

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRAS
SUPLEMENTADAS CON NOPAL (*OPUNTIA SPP.*) Y MANILLA DE MAGUEY
(*AGAVE SPP.*)

POR:

JOSÉ GABRIEL SÁNCHEZ SANCHEZ

TESIS

PRESENTADO COMO REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

OCTUBRE, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRAS
PLEMENTADAS CON NOPAL (*OPUNTIA SPP.*) Y MANILLA DE MAGUEY
(*AGAVE SPP.*)**

**POR:
JOSE GABRIEL SÁNCHEZ SÁCHEZ**

**TESIS
QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

**DR. JESÚS M. FUENTES RODRÍGUEZ
PRESIDENTE**

**DR. FERNANDO RUIZ ZARATE
SINODAL**

**DR. ANA VERÓNICA CHARLES RODRÍGUEZ
SINODAL**

**DR. JOSÉ DUÑEZ ALANÍS
COORDINADOR DE LA DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2017

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA

El suscrito **José Gabriel Sánchez Sánchez** estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula **294464** y autor de la presente Tesis manifiesto que:

Reconozco que el Plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.

Las ideas, opiniones datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente Tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.

Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por la suscrita y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.

Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.

Entiendo que la función y alcance de mi Comité de Asesoría, está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente Tesis, así como del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionado al plagio académico a mi comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente por parte mía.

Atentamente


José Gabriel Sánchez Sánchez

Nombre y Firma

Tesista de Licenciatura UAAAN

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme lo más valioso de este mundo, que es la dicha de vivir y permitir que haya concluido satisfactoriamente mis estudios profesionales.

A mi Alma Terra Mater, por su generosidad y hospitalidad, pero sobre todo por permitirme realizar mis estudios Profesionales en esta grandiosa Institución.

Un agradecimiento al Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez, por su apoyo, asesoría y el tiempo prestado para la realización de esta tesis.

A mis profesores, por la orientación en mi formación académica, les agradezco por haber compartido sus conocimientos y sabiduría en la trayectoria de mis estudios.

A todas aquellas personas que de una u otra manera, colaboraron en la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

Con amor y cariño dedico este trabajo a mis padres **Ma. Trinidad Sánchez Sánchez** y **Mauro Sánchez Mendoza**, por sus sabios consejos que me han dado, son los que me trajeron hasta donde estoy y gracias a ellos soy la persona que soy hoy, por su apoyo he logrado este objetivo el cual, con parto con ustedes, y gracias por haberme impulsado a lograr mis metas.

A mi esposa

Sandra Luna Torres por su amor, comprensión, compañía y por apoyarme siempre a lograr mis objetivos y metas. **TE AMO MI VIDA.**

A mi hija

Samantha Carolina Sánchez Luna, gracias por llegar a nuestras vidas e iluminarlas y llenarlas de tanto amor y felicidad. **TE AMO PRINCESA.**

A mis hermanos

Marcelino Sánchez Sánchez

Bárbara Lilibeth Sánchez Sánchez

Nadia Sánchez Sánchez

Gracias por el cariño y por su apoyo que me han dado siempre incondicionalmente.

ESTA META ALCANZADA TAMBIÉN ES DE USTEDES

INDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Justificación	3
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Objetivo	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Antecedentes históricos de la Caprinocultura.....	4
2.2 Taxonomía de la cabra	5
2.3 Características del ganado caprino	6
2.4 Métodos de clasificación de las razas	7
2.5 Descripción de las Razas	9
2.5.1 Saanen	9
2.5.2 Toggenburg	10
2.5.3 Alpina Francesa.....	10
2.5.4 Granadina.....	11
2.5.5 Nubia	12
2.5.6 Bóer	12
2.5.7 Mancha.....	13
2.5.8 Angora	13
2.6 Sistemas de explotación en México.....	14
2.7 La caprinocultura en el Mundo	15
2.8 La caprinocultura en México	16
2.9 Alimentación en las cabras lecheras	19
2.10 Glándula mamaria de la cabra	20
2.11 Componentes nutrimentales de la leche de cabra	22
2.12 Factores que afectan la producción de leche de cabra.....	23
2.13 Composición química.....	23

2.13.1 Sustancias nitrogenadas.....	24
2.14 Nopal (<i>Opuntia Streptacantha</i>), (<i>Opuntia Rastrera</i>) y (<i>Opuntia Robusta</i>).....	25
2.14.1 Origen y Distribución Geográfica.....	26
2.14.2 Clasificación Taxonómica.....	27
2.14.3 Descripción Botánica.....	28
2.14.4 Valor Nutricionales del Nopal.....	28
2.14.5 Condiciones climáticas.....	31
2.14.6 Usos actuales del nopal.....	32
2.15 EL AGAVE MANSO O PULQUERO (<i>Agave salmiana</i> L.).....	33
2.15.1 Origen y Distribución Geográfica.....	33
2.15.2 Clasificación Taxonómica.....	35
2.15.3 Descripción Botánica.....	36
2.15.4 Especies de agave.....	38
2.15.5 Usos.....	38
2.15.6 Condiciones Climáticas y Nutricionales del Agave.....	39
2.16. Melaza.....	41
2.16.1 Utilización.....	42
2.16.2 Problemas en el uso de la melaza.....	42
2.16.3 Consideraciones.....	42
2.16.4 Porcentaje de melaza en la dieta.....	42
2.16.5 Factores importantes.....	43
2.17 Enzimas Polisacaridasas.....	43
2.18 Investigaciones realizadas con nopal, maguey y cabras lecheras.....	44
MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
3.1 Localización y clima.....	46
3.2 Población animal.....	47
3.3 Preparación de insumos de las dietas.....	47
3.3.1 Pastoreo.....	47
3.3.2 Nopal.....	48
3.3.3 Picado.....	48
3.3.4 Alfalfa, melaza, urea, concentrado.....	49
3.3.5 Manilla de maguey.....	50

3.3.6 Enzimas Polisacaridasas	50
3.4 Manejo Alimenticio.....	51
3.5 Manejo de la ordeña.....	53
3.6 Manejo de la pesada	53
3. 7 Análisis estadístico	54
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFIA.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Taxonomía de la cabra	5
Cuadro 2	Composición promedio de los nutrientes básicos en leche de cabra, oveja, vaca y humana	22
Cuadro 3	Composición química de la leche de cabra expresada en 100 g de leche.	24
Cuadro 4	Clasificación taxonómica del Nopal	27
Cuadro 5	Contenido de agua entre especies y variedades de nopal forrajero en Saltillo, Coahuila, México	29
Cuadro 6	Análisis bromatológico de diferentes géneros, especies y variedades de nopal	30
Cuadro 7	Variación en el contenido de nutrientes digestibles de nopal sin espinas	31
Cuadro 8	Nutrientes digestibles en pencas de nopal de diferente tipo y edad	31
Cuadro 9	Clasificación taxonómica del <i>Agave</i>	35
Cuadro 10	Principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica del <i>Agave</i> spp	39
Cuadro 11	Composición química de la melaza	41
Cuadro 12	Dietas de los tratamientos	52
Cuadro 13	Análisis bromatológico del Nopal (<i>Opuntia</i> spp.) y Manilla de Maguey (<i>Agave salmiana</i>).	56
Cuadro 14	Resultados de parámetros productivos de caprinos alimentados con Nopal y Manilla de Maguey	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Imagen hembra Saanen	9
Figura 2	Imagen hembra Toggenburg	10
Figura 3	Imagen hembra Alpina Francesa	10
Figura 4	Imagen hembra Granadina	11
Figura 5	Imagen hembra Nubia	12
Figura 6	Imagen hembra Bóer	12
Figura 7	Imagen hembra Mancha	13
Figura 8	Imagen hembra Angora	13
Figura 9	Inventario mundial de cabras por continente, 2012	15
Figura 10	Inventario de cabras en México en 2012	17
Figura 11	Producción de carne de caprino por estados en México, 2012	17
Figura 12	Valor de la producción por estado, Miles de pesos, 2012	18
Figura 13	Producción de leche de cabra, miles de litros 2012	18
Figura 14	Valor de la producción de leche, Miles de pesos 2012	19
Figura 15	Forma esquemática de la ubre de las cabras	21
Figura 16	Partes del nopal	27
Figura 17	Distribución geográfica de los principales agaves en la república mexicana	34
Figura 18	Descripción de la estructura del maguey	37

