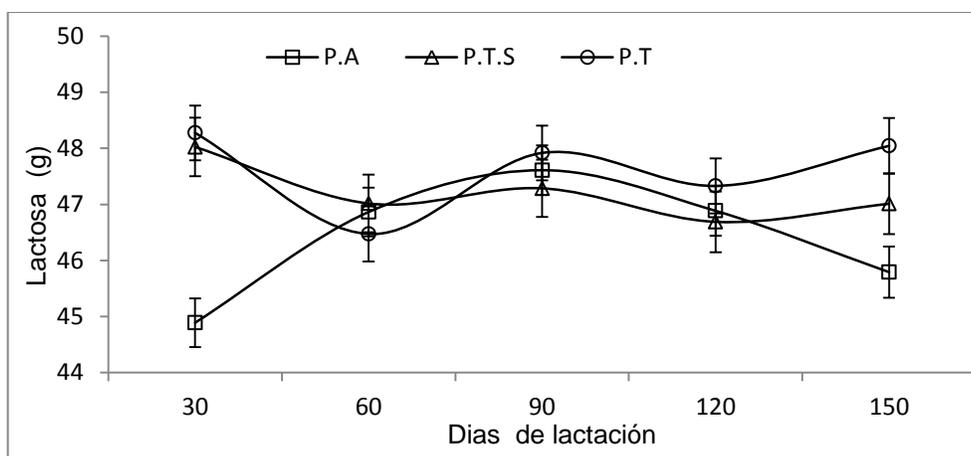


Figura 13. Contenido de lactosa en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla (PAS.- Pastoreo en Alfalfa Suplementado, PTS.- Pastoreo Tradicional Suplementado y PT.- Pastoreo Tradicional).

Los tipos de pastoreo PT y PA, tuvieron un aumento en el contenido de lactosa a medida que se desarrolló la lactancia, similar a lo obtenido por Sauvant *et al.* (2012), mientras que el PTS muestra una tendencia ligeramente descendiente contraria a lo hallados en los otros tipos de pastoreo, lo que se atribuye a las diferencias en las áreas de pastoreo y a la alimentación.

5.6 Efecto del tipo de pastoreo en el contenido de minerales

En el Cuadro 8 se aprecia el nivel de significancia de los factores considerados en el análisis de varianza en el contenido de minerales en la leche de cabra. De los factores analizados se encontró que el tipo de pastoreo, no tuvo efecto significativo y el efecto tiempo y la interacción tipo de pastoreo x tiempo si muestran un efecto significativo ($p < 0.05$). Indicando que los minerales fueron diferentes en al menos un muestreo del transcurso de la lactancia.

En la Figura 14 se muestra que el contenido de minerales no mostró diferencia significativa ($P > 0.05$) de acuerdo al tipo de pastoreo. El PAS tuvo un contenido mineral de $7.19 \pm 0.04 \text{ g kg}^{-1}$, el PTS $7.10 \pm 0.04 \text{ g kg}^{-1}$ para el PTS y el PT $7.12 \pm 0.04 \text{ g kg}^{-1}$. Los datos obtenidos de minerales son similares a los reportados por Sanz *et al.* (2009) quienes reportan 7.5 g kg^{-1} y menores a los de Psathas (2005), Albenzio *et al.* (2006) y Posati and Orr (1976), que fueron de 8.3, 8.0 y 8.0 %, respectivamente.

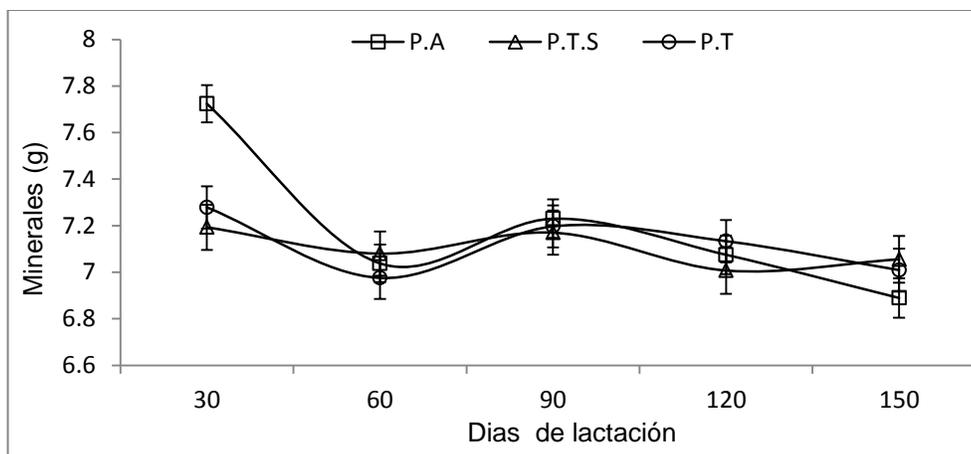


Figura 14. Contenido de minerales en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla (PAS.- Pastoreo en Alfalfa Suplementado, PTS.- Pastoreo Tradicional Suplementado y PT.- Pastoreo Tradicional).

El contenido de minerales en la leche fue constante a lo largo de la lactancia, observándose una producción más alta en el inicio de la producción en el PA, lo que coincide con reportado por Mestawet *et al*, (2012), quienes señalan que la cantidad de calcio y fósforo fueron más altas en el inicio de la lactancia.

5.7 Efecto del tipo de pastoreo en el contenido de sólidos no grasos

El nivel de significancia de los factores tomados en cuenta en el análisis de varianza en la producción de sólidos no grasos en la leche de cabra se muestra en el Cuadro 8. En estos, el tipo de pastoreo, tiempo y la interacción tipo de pastoreo x tiempo tuvieron efecto significativo ($p < 0.05$), lo que indica que los tipos de pastoreo son diferentes y que al menos en un punto del transcurso de la lactancia la producción de SNG es diferente.