Figura 19	Ubicación de instalaciones donde se realizó el trabajo de investigación “UAAAN”	46
Figura 20	Pastoreo del rebaño	47
Figura 21	Chamuscado del nopal	48
Figura 22	Picado del nopal	49
Figura 23	Alfalfa	49
Figura 24	Colecta manilla de maguey	50
Figura 25	Suministro de enzimas a los tratamientos 3 y 4	50
Figura 26	Alimentación de las cabras	51
Figura 27	Producción de leche por día	58
Figura 28	Comparación de producción de leche	60
Figura 29	Cambio en peso	61
Figura 30	Consumo de alimento	63

RESUMEN

Hoy en día la caprinocultura es una de las principales actividades de la población rural, gran parte del ganado caprino se ubica en las zonas áridas y semiáridas bajo la explotación del sistema de producción extensivo, enfrentándose los productores a condiciones de baja precipitación pluvial y periodos largos de sequía por lo que surge la necesidad de buscar alternativas de alimentación para cubrir los requerimientos nutricionales de los caprinos en todo el año principalmente en periodos de sequía.

A la caprinocultura se le considera, una actividad de doble propósito, por su aportación de carne y leche. Su alimentación se basa principalmente de pastizales y arbustos de la región; el nopal y maguey son especies que igualmente se encuentran en la zona, por lo que también son parte de la dieta de las cabras.

Por lo anterior se implementó una serie de dietas para determinar la productividad animal en cuanto a la producción láctea y el cambio en el peso de cabras suplementadas con nopal y manilla de maguey. La investigación se llevó a cabo en el establo caprino de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con un grupo de 25 cabras en un periodo de 60 días, suplementadas con nopal y manilla de maguey. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones.

Los tratamientos se clasificaron en TI, TII, TIII, TIV y TV, los resultados en cuanto al cambio de peso fueron de 0.80, 2.52, 4.78, 3.12 y 4.04 kg respectivamente, encontrando que los tratamientos III y V fueron superiores ($P>0.05$) a los encontrados para los tratamientos II y IV, en los que no se encontraron diferencias entre ellos ($P<0.05$), pero si se observó diferencia entre los caprinos suplementados y los que solo pastorearon (TI).

Los resultados observados en la producción de leche de las cabras en el TIII (2.06) y TV (2.01) obtuvieron los mejores resultados ($P>0.05$) en relación a los otros tres tratamientos. En los TII (1.87) y TIV (1.90) no fueron diferentes entre ellos, pero fueron mejores que el testigo que produjo 1.24 kg de leche por día ($P>0.05$). En el

TV no se observó que las enzimas tuvieran un efecto de incremento en la producción de la leche

Los resultados del cambio en peso los reflejaron los tratamientos III y V con resultados más favorables, atribuido al ingrediente principal la manilla de maguey que contiene 82.75% de Extracto Libre de Nitrógeno y en el caso del TV que contenía las enzimas polisacaridasas las cuales se encargan de la degradación de los carbohidratos, factor que redujo el consumo de alimento y siendo el más bajo de los 4 tratamientos suplementados con 51.52 kg.

La inclusión de nopal y manilla de maguey en la alimentación de cabras lactando en pastoreo es recomendable.

Palabras claves: Nopal, Manilla de maguey, Cabras, Enzimas, Leche, Cambio en peso.

ABSTRACT

Nowadays, goat farming is one of the main activities of the rural population in Mexico, a large part of goat livestock population is located in the arid and semiarid zones under the exploitation of the extensive production system, facing the producers conditions such as low rainfall and long periods of drought so there is a need to search for alternative foods to meet the nutritional requirements of goats throughout the year, mainly during periods of drought.

Goat production is considered, a dual purpose activity, for its contribution of meat and milk. Its food is based mainly of grasslands and shrubs of the region; the nopal and maguey are species that are equally found in the area, so they are also part of the diet of goats.

Due to the above, a series of diets were used to determine the animal productivity in terms of dairy production and weight change of goats supplemented with nopal and maguey handle. The research was carried out in the goat unit of the Antonio Narro Agrarian Autonomous University, with a group of 25 goats in a period of 60 days, supplemented with nopal and maguey handle. The experimental design was a completely randomized design with five treatments and five replicates.

The treatments were classified as TI, TII, TIII, TIV and TV, the results regarding weight change were 0.80, 2.52, 4.78, 3.12 and 4.04 kg respectively, and treatments III and V were superior ($P > 0.05$) to those found for treatments II and IV, in which no differences were found between them ($P < 0.05$), but differences between supplemented goats and those that only grazed were found (TI).

The results observed on milk production of goats in TIII (2.06) and TV (2.01) obtained the best results ($P > 0.05$) in relation to the other three treatments. TII (1.87) and TIV (1.90) were not different among them, but were better than the control that produced 1.24 kg of milk per day ($P > 0.05$). On TV the enzymes had no effect on increase in milk production

The results on weight change were reflected in treatments III and V with more favorable results, attributed to the main ingredient maguey handle containing 82.75% of Nitrogen Free Extract and in the case of TV containing the polysaccharidase enzymes which are responsible of carbohydrate degradation, a factor that reduced feed intake and the lowest feed consumption of the 4 treatments supplemented with 51.52 kg.

The incorporation of nopal and maguey handle on the feeding of grazing lactating goats is highly recommended.

Key words: Treatment, Nopal, Maguey handle, Goats, Enzymes, Milk, Weight change.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a investigaciones el aprovechamiento del ganado caprino en nuestro país radica desde la colonia, esto gracias a las inmigraciones colonizadoras españolas que introdujeron las primeras cabras a México. Las características de la superficie del territorio mexicano permiten que el 45% de la superficie sea aprovechada por la ganadería herbívora, dicho territorio corresponde a las regiones donde se desarrollan los sistemas extensivos, aprovechando el ganado caprino nacional entre el 90 y 95% de la superficie señalada (Ducoing, 2005).

Según estimaciones del Sistema de Información Agrícola y Pesquera de SAGARPA (SIAP, 2008), en México hay una población de 8, 870,312 animales; de ellos el 87% de los semovientes de esta especie se ubica en el área rural, en las regiones áridas y semiáridas, sitios donde se han localizado el mayor número de cabras. Cinco son los estados de principal importancia por la cantidad de caprinos: Oaxaca, Coahuila, San Luis Potosí, Puebla y Nuevo León que en conjunto contribuyen con el 47% del inventario nacional. Por otro lado, la región norte-centro aporta aproximadamente el 45% de la producción nacional de leche de cabra (Guerrero, 2010).