La Figura 15 muestra el comportamiento de la producción de SNG en la leche de cabra de los diferentes tipos pastoriles. El PT tuvo una producción promedio de SNG de $86.91 \pm 0.40 \text{ g kg}^{-1}$, sin mostrar diferencia significativa con el PTS que produjo $86.24 \pm 0.43 \text{ g kg}^{-1}$. El P.A.S obtuvo la menor producción de sólidos con $85.37 \pm 0.36 \text{ g kg}^{-1}$, pero similar al P.T.S y diferente significativamente ($P < 0.0001$) al P.T.

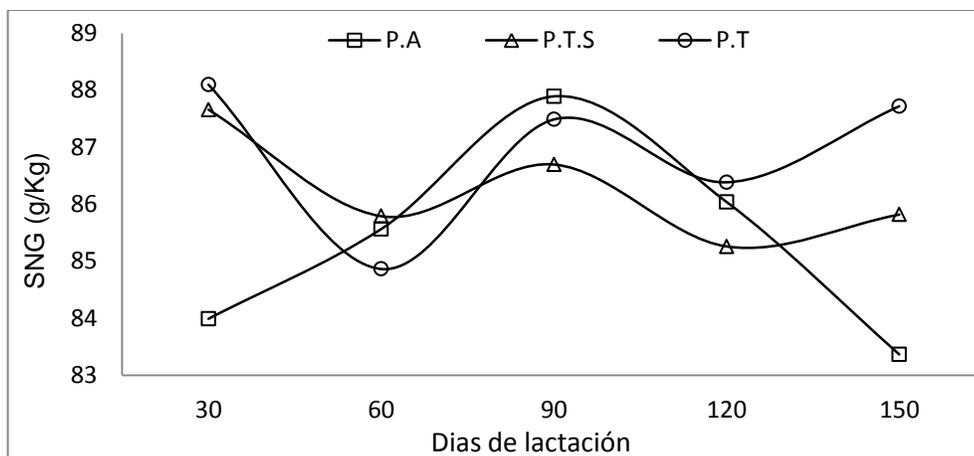


Figura 15. Contenido de SNG en la leche de cabra de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla (PAS.- Pastoreo en Alfalfa Suplementado, PTS.- Pastoreo Tradicional Suplementado y PT.- Pastoreo Tradicional).

El PT obtuvo la mayor producción de SNG, aunque no fue así en la producción de leche. Los resultados obtenidos fueron mayores a los reportados por Merino (2010), quien obtuvo 80 g, 70.5 g y 79.7 g, para el sistema intensivo, pastoreo con suplemento y pastoreo sin suplementación, respectivamente. Por su parte otros autores obtuvieron resultados de 89.0 g kg⁻¹, 102.6 g kg⁻¹ y 110.2 g kg⁻¹ y registrados por Alonso *et al.* (1999), Alsina *et al.* (2001) y Oliszewski *et al.* (2002), respectivamente, que se relaciona principalmente a las razas y a las variaciones en la disponibilidad de forraje en los tipos pastoriles.

Para el PT el pico de producción de SNG ocurrió al inicio y al final de la lactancia, lo mismo que para lactosa y proteína, semejante a lo reportado por Mestawet *et al.* (2012). En el PTS el pico de producción de SNG ocurre al inicio de la lactancia, para posteriormente ir disminuyendo gradualmente sin lograr aumentar al final como en el tipo de pastoreo anterior. Contrariamente al PT, el PAS tiene su pico a la mitad de la lactancia, al inicio y al final se tuvieron las producciones más bajas mostrando una curva totalmente inversa a las reportadas en la literatura, lo que se relaciona con la respuesta adaptativa de la cabra a las variaciones en la alimentación durante el transcurso de la lactancia Kharrat y Bocquier (2010).

5.8 Balance nutricional de la cabra lechera en pastoreo

La cabra requiere de diferentes nutrientes esenciales en su dieta diaria que cubren sus necesidades para mantenimiento y de los cuales depende en gran medida su nivel productivo. De acuerdo al tipo de pastoreo de producción en que son manejadas las cabras, consumieron ciertas cantidades de nutrientes que se reflejan en su peso, producción, composición grasa y proteica de la leche como se muestra en el Cuadro 9. Con dichos valores de consumo y con base a las recomendaciones que hace el NRC (2007), se calculan la cantidad de nutrientes promedio que las cabras consumieron en cada tipo de pastoreo estudiado. Para ello se consideraron en principio los requerimientos necesarios para mantenimiento (incluyendo movilidad) y la parte restante para la producción y calidad de leche.

Cuadro 9. Nutrientes consumidos por las cabras lecheras de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.

	PAS	%	PTS	%	PT	%
Peso (kg)	53.25	--	45.65	--	38.28	--
Producción (kg)	3.63	--	1.89	--	0.77	--
Grasa de leche (g kg ⁻¹)	41.3	--	42.84	--	44.23	--
Proteína (g kg ⁻¹)	31.43	--	31.7	--	31.94	--
MANTENIMIENTO						
Proteína (g d ⁻¹)	57.78	26.77	50.88	37.69	42.90	55.01
Energía (Mcal d ⁻¹)	2.94	40.81	3.17	59.37	2.75	74.18
Calcio (g d ⁻¹)	2.32	25.64	2.08	26.20	1.82	43.26
Fósforo (g d ⁻¹)	1.92	25.67	1.68	36.36	1.36	53.13
PRODUCCIÓN						
Proteína (g d ⁻¹)	158.05	73.23	84.1	62.31	35.09	44.99
Energía Mcal d ⁻¹	4.2634	59.19	2.1702	40.63	0.9563	25.82
Calcio (g d ⁻¹)	6.73	74.36	5.859	73.80	2.387	56.74
Fósforo (g d ⁻¹)	5.5996	74.33	2.94	63.64	1.2	46.88
TOTAL						
Proteína (g d ⁻¹)	215.83	--	134.98	--	77.99	--
Energía (Mcal d ⁻¹)	7.20	--	5.34	--	3.70	--
Calcio (g d ⁻¹)	9.05	--	7.94	--	4.21	--
Fósforo (g d ⁻¹)	7.48	--	4.62	--	2.56	--

PAS.- Pastoreo en Alfalfa Suplementado, PTS.- Pastoreo Tradicional Suplementado y PT.- Pastoreo Tradicional

En el mismo Cuadro se especifican las cantidades porcentuales de nutrientes que se destinan a mantenimiento y producción en cada tipo de pastoreo estudiado. Las cabras del tipo de pastoreo PAS son las que tienen el consumo más altos de todos los nutrientes principalmente de proteína y energía, los cuales son de 215 g y 7.2 Mcal d⁻¹, respectivamente. Esto se relaciona de manera directa con los niveles de producción de leche superiores a los otros tipos de pastoreo, Con base a lo señalado por Caja y Boquier (2000) señalan que la cantidad de minerales consumidos por las cabras del tipo de pastoreo PAS es superior con el 50% que en el tipo de pastoreo PT. Es importante mencionar que las cabras de este tipo de pastoreo destinan en su mayoría los nutrientes a la producción lechera.