Su impresionante capacidad de adaptación a diferentes tipos de clima, vegetación y manejo permiten su amplia distribución geográfica. Además de los amplios usos que se le pueden dar, puede ser utilizada para la producción de carne, leche, o para doble propósito. Surgiendo nuevas alternativas a través del tiempo como lo es la industrialización de productos lácteos y la fabricación de artesanías, aprovechando desde la piel hasta partes del cuerpo. Por lo que la explotación de esta especie, implica una fuente de ingreso para millones de familias.

La antes mencionada adaptabilidad del ganado caprino contribuye a que esta sea de las principales especies explotadas en las regiones áridas, donde prevalece la escasez de agua y la sequía. Los sistemas de producción, pertenecientes a los productores con escasos recursos, son fuertemente dependientes del pastoreo en tierras comunales, tienen poca productividad y considerablemente contribuyen al sustento de los agricultores (Echavarría *et al.*, 2006).

La producción de carne y leche en cada animal dependerá principalmente de la suplementación alimenticia a la que esté sometido cada animal. Es importante resaltar que la producción caprina se realiza mayoritariamente en forma extensiva, y que la alimentación básica proviene del pastizal natural.

En la región árida y semiárida, la vegetación consiste en arbustos, hierbas, cactáceas y pastos, vegetación de la cual se alimenta este rumiante. Considerando la temporada de sequía (6 a 8 meses) son más importantes las especies arbustivas y cactáceas, puesto que los pastos son escasos en temporada de sequía, desempeñando un papel importante en la dieta la variación estacional (Andrade, 2012).

Por consiguiente la composición nutricional de la dieta del ganado caprino, resulta imprescindible en la composición química, valor nutricional, propiedades, entre otros aspectos nutrimentales del subproducto que se obtiene de la especie. Siendo la alimentación un factor que debería tomarse en cuenta en la explotación de la especie.

Los sistemas de producción de cabras en "México han sido tradicionalmente una manera de utilizar los recursos naturales de baja productividad, como son los agostaderos de las regiones áridas y semiáridas (Guerrero, 2010).

Cabe recalcar, que a la cabra se acepta como una especie productiva que no puede ser reemplazada por ninguna otra, dada su habilidad para utilizar los recursos alimenticios lignocelulósicos, bajo condiciones climáticas muy difíciles y darles un soporte alimenticio y económico a las poblaciones humanas marginales (Gall, *et al.*, 1981).

Lo que son las cabras lecheras han jugado un papel muy importante en la economía nacional de varios países con condiciones naturales difíciles y de algunos países europeos en donde existe un sistema intensivo de crianza para la producción lechera de los caprinos.

Por otra parte, ya que la composición química de la leche de cabra tiene propiedades que deben de considerar muy bien y sobre todo, para obtener un mejor rendimiento en la elaboración de productos lácteos.

1.1 Justificación

La suplementación con nopal e inflorescencias del maguey puede considerarse como una alternativa de alimentación para los productores caprinos en cualquier época del año para el ganado especialmente en épocas de sequía, que es donde se reducen las alternativas de alimento para los productores rurales ayudando a cubrir las deficiencias nutricionales de los caprinos con la flora disponible de la región.

1.2 Hipótesis

La suplementación con nopal (*Opuntia spp*) y manilla de maguey (*Agave spp.*) influye de manera positiva en la productividad animal de los caprinos en estudio así como en la producción de leche.

1.3 Objetivo

- Determinar la productividad animal en cuanto a la producción láctea y el cambio en el peso de cabras suplementadas con nopal y manilla de maguey.

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes históricos de la Caprinocultura

La caprinocultura a nivel mundial se ha desarrollado paralelamente a la historia de la humanidad. En México su aprovechamiento se remonta a partir de la colonia, al darse las primeras inmigraciones españolas, aunque se cree que su llegada fue accidental, pues si bien estas eran parte de las tripulaciones con el propósito de proporcionar alimento a los tripulantes de las naves (Ducoing, 2005).

Convirtiéndose en una de las principales especies domesticas para la explotación y consumo del humano, como fuente de alimento (leche y carne), para vestimenta (pelo y piel), así como productora de abono orgánico. Constituyéndose la caprinocultura como una de las actividades más importantes para el humano como una fuente de alimento, además de ser una alternativa económica para los productores, ya que se tiene un gran aprovechamiento de esta especie sobre todo en las zonas con bajos índices de desarrollo y las zonas áridas y semiáridas de México.

La caprinocultura es una actividad que consiste básicamente en el manejo doméstico de hatos de cabras por parte de familias rurales. "Es una actividad que podría considerarse como de doble propósito, para producción de leche o carne, dependiendo del tipo de explotación en que se base, ubicación geográfica, razas y otros factores que determinan la prioridad que adopta el productor conforme a las condiciones y objetivos que tiene al desarrollarla; algunos la consideran como un tipo de "ganadería social" porque es practicada principalmente por habitantes de comunidades rurales como parte de sus estrategias de producción y/o subsistencia, asociada a una agricultura parcelaria cuando estos productores son campesinos (Jiménez, 2012)."

2.2 Taxonomía de la cabra

La cabra es una especie pequeña rústica perteneciente al grupo de los llamados Cápridos, que son un género de mamíferos artiodáctilos. Su nombre científico es Capra y existen varias subespecies de ella, todas originarias del centro oeste de continente Asiático.

En diversas investigaciones han surgido diferentes opiniones sobre la clasificación de esta especie. Para fines de esta investigación se retoma la del cuadro 1.

Cuadro 1. Taxonomía de la cabra

Orden	Artiodactyla
Suborden	Ruminantia
Familia	Bovidae
Subfamilia	Ovinos
Tribu	Caprini
Género	Capra y Hemiltragus
Especie	Hircus

Fuente: Gall, (1981)

Las cabras del género capra, se dividen en 5 especies, aunque a nivel subgéneros y especies existen varias opiniones como la de Corbett (1978), en una revisión que indica la presencia de seis grupos o especies en el género capra, siendo las siguientes:

- Capra Ibex. Cabra montés de los Alpes. La ibex con subespecies en el oeste del cáucaso. África Central, en el cercano este y Etiopía.
- Capra Pyrenaica. Es la ibex española, conservada en reservas en la sierra de Gredos, en el centro de España.
- Capra Càucasia. La tur, del este del cáucaso, animales pesados con grandes cuernos de sección casi perpendicular, y de curva hacia fuera, arriba y atrás.

- Capra Hircus. El Bexoar o Pesang que se extiende en un rango de Grecia a Pakistán, cabra salvaje con cuernos que se elevan verticalmente en relación con la cabeza y luego forman un arco hacia atrás en forma de sable.
- Capra Falconeri. Las cabras markhor, de estructura pesada con barba grande. Sus cuernos se tuercen hacia arriba y atrás en forma de espiral. Se encuentran en las montañas que van de Afganistán a Cachemira y Pakistán.

Mena y Gall (1979), mencionan que dentro de la especie Capra Hircus se pueden diferenciar 3 grupos de razas a) Capra aegagrus (Cabra de Benzoar), b) Capra ibex (Cabra montes de los Alpes), c) Capra falconeri (Cabra del markitor). Pero todos coinciden en afirmar que la cabra doméstica, se considera descendiente de la cabra hircus aegagrus (Benzoar). Caracterizada por presentar sus cuernos en forma de sable o cimitarra.

2.3 Características del ganado caprino

El 79 % de la población caprina se encuentra ubicada en las zonas árido-cálidas que son inadecuadas para otro tipo de actividad (Devendrá, 1986), así como por la gran agilidad y facilidad de desplazamiento que tiene esta especie, ya que puede llegar a lugares que no son accesibles a otros rumiantes (Boza et, al. 1997). El tipo de explotación que predomina, es el sistema extensivo, aquel que basa su alimentación en el pastoreo de la vegetación forrajera disponible en los agostaderos de las comunidades rurales. La rusticidad que le caracteriza a este rumiante le permite una gran capacidad de adaptabilidad alimentaria de los forrajes de baja calidad, lo cual le permiten vivir en lugares donde principalmente su alimentación son de matorrales, pastos de baja calidad, arbóreas y otras especies de matorrales.

En todo el mundo, la cabra vive principalmente en regiones secas. En México, la producción se concentra en las regiones áridas donde prevalecen, la escasez de agua y la sequía.

Diversos autores hacen referencia a las ventajas o características que representan a los productores de cabras la explotación de dicha especie. En la investigación "SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA PRODUCCIÓN CAPRINA ANTE

EL RETO DE LA GLOBALIZACIÓN", se enumeran de manera sintetizada lo siguiente:

Ventajas de la Producción Caprina:

- Alta tasa de desarrollo
- Alta fertilidad
- Alta eficiencia alimenticia
- Alta eficiencia en utilización de forrajes toscos
- Alta eficiencia en la producción de leche
- Alta demanda de carne (birria, barbacoa y cabrito)
- Alta demanda de piel y pelo
- Alta demanda de guano o abono
- Excelente controlador de malezas.
- Alta demanda de platillos de origen caprino

2.4 Métodos de clasificación de las razas

Para fines de la presente investigación se utilizó el concepto de raza y método de clasificación caprina del portal OEIDRUS (Oficina estatal de información para el desarrollo rural sustentable) de nuevo león en su artículo "Razas caprinas".

Raza: Se refiere a los grupos en que se subdividen algunas especies biológicas, a partir de una serie de características que se transmiten por herencia genética. La meta principal del criador de una raza pura es seleccionar, conservar y mejorar los caracteres y aptitudes anatómicas y fisiológicas.

Métodos de Clasificación: La cabra puede clasificarse según:

- origen, tamaño corporal, forma y longitud de la oreja, propósito y altura a la cruz.

Los primeros cuatro métodos se han usado en forma tradicional pero no con gran precisión, ya que ninguno se refiere a características específicas medibles con facilidad.

- **Origen:** Se puede agrupar de acuerdo a su origen en: europeo, oriental, asiático o africano. Estos territorios geográficos no son sólo inmensos, sino que existen dificultades para determinar los límites de los hábitats de las cabras y la considerable superposición cuando se trasladaron entre estas regiones.
- **Forma y Longitud de la Oreja:** Son más aplicables a ovejas que a cabras. Pueden aparecer considerables variaciones en los híbridos. Además la forma y longitud no están relacionadas con la función y son, por tanto, de poca importancia.
- **Propósito:** Las cabras se han clasificado en cuanto a sus propósitos principales: producción de carne, leche, fibra o piel. Aunque el método puede aplicarse a algunas razas, la mayor parte son animales para multiplicar propósitos inclasificables. Muchas razas producen carne y leche.
- **Tamaño Corporal:** Este es el más usado de los 4 métodos. Para usar este método, debe disponerse de datos de peso vivo para razas individuales.
- **Altura a la Cruz:** Este método considera el tamaño corporal para dividir las cabras en 3 grupos:
 1. Razas Grandes: Con más de 65 cm., peso de 30 a 65 Kg. y de doble propósito.
 2. Pequeñas: De 51 a 65 cm., peso de 19 a 37 Kg. y productora de carne o leche.
 3. Enanas: Menos de 50 cm., peso de 18 a 25 Kg. para producir carne.

Este es el método más preciso que los otros, pero concede poco o ninguna importancia a las características taxonómicas importantes como la forma del cuerno o la oreja.

2.5 Descripción de las Razas

No se tiene certeza del número de razas que existe, sin embargo se habla que hay alrededor de 60 razas dispersas en el mundo. En América Latina las razas que son más importantes son las siguientes: Saanen, Toggenburg, Alpina Francesa, Granadina, Nubia, Bóer, La mancha y Angora.

Para mejorar y tener una mejor explotación en la productividad de las cabras es necesario tener un estudio del carácter genérico como base para la clasificación.

La identificación y descripción precisa permite comparar las razas. Esto, a su vez estimula el interés en el valor potencial y contribución de las razas individuales dentro de su medio ambiente preferido.

2.5.1 Saanen



Figura 1. Imagen Hembra Saanen

Esta raza es originaria de Suiza, del valle de Saanen, se considera como la cabra mayor y mejor productora de leche, por lo que sus ubres son desarrolladas, con pezones largos y simétricos, producen alrededor de 4 litros de leche diario con una duración de 250 días de lactancia, esta raza presenta orejas cortas, puntiagudas y erguidas hacia delante con machas negras pequeñas en nariz y orejas, algo que distingue a esta raza es que por lo general las hembras no tiene cuernos, si se llegan a presentar es en algunos machos. Su color predominante es blanco o cremoso pálido. Su peso y tamaño es variado, pero en general es un animal alto y pesado: de 70 a 90 cm., y entre 60 a 75 Kg. Se recomienda su explotación en climas tropicales o fríos en sistemas intensivos (Avalos y Chávez, 2008).

2.5.2 Toggenburg



Figura 2. Imagen Hembra Toggenburg

Originaria del valle Toggenburg, en Suiza. Animal de color café claro o chocolate oscuro de orejas pequeñas y erguidas, les distingue 2 mamellas en el cuello. Raza acorné de cuerpo amplio y alargado, con marcas blancas en cara y extremidades, de aptitud láctea con un promedio de 2 litros de leche diario, su lactancia varia de 275 a 310 días, animal de ubre desarrollada con pezones gruesos y separados. Sus medidas son de cruz alzada, animal alto de 70 a 80 cm, con un peso de 50 a 70 kg. Se recomienda para áreas frías para sistemas intensivos (Avalos y Chávez, 2008).

2.5.3 Alpina Francesa



Figura 3. Imagen Hembra Alpina Francesa

Originada de la cruce de Saanen y Toggenburg de los Alpes de Francia, de orejas puntiagudas cortas y erguidas dirigidas al frente, de color muy claro u oscuro, castaño, agamuzado, negro con blanco o café. La alzada de la cruz va de los 70 a 80 cm, con un peso promedio de 56 a 75 kg. Productora de 2.5 litros de leche diarios, su lactancia puede durar hasta 305 días, de ubre voluminosa de piel suave y fina, con pezones largos. Se recomienda para climas fríos en sistemas intensivos (Avalos y Chávez, 2008).

2.5.4 Granadina



Figura 4. Imagen Hembra Granadina

Raza originaria de España, de orejas pequeñas y puntiagudas puede o no tener cuernos, de color negro o caoba. Se podría decir que es un animal para doble propósito, ya sea para carne y leche, su producción de leche es de 1.2 litros diarios, con una duración de hasta 300 días. Con ubres y pezones bien desarrollados inclinados a los costados. Los machos son altos de 80 a 90 cm, mientras que las hembras miden de 65 a 75 cm, con un peso de 75 a 55 Kg. y los machos de 70 a 75 kg. Son recomendadas para climas desfavorables para sistemas extensivos (Avalos y Chávez, 2008).