En el tipo de pastoreo PTS los consumos son menores al PT, con un consumo de 134.98 g de proteína, 5.34 Mcal, 7.94 g de calcio y 4.62 g de fósforo, lo que es necesario para una cabra de 46.65 kg de peso vivo con una producción lechera de 1.9 kg d⁻¹, con una composición de grasa y proteína de 42.84 y 31.7 g d⁻¹, respectivamente. Se destaca que los porcentajes de energía y proteína destinados para mantenimiento y producción de leche, lógicamente disminuyen en comparación con el PAS, lo que se refleja en una menor producción.

El tipo de pastoreo PT, es en el que se encuentran las cabras con el menor peso con tan sólo 38 kg y la menor producción de leche con 0.77 kg d⁻¹, pero con la mayor calidad de grasa y proteína que los otros tipos de pastoreo estudiados con 44.23 y 31.94 g d⁻¹, respectivamente. Estas cabras destinan el 74% de la energía y el 55% de proteína consumida al mantenimiento, lo que se relaciona con la mayor distancia recorrida para obtener sus alimentos y que repercute directamente en los bajos niveles de producción de leche. Esto coincide con lo reportado por Harris (1990), quien señala que la proteína y la energía son los dos requerimientos mayores en las cabras lactantes, e indica que la energía es el nutriente más deficiente que puede limitar la producción caprina, como ocurre en este tipo de pastoreo y que repercute directamente en la baja producción de leche.

Considerando la posibilidad de tener cabras que permitan al productor mejorar la producción en los diferentes tipos de manejo, se propone tener cabras con un mayor

peso vivo y producción lechera, para coadyuvar en la rentabilidad del sistema. Con base a la información del NRC (2007), en el Cuadro 10 se presenta un balance de los nutrientes requeridos y de aquellos faltantes, para tener cabras aceptablemente productivas en cada uno de los tipos de pastoreo estudiados. Se consideraron las características de peso, el nivel de producción y la composición química de la leche ideales para cada uno de los tipos de pastoreo estudiados, y se determinaron las cantidades óptimas de proteína, energía, calcio y fósforo que las cabras deben consumir para para mantenimiento, movilidad y producción. A dichos valores se les restaron las cantidades de nutrientes que las cabras consumen de manera natural y con ello, se definen las cantidades faltantes, las cuales pudieran proporcionarse vía suplementación.

Cuadro 10. Balance nutricional ideal para cabras lecheras de acuerdo al tipo de pastoreo en el Distrito de Libres, Puebla.

	PAS	PTS	PT
Peso (Kg)	55	45	40
Producción de leche (kg)	4	3	2
Grasa de leche (g kg ⁻¹)	40	42	44
Proteína (g kg ⁻¹)	32	32	32
Requerimientos nutricional para producción			
Proteína (g d ⁻¹)	245.33	189.09	137.73
Energía (Mcal d ⁻¹)	7.138	5.7995	4.386
Calcio (g d ⁻¹)	15.4225	12.41925	9.059
Fósforo (g d ⁻¹)	8.6	6.65	5
Nutrientes faltantes			
Proteína (g)	29.502	54.11	59.74
Energía (Mcal d ⁻¹)	-0.07	0.458	0.68168
Calcio (g d ⁻¹)	6.3725	4.48025	4.852
Fósforo (g d ⁻¹)	1.12	2.03	2.44

PAS.- Pastoreo en Alfalfa Suplementado, PTS.- Pastoreo Tradicional Suplementado y PT.- Pastoreo Tradicional

Las cantidades de nutrientes para mejorar la producción son pequeñas y el beneficio económico que puede obtenerse es muy significativo en cuestión de ingresos. En el caso del tipo de pastoreo de PAS, se estimaron los nutrientes necesarios para tener cabras de 55 kg, de las cuales se pueda obtener una producción de 4 kg de leche por día, con 42 y 32 g de grasa y proteína, respectivamente. Las deficiencias principales

son de proteína de la cual se requiere aumentar 29.5 g d^{-1} y de calcio 6.3 g d^{-1} . La energía es suficiente y el fósforo es deficiente en tan sólo 1.1 g d^{-1} . Este aumento de nutrientes en la dieta podría incrementar la producción de leche en un 10.2%.

Para el tipo de pastoreo PTS se contempla tener cabras de 45 kg de peso vivo, 3 kg de leche por día, 42 g de grasa y 32 g de proteína. Para llegar a tener cabras con estas características productivas la dieta tendría que ser enriquecida con 54 g más de proteína/día, $0.458 \text{ Mcal d}^{-1}$ de energía, 4.48 g d^{-1} de calcio y 2.03 g d^{-1} de fósforo. Lo que podría elevar la producción láctea en un 37%.

En el tipo de pastoreo PT se consideran los nutrientes faltantes para cabras de 40 kg y para elevar la producción a 2 kg de leche por día, con una composición de grasa y proteína de 44 y 32 g, respectivamente. Para lograr esto, es necesario suplementar 59.7 g de proteína/día, 0.68 Mcal de energía/día, 4.8 g de calcio/día y 2.4 g de fósforo/día, con este aumento de nutrientes en la dieta, las cabras manejadas bajo el tipo de pastoreo tradicional incrementarían su producción en un 259 %, un aumento que permitirá el aumento en los ingresos por venta de leche o queso.