2.5.5 Nubia



Figura 5. Imagen Hembra Nubia

Esta raza es el resultado del cruzamiento entre razas Egipcias-hindús-toggenburg y las inglesas, una característica que las distingue de otras son las orejas ya que esta las tiene anchas, largas, pendulosas y caídas. Cuando presentan cuernos estos salen curvados hacia atrás, cuentan con una alzada a la cruz de 70 hasta 90 cm, con pesos en las hembras de 50-60 kg y machos 70-80 kg. Esta raza es de doble propósito y tiene la ventaja que se adaptan a cualquier tipo de clima (Avalos y Chávez, 2008).

2.5.6 Bóer



Figura 6. Imagen Hembra Bóer

Esta raza se originó en las partes semiáridas en el norte de Sudáfrica, cuenta con un perfil convexo, cuenta con cuernos redondos y hacia atrás. De orejas colgadas y tamaño medio, con ubre bien desarrollada. Su color característico es blanco el cuerpo y con un lunar en la frente de la cabeza y color rojizo el cuello y cabeza. En

esta raza las hembras pesan hasta 90 kg y los machos llegan a pesas 120 kg. El propósito de esta raza es producción de carne, se adapta a los climas semi-tropicales y áridos en sistemas extensivos (Avalos y Chávez, 2008).

2.5.7 Mancha



Figura 7. Imagen Hembra Mancha

Esta cabra es de origen Canadiense y es reconocida solamente en América del Norte. Esta raza se distingue por sus orejas pequeñas que son fácilmente de transmitirse a sus descendientes, tiene una cabeza pequeña y fina, en esta raza puede presentar cualquier color puede ser desde blanco hasta negro. Es una raza de talla media su alzada va desde los 65 a 75 cm a la cruz y su peso en hembras es de 55 kg y machos 70 kg. Es de aptitud lechera y su sistema de producción es estabulado y puede adaptarse a cualquier clima ya que puede soportar condiciones muy adversas (Brizuela s.f).

2.5.8 Angora



Figura 8. Imagen Hembra Angora

Los orígenes de las cabras de Angora aparecen envueltos en el mito de la historia remontándose a épocas pre-bíblicas en las montañas del Tíbet. Los inicios de la producción de esta cabra se centraron alrededor de la ciudad de Ankara en Turquía. La cornadura que posee esta raza es torcida en forma lateral y hacia arriba. Sus orejas son semi pendulosas de tamaño medio, el color representativo de esta raza es blanco, amarillo o plateado, con una ubre poco desarrollada y pezones cortos. La aptitud de esta raza la producción de pelo, y puede adaptarse a cualquier clima y la producción de leche de esta raza es muy poco (De Gea 2006).

2.6 Sistemas de explotación en México

Los sistemas de producción caprina dependen de varios factores, la región, el clima, número de cabezas y principalmente el objetivo de la explotación:

- Leche
- Carne
- Piel y lana.

En nuestro país se dividen en 3 sistemas de producción:

Sistema de producción extensivo.

Sistema de producción semi-intensivo.

Sistema de producción intensivo.

El sistema extensivo es el que más se practica, principalmente en las zonas áridas y semiáridas (Hernández, 2000). Este sistema necesita grandes extensiones de terreno para el pastoreo libre en forma semi-nómada o sedentaria (Arechiga *et al.*, 2008). La suplementación es escasa y a veces limitada a rastrojo de maíz o maguey picado, razón por la cual se abaratan los costos de alimentación (Arechiga *et al.*, 2008).

El sistema semi-intensivo es caracterizado por la combinación del pastoreo en praderas, ramoneo en matorrales y la utilización de trigo y algodón; además, de la suplementación con forrajes y granos. Los productos son: leche, cabras para cría y

sementales para la venta (Hernández, 2000). El ganado comercializado para abasto en su mayoría se vende a intermediarios (Aserca, 2010).

El sistema intensivo es utilizado en las unidades lecheras de alta producción. Los animales se encuentran confinados permanente mente. El alimento suministrado es forraje de corte, granos y esquilmos. Los principales productos son la venta de leche y la venta de reproductores (Hernández, 2000). Las asociaciones de productores situados en este estrato, incursionan en la transformación industrial de su productos, sin embargo, la existencia de este tipo de explotaciones e n el país son muy escasas (Aserca, 2010).

2.7 La caprinocultura en el Mundo

Datos de la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), señalan que para el 2012 la existencia de cabras en el mundo era de alrededor de 996, 120,851 cabezas. Concentrándose la producción principalmente en el continente Asiático con 59.7% del hato mundial de caprinos, África con 34.6%, el continente americano con el 3.6%. Seguidos de Europa y Oceanía con menos cabezas de ganado, concentrándose principalmente en países con altos índices de pobreza, siendo su principal destino el autoconsumo (Figura 9).

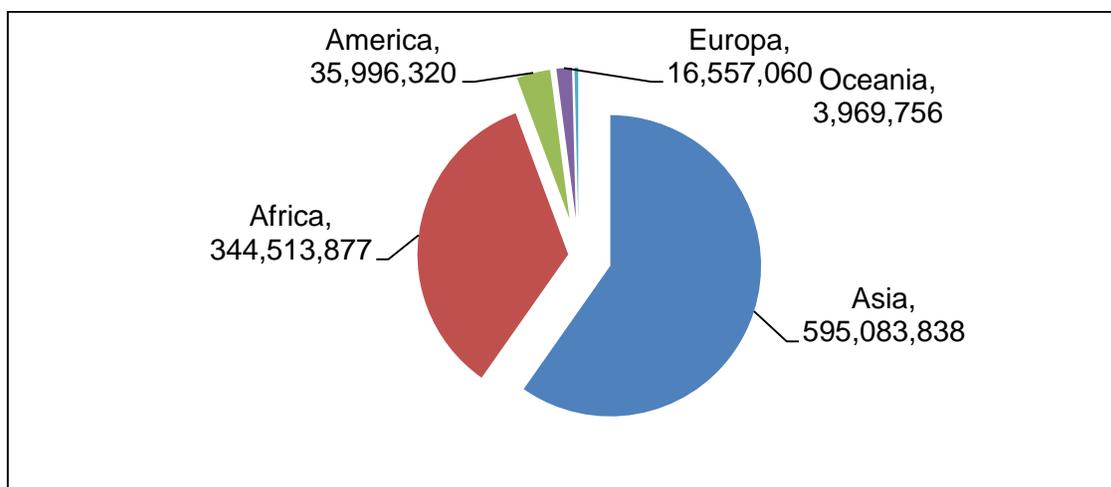


Figura 9. Inventario Mundial de Cabras por Continente, 2012

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO

Del inventario existente en el continente americano, casi la mitad se concentra en México y Brasil.

Esta especie es utilizada para producción de leche, carne, cuero incluso pelo, siendo el principal producto de la producción caprina, tanto en cantidad como en valor el animal vivo. Sin embargo a pesar de las excelentes propiedades que contiene la leche de cabra, la producción mundial de leche de esta especie represento solamente el 2% de la producción mundial de leche, con un total de 12,2 millones de toneladas en el año 2004. El principal país productor es India con 2,6 millones de toneladas, seguido por Bangladesh con 1,4 millones y Sudán con un total de 1,3 millones de toneladas teniendo como principal destino la elaboración de quesos. En lo que se refiere a la producción de carne de cabra solo el 44% de las existencias caprinas es utilizado para este fin, lo que representa un total de 346 millones de cabezas. Esto se debe a que ninguna raza caprina es susceptible del todo al engorde. Considerando que su nivel de crecimiento y desarrollo se da al inicio de su ciclo productivo, siendo superior a la de otros rumiantes. Por lo que la carne se produce al comienzo del desarrollo, a diferencia de otras especies que es a la mitad o final de su ciclo productivo (Corradi, Eleicegui., Zorraquin y Del Rio, 2005)

No obstante el número de animales y los programas de innovación tecnológica para la especie han sido muy escasos, la caprinocultura en estos países se mantiene prácticamente en las manos de productores rurales de bajos recursos, dónde los caprinos sigue siendo un proveedor de alimento y materia prima artesanal para los productores, donde se realiza muy poca ordeña debido a que la motivación de los productores ha sido como un sistema de ahorro, con muy pocas ventas de acuerdo a las necesidades de la familia, curiosamente en América Latina incluyendo a México la mayor parte de los hatos caprinos es de naturaleza artesanal.

2.8 La caprinocultura en México

Desde que la caprinocultura se inició en México, se ha desenvuelto en áreas de bajos recursos. De acuerdo a datos del Servicio de Información Agroalimentaria y

Pesquera, el inventario nacional caprino era de 8, 743,949 cabras en 2012, representando un descenso del 2.9% con respecto al 2011 (Figura 10).

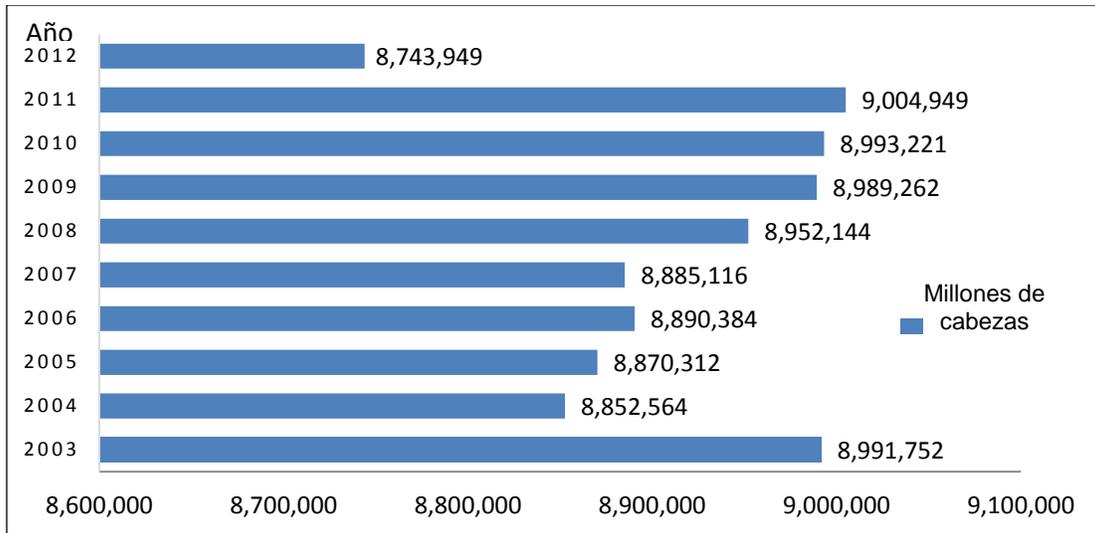


Figura 10. Inventario de cabras en México en 2012

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP

En el 2011, los 3 primeros estados que cuentan con el mayor número de cabezas de ganado caprino son, el estado de Puebla (1, 345,728 cabezas), Oaxaca (1, 208,834 cabezas) y Guerrero (676,577 cabezas). La producción en toneladas de carne (SIAP, 2012) es de 41,495 y de 155,636 miles de litros de leche.

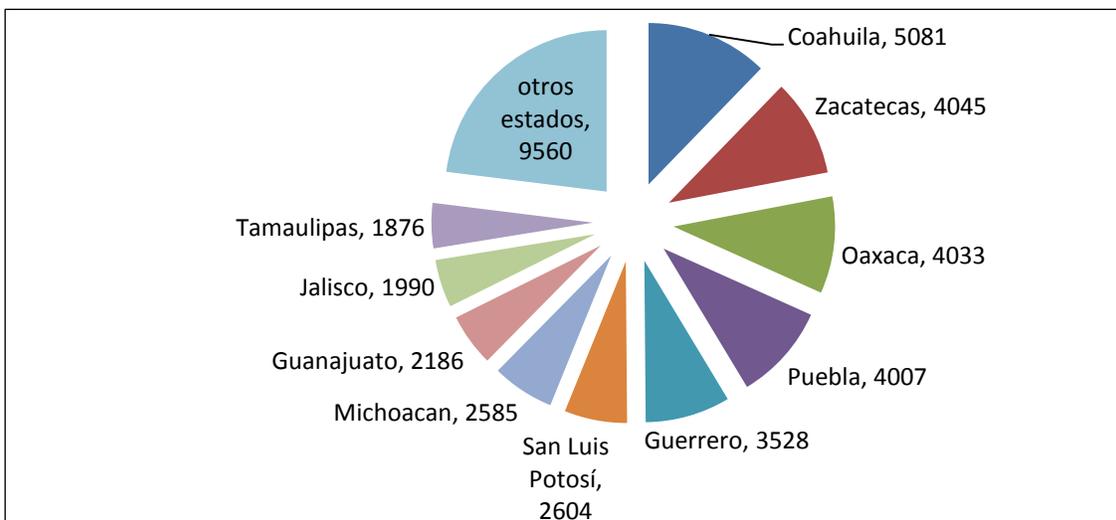


Figura 11. Producción de carne de caprino por estados en México, 2012

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP

En la producción de carne sobresalen Coahuila, Zacatecas, Oaxaca, Puebla y Guerrero, los que concentran el 50% de la producción de carne caprina del país. En cuanto al valor en pesos de esa producción se mantiene una relación similar a la carne, a excepción de Zacatecas y San Luis Potosí (Figuras 11 y 12).