En el caso de los tipos de pastoreo PT y PTS, las recomendaciones de suplementación de nutrientes para obtener la producción señalada pueden ser difíciles de calcular. En principio porque va a depender de factores como la distancia del lugar de pastoreo, el tipo y la disponibilidad del forraje, el tiempo de pastoreo, la época del año, etc., y por otra parte, porque el productor no dispone de ingredientes con calidad homogénea y con las cantidades para periodos prolongados. Sin embargo, los datos generados en el presente trabajo, pueden ser referentes iniciales y continuar con una serie de trabajos enfocados a conocer la forma correcta de la alimentación de la cabra para alcanzar los niveles de producción deseados. El PAS, es un tipo de pastoreo que puede permitir la estimación de la suplementación, ya que se lleva a cabo en una misma área y con un mismo forraje, lo que puede servir para tener un mejor control y lograr la producción estimada.

VI. CONCLUSIONES

1.- En la producción de leche de cabra se encontraron diferencias entre los tres tipos de pastoreo de pastoreo, destacando el tipo de pastoreo en alfalfa, en el cual es posible obtener altos volúmenes de leche; sin embargo, el tipo de pastoreo tradicional produce leche de mayor calidad en su composición. .

2.- La alimentación es un factor determinante en la forma que toma la curva de lactancia, lo que permite mantener una curva típica con el uso de la suplementación, contrariamente a lo ocurrido en el tipo de pastoreo tradicional (sin suplementación) cuya curva es afectada directamente por las condiciones ambientales que rigen la disponibilidad de forrajes en el agostadero y por lo tanto la producción lechera.

3.- La leche proveniente de los tipos de pastoreo tradicional, es la más rica en grasa y proteína, componentes de mayor importancia en la industria quesera para la obtención de un mayor rendimiento de queso.

VII. LITERATURA CITADA

Abijaoud`e, J.A., Morand-Fehr, P., Tessier, J., Schmidley, P., Sauvant, D. 2000. Influence of forage: concentrate ratio and type of starch in the diet on feeding behaviour, dietary preferences, digestion, metabolism and performance of dairy goats in mid lactation. Anim. Academy Press. 362 p. 3059–3067.

Ahuya, C.O., Ojango, J.M.K., Mosi, R.O., Peacock, C.P., Okeyo, A.M. 2009. Performance of Toggenburg dairy goats in smallholder production systems of the eastern highlands of Kenya. Small Ruminant Research 83, 7–13.

Albenzio M., Caroprese M., Marino R., Muscio A., Santillo A., Sevi A. 2006. Characteristics of Garganica goat milk and Cacioricotta chese. Small Rumin. Res. 64: 35 – 44.

Alonso, L., Fontecha, J., Lozada, L., Fraga, M.J., Juarez, M. 1999. Fatty acid composition of caprine milk: Major, branched-chain, and trans fatty acids. J. Dairy Sci. 82: 878-884.

Ángel Marín, Paula Andrea, Agudelo Gómez, Divier Antonio, Restrepo, Luis Fernando, Cañas Alvarez, Jhon Jacobo, Cerón-Muñoz, Mario Fernando. 2009. Curvas de lactancia de cabras mestizas utilizando modelos matemáticos no lineales Revista Lasallista de Investigación [en línea] 2009, 6 (Enero-Junio). [Fecha de consulta: 8 de julio de 2015] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69514350007>> ISSN 1794-4449.

Anifantakis, E. M., 1986. Comparision of the physic-chemical properties of ewe's and cow's milk. In: International Dairy Federation (Ed), procceding of the IDF Seminar Production and Utilization of ewe's and goat's Milk, Bulletin No. 202. Athens, Grece, pp. 42-43.

Assenat L. 1991. La leche de oveja. Luquet F.M. 1991. Leche y productos lácteos. Ed. Acribia S. A., Zaragoza, España, Vol. 1.

Auldism MJ. Walsh BJ, Thompson NA 1998. Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. J. Dairy Res. 65: 401-411.

- Badui, D.S. 1993. Química de los alimentos, Editorial Pearson, tercera edición, pp. 617.
- Boquier, F., Rouel, J., Domalain, A., Chilliard, Y. 2000. Effect of concentrate/dehydrated alfalfa ratio on milk yield and composition in alpine dairy goats fed hay based diets. *Options Mediterr.* 52: 99-101.
- Boyazoglu, J., Morand-Fehr, P., 2001. Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality. A critical review. *Small Rumin. Res.* 40, 1–11.
- Boyazoglu, J.; Hatziminaoglou, Y. and P. Morand-Fehr. (2005). The role of the goat in the Society : past present and perspective for the future. *Small Rumin. Res.* 60:13–23
- Caja, G., Bocquier, F. 2000. Effects of nutrition on the composition of sheep's milk. *Options Mediterr.* 52: 59-74.
- Cantú, J.E. 2004. Zootecnia de ganado caprino. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna División Regional de Ciencia Animal. Torreón, Coahuila.
- CAPRA. 2004. La composición de la leche de cabra y su papel en la alimentación humana (en línea). Consultado 16 nov. 2004. Disponible en: <http://www.iespana.es/CAPRA/HOMBRE/HOMBRE.HTM>.
- Carnicella D., Darro M. Caribe M.C., Laudadio V and Dario C., 2008. The effect of diet, parity, year and number of kids on milk yield and milk composition in Maltese goat. *Small Rumin. Res.* 77: 71 – 74.
- Cervantes E.F., Vargas C.A. 2012. La leche y los quesos artesanales en México. Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM).
- Chacon V.A. Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agrindustrial. *Agronomía Mesoamericana* 16 (2): 239 – 252.
- Chilliard y Lambert, G. 2001. Biochemical characteristics of goat milk lipids and lipolytic system. A comparison with cows and human milk. Effect of lipid

supplementation. Institut Technique des Produits Caprins (ITPLC). Surgeres Francia, pp. 71-114.