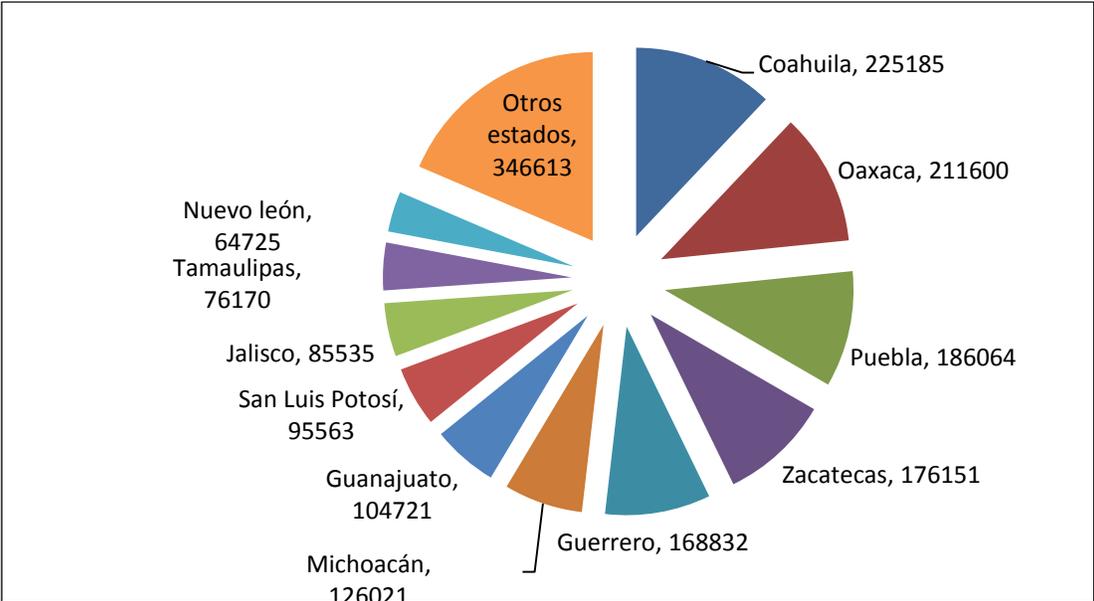


Figura 12. Valor de la Producción por Estado, Miles de pesos, 2012

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP

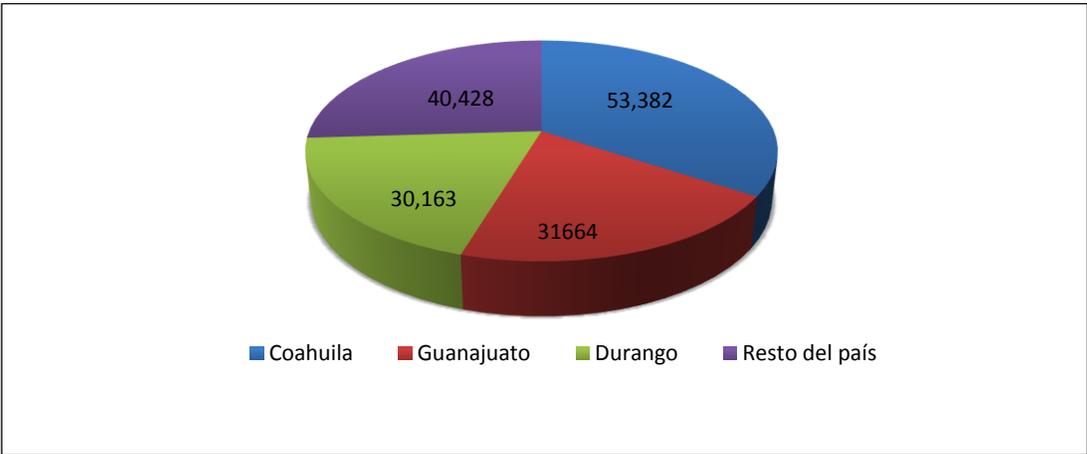


Figura 13. Producción de leche de cabra, miles de litros 2012

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP

La producción de leche del 2010 (161,796 miles de litros) al 2012 (155, 636 miles de litros) marco un descenso del 3.8%. El 73% de la producción se concentró en

3 estados: Coahuila, Guanajuato y Durango; en cuanto al valor de dicha producción, en Guanajuato el precio por litro a comparación de Coahuila y Durango fue mejor (SIAP, 2012).

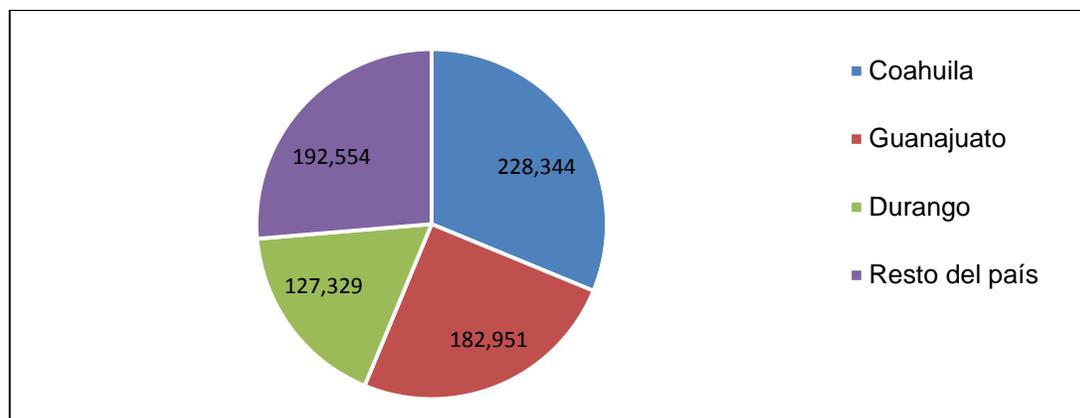


Figura 14. Valor de la Producción de Leche, Miles de litros 2012

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP

2.9 Alimentación en las cabras lecheras

La alimentación puede ser un factor limitante de la producción láctea de las cabras y esta puede ser alterada por todos los componentes nutritivos requeridos, como lo son la energía y proteínas e indirectamente pueden ser las vitaminas y minerales. La influencia que trae la alimentación no sólo está referida a la mayor o menor cantidad de leche que se produzca, sino también en la composición y en la persistencia de la lactancia.

La hembra caprina difiere mucho de otros rumiantes por la gran capacidad que tiene para consumir un gran volumen de alimentos y principalmente forraje. Según Morand Fehr y Sauvart (1980), una cabra puede consumir el doble y más de alimento por unidad de peso que las vacas y producir proporcionalmente un mayor volumen de leche.

En relación a una óptima producción de leche diversos autores han determinado la necesidad de consumo de forraje, estimándola en 4 kilos de materia seca por cada 100 kilos de peso vivo (French, 1970; Mckenzie, 1970; Sands, McDowell, 1976; Sauvart y Morand-Fehr, 1976), aunque se reconoce que la ingesta de materia seca

está estrechamente relacionada con la calidad del alimento por el sexo del animal, la temperatura y otros factores del medio ambiente, (Boza, 1983).

En la cabra la mayor ingesta diaria y su alta producción por unidad de peso vivo, se explicaría por la presencia de una tasa metabólica más alta. Así a igual cantidad de nutrientes la cabra produce más leche que la vaca, ello como fruto de una mayor utilización del alimento, 35% versus 31% del alimento consumido en cabra y vaca respectivamente; además la cabra es menos exigente en su manutención 33% versus 50%, pero su gran consumo le obliga a un mayor gasto en la digestión y metabolismo, 32% versus 19%. (Sharma 1982).

La importancia del contenido de fibra cruda en la dieta ha sido confirmada por los trabajos de Sauvanty Morand-Fehr (1976), quien encuentra una correlación negativa entre producción de leche y contenido en fibra bruta del forraje.

El menor contenido en proteína de la dieta repercute negativamente en la producción de leche, estimándose que su concentración debe ser entre 13 y 16% en relación a la materia seca (Singh y Migdal, 1982).

2.10 Glándula mamaria de la cabra

La glándula mamaria está constituida por 2 glándulas, el funcionamiento de cada glándula es independiente. Cada glándula consta de un racimo de Alveolos o Acini que están tapizados de células que secretan la leche de los conductos galactóforos que reúnen un grupo de alveolos.

La ubre caprina conformada por dos glándulas independientes, está situada en la región inguinal cubriendo la cara interna de los muslos y con una proyección desde atrás hacia adelante.

Las dos finalizan con una papila o pezón, cuyo orificio externo presenta una concentración de fibras musculares circulares que lo cierra, el esfínter del pezón, que evita el flujo espontáneo de leche al exterior y cuya resistencia es necesario vencer para permitir la salida de leche.

Embriológicamente la glándula mamaria se deriva a partir de la zona epitelial de la piel y en su desarrollo inicial, en el embrión, no ofrece diferencias evolutivas entre macho y hembra, puesto que ambos presentan los llamados botones mamarios, ubicados ya en la zona inguinal los que rápidamente dan origen a ramificaciones que se proyectan al espesor del tejido de sostén.