Chilliard Y., A. Ferlay, J. Rouel, and G. Lamberet. 2003. A review of nutritional and physical factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86:1751-1770.

Cisse M., Ly I., Nianogo A.J., Sane I., Sawadogo J.G., Diaye M.N., Award C., Fall Y. 2002. Grazing behavior and milk yield of Senegalese Sahel goat. *Small Rum. Res.* 43: 85 – 95.

Cornale P., Renna M., Lussiana C., Bigi D., Chessa S., Mimosi A. 2014. The Grey Goat of Lanzo Valleys (Fiurina): Breed characteristics, genetic diversity, and quantitative – qualitative milk traits. *Small Rum. Res.* 116: 1 – 13.

Degen A. A., 2007. Sheep and goat milk in pastoral societies.

De los Santos, P. T. 2010. Caracterización fenotípica de las poblaciones de cabras lecheras en el valle de Libres, Estado de Puebla. Tesis de maestría. CP. Puebla, Mexico.

Devendra, C. and G.F.W. Haenlein, 2011. Animals that produce dairy foods. Goat breeds. In: Fuquay JW, Fox PF and McSweeney PLH (Eds.), In: *Encyclopaedia of Dairy Sciences*. Second Edition, Vol. 1, San Diego: Academic Press, USA, pp. 310–324.

Diaz G., M. O., G. Torres H., M. A. Ochoa C., P. B. Mandeville y R. Gonzalez G. 2004 (b). Efecto de la cría y la etapa de lactancia en los componentes de la leche de cabras F1 Alpino x Nubia. XIX. Reunión Nacional Sobre Caprinocultura. AMPCA. Pp. 219-223.

Díaz G., M. O., G. Torres H., M. A. Ochoa C., P.B. Mandeville y R. Gonzalez G. 2004 (b). Efecto del sexo de la cría y la etapa de lactancia en los componentes de la leche de cabras F1 Alpino x Nubia. XIX Reunion Nacional sobre caprinocultura. AMPCA. Pp. 219-223.

Donkin, E.F. and P.A. Boyazoglu. 2000. Milk production from goats for households and small-scale farmers in South Africa. p. 324-328. *Proceedings of the Seventh*

International Conference on Goats, Tours, France. 15-21 May, 2000. International Goat Association, Tours, France.

Doyon A. 2005. Influence de l'alimentation sur la composition du lait de chevre: revue des travaux récents. Centre de Reference en Agriculture et Agroalimentaire du Québec.

Doyon A, Ridorossi C, Chouinard P. 2004. Milk yield and composition in dairy goats feed different levels of extruded soy beans. *J. Anim. Feed Sci.*13 (1): 685-688.

Ducoing, W.A.E. 2014. Situación y perspectivas de la leche caprina en México. 13 Congreso Panamericano de la leche (AMCGCR). Queretaro, México.

Eknaes M., Kolstad K., Volden H., Hove K. 2006. Changes in body reserves and milk quality throughout lactation in dairy goats. *Small Rumin. Res.* 63: 1-11.

FAO, 2003. Production Yearbook 2002. Food Agric. Organisation, UN, Rome, Italy, p. 271.

FAO, 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://www.fao.org>.

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

Fernandez C., Sanchez A., Garces C. 2002. Modeling the lactation curve for test-day milk yield in Murciano-Granadinas goats. *Small Rum. Res.* 46: 29 – 41.

Flamant J.C., Morand-Fehr P. 1982. Milk production in sheep and goats. In: Coop, I.E. (Ed), *Sheep and Goat Production*. World Animal Science Series 26. Elsevier, Amsterdam, pp. 275 – 295.

Galina, M. A., F. Osnaya, H. M. Cuchillo and G. F. W. Haenlein, 2007. Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Rumin. Res.* 71(1-3): 264-272.

- Gamarra, J. 2000. Estructura y funcionamiento del sistema ganadero caprino en San Jose Ixtapa, Reserva de la Biosfera Tehuacan – Cuicatlan. Puebla, México. <http://boletin.fundacionequitas.org/12/12.11.htm>
- Garcia S. C., and Holmes C.W. 2001. Lactation curves of autumn-and spring-calved in pasture-based dairy systems. *Livest Prod Sci.* 68: 189-203.
- Garcia S.C. and Holmes C.W. 2001. Lactation curves of autumn – and spring – calved in pasture – based dairy systems. *Lives Prod Sci* 68: 189 – 203.
- Gipson, T.A., Grossman, M. 1989. Diphasic analysis of lactation curves in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 72, 1035–1044.
- Gorsaud, J. 1991. Composición y propiedades fisicoquímicas. Leche y Productos lácteos. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Grandison A. 1986. Causes of variation in milk composition and their effects on coagulation and cheese making. *Dairy Ind. Int.*, 51: 21 – 24.
- Greppi, G.F., Ciceri, A., Paquini, M., Falaschi, U., Enne, G. 1995. Milk yield in dairy goats and blood metabolites. In: *Proceedings of the IDF/ CIRVAL Seminar on Production and Utilization of Sheep and Goat Milk, Crete, Greece, October 19–21*, p. 47.
- Greyling, J.P.C.; Mmbengwa, V.M.; Schwalbach, L.M.J.; Muller, T. 2004. Comparative milk production potential of Indigenous and Boer goats under two feeding systems in South Africa. *Small Ruminant Research* 55: 97-105.
- Grossman, M., Koops, W.J. 1988. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71:1598–1608.
- Guo, M. R., P. H. Dixon, Y. W. Park, J. A. Gilmore, and P. S. Kindstedt. 2001. Seasonal changes in the chemical composition of commingled goat milk. *J. Dairy Sci.* 84(E. Suppl.):E79–E83.
- Guo, M., Y. Park, P, P. Dixon, J. Gilmore, and P. Kindstedt. 2003. Relationship between the yield of cheese (Chevre) and chemical composition of goat milk. *Small Rumin. Res.* 52: 103-107.

Guo, M.R., 2003. Goat milk. In: Caballero, B. (Ed.), Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Academic Press, London, pp. 2944–2949.

Haenlein G.F.W. 1992. Role of goat meat and milk in human nutrition. Proc. Vth Int. Conf. Goats, New Delhi, Vol 2, pp. 575 – 580.

Haenlein, G. F. W. 2004. Goat milk in human nutrition. Contribution of goats to Mankind. Small Rum. Res. Vol. 51, pp.155-163.

Haenlein, G.F.W. (Eds.), Handbook of Milk of Non –bovine Mammals. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK/Ames, Iowa, pp. 34–58.

Haenlein, G.F.W. 2002. Milk and meet products (en línea). Consultado 31 oct. 2004. Disponible en: http://goatconnection.com/articles/publish/article_73.shtml

Haenlein, G.F.W., 1992. Role of goat meat and milk in human nutrition. Proc. Vth Int. Conf. Goats, New Delhi, India, 1-8 march, ICAR Publishers, New Delhi, Vol. 2, pp. 575-580.

Haenlein, G.F.W., 1993. Producing quality goat milk. Int. J. Anim. Sci., 8: 79-84.

Haenlein, G.F.W., Wendorff, W.L., 2006. Shepp milk – production and utilization of sheep milk. In: Park, Y.W., Haenlein, G.F.W. (Eds.), Handbook of milk of Non Bovine Mammals. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK, and Ames, Iowa, USA, pp. 137 – 194.

Haenlein,G.F.W., Wendorff,W.L. 2006. Sheep milk—production and utilization of sheep milk. In: Park, Y.W., Haenlein, G.F.W. (Eds.), Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK, and Ames, Iowa, USA, pp. 137– 194.

Hatfield P.G. Snowder G.D. Head W.A., Glimp H.A., Stobart R.H., Besser T. 1995. Production of ewes rearing twin lambs: Effects of dietary crude protein percentage and supplemental zinc methionine. Journal of Animal Science 73: 1227 – 1238.

Hernández E., Del Valle M.C. 2000. La industria láctea de México en el contexto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), Banco Interamericano de Desarrollo – Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe, Argentina.

Hernández Z. J. S., 2000. La Caprinocultura en el marco de la ganadería poblana (México): contribución de la especie caprina y sistemas de producción. Archivos de Zootecnia. 49:341-352.

ICAR (International Committee for animal recording). 2008. Rules, Standars and Guidelines for Milk Recording in Goats. Available from: <http://www.icar.org>.

IDF (International Dairy Federation), 1993. Cheese yield and factors affecting its control. In: Proceedings of the IDF Seminar, Cork, Ireland.

Jennes R. 1980. Composition and Characteristics of goat milk: Review 1968 – 1979. J. Dairy Sci., 63: 1605 – 1630.

Jenness, R., 1980. Composition and characteristics of goat milk: review 1968–1979. J. Dairy Sci. 63, 1605–1630.

Juabert, G. 1997. Biochemical characteristics and quality of goat milk. 6 th International Conference on Goats. CIEM – Options Mediterranees. Pp. 71 – 74.

Khan ZI, Asharaf M, Hussain A, 2007. Evaluation of macro mineral contents of forages: influences of pasture and seasonal variation. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20: 908-913.

Kharrat M. Boquier F. 2010. Adaptive responses at the whole lactation scale of Baladi goats according to feed supply and level of body reserves in agro-pastoral feeding system. Small Rum. Res. 90: 120 – 126.

Koeslag H. J., 1990. “Manuales para educación agropecuaria, producción animal”, 2ª ed., Edit. Trillas. México.

Kompan, D., Breznik, S., Bitric, d., Drobnic, M. 1998. Production and composition of sheep and goat milk in Slovenia. Stočarstvo, 52 (4), 297-301.

Kondyli E., Katsiari M.C., Voutsinas L.P. 2007. Variations of vitamin and mineral contents in raw goat milk of the indigenous Greek breed during lactation, Food Chemistry, 100, 226–230.

Le Frileux, Y., Le Scouarnec, J., Pommaret, A., Cirier, N., 2005. Incidences zootechniques, technologiques et sensorielles d'une complémentation avec un

aliment composé ou des céréales chez les chèvres laitières conduites au pâturage. Renc. Rech. Rumin. 12, 205.

Lefriélux Y., Morand-Ferh P., Pommaret A. 2008. Capacity of high milk yielding goats for utilizing cultivated pasture. Small Rum Res. 77: 113 – 126.

Lenox S., Goodall E.A., Mayne C.S. Mathematical modeling of milk constituent production. The Statistician 42: 249 – 260.

León JM, Quiroz J, Pleguezuelos J, Martínez E, Delgado JV. 2007. Curva de lactación para el número de lactación en cabras murciano - granadinas. Arch. Zootec; 56 (1): 641-646.

Lombaard C., S. 2006. Hierarchical Bayesian modeling for the analysis of the lactation of dairy animals. Ph. D. Thesis. D. Faculty of economic and Management Sciences, Department of Mathematical Statistics, University of the Free State Bloemfontein.

Ludeña, F., Peralta, S., Arroyo, O., Fung, L. y Gonzales S. 2006. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la leche de cabra y su conservación mediante la activación del sistema lactoperoxidasa. Mosaico Científico (Lima, Perú) 3(1). <http://revistas.concytec.gob.pe/pdf/mc/v3n1/a04v3n1.pdf> Consultado en Octubre de 2011.

Mahaut M, Jeanet R, Brulé G. 2003. Initiation à la technologie fromagère. [Introduction to cheese making technology]. Tec et Doc, Paris.

Majid, A., T.C. Cartwright, J.A. Yazman, and H.A. Fitzhugh. 1994. Performance of five breeds of dairy goats in Southern United States. II. Lactation yield and curves. World Rev. Anim. Prod. 29:30-37.

Marin M. P., J. Burrows y J. C. Ramos. 2001. Producción y Calidad de leche caprina en rebaños bajo sistemas de manejo extensivo de la zona central de Chile. Arch. Zootec. Vol. 50: 363-366.

Martin, P., M. Ollivier-Bousquet, F. Grosclaude. 1999. Genetic polymorphism of caseins: A tool to investigate casein micelle organization. Int. Dairy J. 9:163–171.

- Matsushita M, Tazinafo N.M, Padre R.G, Oliveira C.C, Souza N.E, Visentainer JV, Macedo FAF, Ribas NP (2007) Fatty acid profile from Saanen goats fed a diet enriched with three vegetable oils. *Small Rumin. Res.* 72: 127-132.
- McDowell, L.R., 2003. *Minerals in animal and human nutrition*, second ed. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 644.
- Mellado, M., S. Rodríguez, R. López, A. Rodríguez y E. García J. 2004. Relación entre la producción y composición de la leche y el perfil sanguíneo de las cabras al inicio de la lactancia en agostaderos. XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura. AMPCA. pp. 276-280.
- Merino D.J. 2010. Análisis químico de la leche de cabra y rendimiento quesero, bajo tres sistemas de alimentación en el Distrito de Libres, Puebla. Tesis de Licenciatura.
- Mestawet T.A., Girma A., Adnoy T., Devold T.G., Narvhus J.A., Vegarud G.E. 2012. Milk production and variation at different lactation stages of four breeds in Ethiopia. *Small Rum. Res.* 105: 176 – 181. *Microbiol. Technol.* 2.
- Min B., R., S. P. Hart, T. Sahlu, and L. D. Satter. 2005. The effect of diets on milk production and composition, and on lactation curves in pastured dairy goats. *J. Dairy Sci.* 88 (7): 2604-2615.
- Moio, L., Dekimpie, J., Etievant, P., Addeo, F., 1993. Neutral Volatile compounds in the raw milks from different species. *J. Dairy Res.* 60, 199-213.
- Montaldo H.H., Torres H. G., Valencia P.M. 2010. Goat breeding research in México. *Small Rum. Res.* 89: 155 – 163.
- Morand-Fehr, P., V. Fedele, M. Decandia, and Y. Le Frileux. 2007. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68:20–34.
- Morge, F., 2000. Effet du niveau d'acidogénéicité de 2 concentrés sur les performances zootechniques de chèvres laitières conduits au pâturage (Effect of level of acidogenicity in 2 concentrates on milk performances of grazing dairy Goats). *Rapport Station Expérimentale du Pradel DRSQ/PA*, p. 6.

Mountousis J, Papanikolau K, Stanogias G, Chatzitheodoridis F, Roukos C 2008. Seasonal variation of chemical composition and dry matter digestibility of rangelands in NW Grece. *J. Centr. Eur. Agric.* 9: 547-556.

Najari S. Ben Hammouda, M. Khaldi, G. Khorchain, T. 2000. Improvement of goat production in arid regions by the use of exotic breeds. *Proceedings 7th International Conference on Goats. Tours (France).* 211–213 p.

Nasanovsky, M. Garijo, R. Kimmich, R. 2003. *Lechería. Estados Unidos de América.* Ed. Fondo Educativo Interamericano. 49 p.

Noè, L., Gaviraghi, A., D'Angelo, A., Bonanno, A., Di Trana, A., Sepe, L., Claps, S., Annichiarico, G., Bacciu, N., 2005. Le razze caprine in Italia. In: Pulina, G. (Ed.), *L'alimentazione della capra da latte.* Avenue Media, Bologna, Italy, pp. 381–435.

NRC (National Research Council). 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids.* Washington, DC, USA. National

Oliszewski, R. Núñez D, K. 2002. *Composición química y rendimiento quesero de la leche de cabra criolla serrana del noreste argentino.* CONICET. Facultad de agronomía y zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

Park Y.W. 1990. Nutrient profiles of commercial goat milk cheeses manufactured in the United States. *J. Dairy Sci.* 73: 3059 – 3067.

Park, Y. W., 2006, *Minor species milk.* In: Park Y. W., Haenlein, G.F.W. (Eds), *Handbook of milk Non-bovine Mammals.* Blackwell Publishing Profesional, Oxford, UK/Ames, Iowa, pp. 393-406.

Park, Y.W., 1990. Nutrient profiles of commercial goat milk cheeses manufactured in the United States. *J. Dairy Sci.* 73,

Park, Y.W., 2006a. Goat milk – chemistry and nutrition. In Park, Y.W., Haenlein, G.F.W. (Eds), *Handbook of Milk of Non – Bovine Mammals* Blackwell Publishing, Oxford, UK/Ames, Iowa, pp. 34 – 58.

Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W., 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68,88–113.

- Pirisi, A., Lauret, A., Dubeuf, J.P., 2007. Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. *Small Rumin. Res.* 68, 167–178.
- Pizzillo, M., Claps, S., Cifuni, G.F., Fedela, V., Rubino, R., 2005. Effect of goat breed on the sensory, chemical and nutritional characteristics of Ricotta cheese. *Livest. prod. Sci.* 94 (1–2), 33–40.
- Pletcher S., D. and F. Jaffrezic. 2002. Generalized character process models: estimating the genetic basis of traits that cannot be observed and that change with age or environmental conditions. *Biometrics* 58(1):157 – 162.
- Possati L.P and Orr M.L. 1976. Composition of foods. Dairy and egg products: Raw, processed, prepared. Agriculture Handbook No. 8-I.U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC.
- Prasad H., Senegar O.P.S. 2002. Milk yield and composition of the Barbari goat breed and its crosses with Jamunapari, Beetal and Black Bengal. *Small Rumin. Res.* 45: 79-83.
- Psathas, G., 2005. Halloumi Cheese—Case Study of Cyprus. IDF 0501, part 2, pp. 90–97.
- Pulina, G., Bencini, R., 2004. Dairy Sheep Nutrition. CABI Publ., Wallingford
- Quintero J.C. Serna J.I. Hurtado N.A. Rosero R. Cerón M.F. 2007. Modelos matemáticos para curvas de lactancia en ganado lechero. *Rev Colomb Cienc Pecu;* 20:149-156.
- Ramirez-Orduña R., Ramirez R.G., Gomez M.M., Armenta-Quintana J.A., Ramirez-Orduña J.M., Cepeda-Palacios R., Avila-Sandoval J.M. 2003. Seasonal dynamics of ruminal crude protein digestion of browse species from Baja California Sur, México. *Interciencia* 28: 408-414.
- Revidatti, M., P. Prieto, S. De la Rosa, M. Ribeiro y A. Capellari. 2007. Cabras criollas de la región norte Argentina. Estudios de variables e índices zootécnicos. *Archivos de zootecnia.* 56 (1): 479-482.

Ribas, M., Gutiérrez, M., Hernández, F. 2000. La cabra criolla Cubana: El comportamiento reproductivo de un genotipo inexplorado. Memoria. V Congreso Iberoamericano de razas autóctonas y criollas. p 89.

Ribeiro, M.N, J.V. da Silva, N.L.Ribeiro E.C., Pimenta Filho. 2000. Correlation between body weight and body traits in native goats of Paraíba State, Brazil. In: Proceedings of the Global conference on conservation of domestic animal genetic resources; 15-5-2000, Brasília, RBI-Brazil.

Richardson, C.W. 2004. Let's learn about dairy goats and goat's milk. Oklahoma Cooperative Extension Service. Oklahoma State University. Boletín N° 424.

Rodden, D. 2004. Dairy goat composition (en línea). Consultado 16 nov. 2004. Disponible en <http://drinc.uedavis.edu/html/milkg/milkg-1.shtml>

Romero y Paredes, R. J. 2004. Programa de investigación e innovación tecnológica de la cadena alimentaria de carne y leche caprinos. Memorias XIX Reunión Nacional sobre Caprinocultura. AMPCA. pp. 78-79.

Rubino, R., Morand-Fehr, P., Rinieri, C., Peraza, C., Sarti, F.M., 1999. Typical products of the small ruminant sector and the factors affecting their quality. Small Rumin. Res. 34, 289–302.

SAGARPA. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2014 Y 2015. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), información de las delegaciones de la SAGARPA. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx>

Sanz C. L., Ramos M.E., De la Torre A.G., Diaz C.J. 2009. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. Small Rum. Res. 22: 322 – 329.

Sanz Sampelayo, M.R., Chilliard, Y., Schmidely, P., Boza, J. 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. Small Rumin. Res. 68, 42–63.

SAS Institute Inc. 2003. The Analyst Application. Second edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. North Carolina, USA. pp 496.

Sauvanti D., Giger-Reverdini S., Meschy F., Puillet L., Schmidely P. Actualisation des recommandations alimentaires pour les chèvres laitières. *INRA Prod. Anim.*, 25 (3), 259 – 276.

Serrano, O.L. Analisis del sistema de producción de cabras con fines lecheros en la región de Libres, Puebla. Tesis de maestría. CP. Puebla, México. p. 41.

SIAP, 2008. La caprinocultura en el mundo. Para la industria Ovino-Caprino de Iberoamérica. *Acontecer Ovino-Caprino* 8, 66-68.

Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U., Prosser, G.C. 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. *Small Rumin. Res* ;89:110–124.

Soryal. K.A., Zeng. S.S., Min. B.R., Hart S.P. 2004. Effect of feeding treatments and lactation stages on composition and organoleptic quality of goat milk Domiati cheese. *Small Rumin. Res.* 52: 109 – 116.

Sutton, J.D. 1976. Energy Supply from the digestive tract. En swan, H. Brooster, W.H. (Eds.), *Principles of Cattle Production*. Butterworths, Londres, pp. 121-142.

Swaisgood H, E. 1980. Sulphydryloxidase: properties and applications. *Enzyme*

Tovar L.I. 2009. Goat Production in Mexico – Overview of the Industry and its production Practices. Proceedings of the 24 th Annual Goat Field Day, Langston University.

Tziboula-Clarke, A., 2003. Goat milk. In: Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press, Cornwall, pp. 1270–1279.

Valencia P., M., J. Dobler L., and H. Montaldo H. 2005. Genetic trends for milk yield in a flock of Saanen goats in Mexico. *Small Rumin. Res.* 57:281-285.

Valenti, B., R. I. Pagano, and M. Avondo. 2012. Effect of diet at different energy levels on milk casein composition of Girgentana goats differing in CSN1S1 genotype. *Small Rumin. Res.* 105:135–139.

Vega y León, S., R Gutiérrez T., M. González L., A. Ramírez A., C. González C., G. Diaz G., H. Esparza C., H. Alberti, G. Muñoz, Y M. Rosado. 2004b. Efecto del origen y

la raza en la composición de la leche de cabra producida en el altiplano mexicano. XIX Reunion Nacional sobre Caprinocultura. AMPCA. Pp. 419-422.

Villegas de G.A. 2003. Manual de alimentos, Tecnología de alimentos de origen animal (Leche y Carne). Universidad Autónoma Chapingo. Pp. 9.

Williams, J.C. 1993. An empirical model for the lactation curve of white British dairy goats. *Anim. Prod.*, 57: 91-97.

Wilmink, J.B.M., 1987. Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livestock Prod. Sci.* 16, 335–348.

Wood, P.D.P., 1967. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production with estimates of seasonal variation. *Anim. Prod.* 22, 35.

Yépez H, Rúa CV, Idárraga Y, Arboleda E, Calvo S, Montoya A, Cardona H, Cerón-Muñoz M, 2010. Estimación de las curvas de lactancia y producción de leche de cabras del departamento de Antioquia, usando controles lecheros quincenales y mensuales. *Rev CES Med Vet Zootecnia*; Vol 5(2): 30-35.

Zaragoza R.J.L., Vargas L.S., Guerrero R.J.D., Bustamante G.A. 2011. Experiencias en la producción de ganado caprino en el estado de Guerrero. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Pp. 47 – 57.

Zeng S.S., Escobar, E.N. 1995. Effect of breed and milking method on somatic cell count, standar plate count and composition of goat milk. *Small Rumin. Res.* 19: 169 – 175.

Zeng, S.S., Escobar, E.N., 1996. Effect of breed and milking method on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Ruminant Res.* 19, 169–175.