Las diversas influencias hormonales, que se describen más adelante, condicionan el desarrollo progresivo de la glándula en la hembra, de modo que en su constitución final pueden distinguirse en ella tres elementos fundamentales (Bedolla et al, 2012):

- ❖ El tejido noble o glándula propiamente tal
- ❖ El tejido conectivo o de sostén
- ❖ La presencia de terminaciones nerviosas, vasos sanguíneos y linfáticos

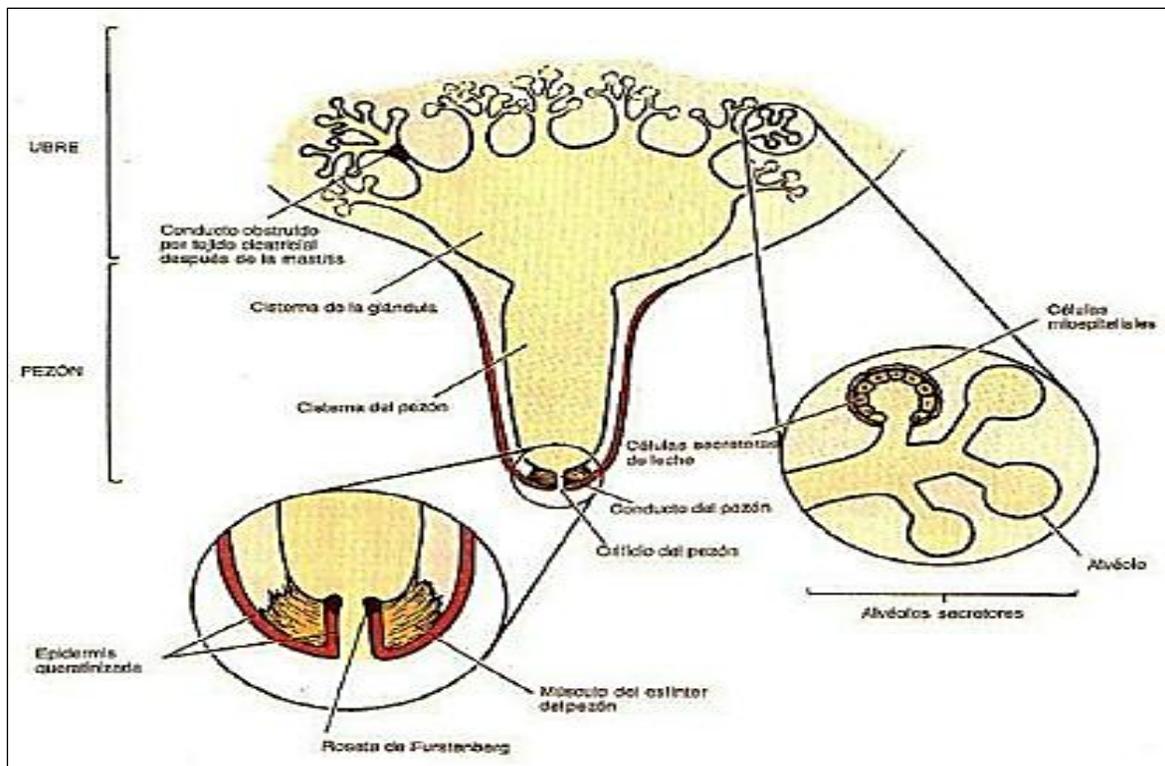


Figura 15. Forma esquemática de la ubre de las cabras

Fuente: Anatomía y Fisiología de la glándula Mamaria. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM.

2.11 Componentes nutrimentales de la leche de cabra

La composición nutricional de la leche caprina, se caracteriza por sus altos contenidos de grasa y proteína de muy buena calidad, así como por su mayor digestibilidad, comparado de las otras especies.

La leche está compuesta fundamentalmente por agua, con un bajo aporte calórico debido a la cantidad de hidratos de carbono y grasas que contiene. Respecto a vitaminas y minerales destaca en calcio y vitamina D, también contiene un aporte destacado de vitamina B₂ o riboflavina y de vitamina A.

“La composición de la leche de cabra es diferente a la del ganado ovino, bovino y a la leche humana, pero puede variar por múltiples factores, entre ellos, tipo de alimentación, medioambiente, manejo, sistema productivo, etapa de lactancia e, inclusive, estado sanitario de los animales . Sin embargo, el estudio de cada componente y el conocimiento de los valores promedio de cada uno de ellos permiten una mejor comprensión alrededor de la producción de leche caprina (Bedoya, Rosero & Posada, s.f)”

Cuadro 2. Composición promedio de los nutrientes básicos en leche de cabra, oveja, vaca y humana

Composición	Cabra	Oveja	Vaca	Humana
Grasa %	3.8	7.9	3.6	4
Solidos no Grasos %	8.9	12	9	8.9
Lactosa %	4.1	4.9	4.7	6.9
Proteína %	3.4	6.2	3.2	1.2
Caseína %	2.4	4.2	2.6	0.4
Albumina, globulina %	0.6	1	0.6	0.7
N no proteico %	0.4	0.8	0.2	0.5
Cenizas %	0.8	0.9	0.7	0.3
Calorías/100 ml	70	105	69	68

Fuente: Park (2006)

2.12 Factores que afectan la producción de leche de cabra

Los diversos factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra, son factores intrínsecos o propios del animal y factores extrínsecos.

- Los factores intrínsecos se clasificaron en genéticos, tomando en consideración la diferencia en producción y composición de la leche entre grupos o razas y los diferentes polimorfismos que afectan las fracciones proteicas de la leche; y factores no genéticos tales como edad o número de partos, estado de la lactancia, tipo de parto, duración del periodo seco previo, talla corporal, y características reproductivas como el ciclo estral y la preñez.
- Entre los factores extrínsecos se encuentran el efecto de la época y año de parto, las prácticas de ordeño tomando en consideración el ordeño mecánico, la duración del intervalo entre ordeños, duración del ordeño, frecuencia de ordeño y ordeño a fondo; el efecto del ejercicio, los cambios en la composición por efecto del procesamiento de la leche para la conservación o producción de queso, el efecto de la salud de la ubre y por último, el efecto de la nutrición y la alimentación (Salvador y Martínez, 2007).

2.13 Composición química

La leche de cabra al igual que las de otras especies animales, es una emulsión de grasa en una solución de agua, cuya composición varía según la especie. La mayoría de los componentes son similares a la leche de vaca en el contenido de sólidos totales, grasa, lactosa y los componentes nitrogenados que se dividen en componentes no-nitrogenados y proteínas.

En las proteínas se encuentran las proteínas del suero (proteínas solubles, β -lactoglobulinas y α -lactoalbúminas) y las caseínas. Las proteínas solubles se encuentran en pequeñas cantidades junto con las proteasas-peptonas. Por su parte, las caseínas, que son las proteínas que coagulan en la leche, presentan marcadas diferencias respecto a la leche de vaca (Roca, s.f).

**Cuadro 3. Composición química de la leche de Cabra
Expresada en 100 g de leche.**

Nutrientes	Unidad	Cabra
Agua	g	87.7
Glúcidos (lactosa)	g	4.6
Lípidos	g	4.3
Sustancias Nitrogenadas	g	3.3
*Caseínas	g	2.47
*Proteínas del suero	g	0.56
* Nitrógeno no proteico	g	0.27
Sales minerales	g	0.7
*Na	mg	40
*K	mg	180
*Ca	mg	130
*Mg	mg	20
*P	mg	110
*Fe	ppm	0.4
*Cu	ppm	0.5
*Zn	ppm	3.5
Vitaminas	Trazas	Trazas
Enzimas	Trazas	Trazas
Gases disueltos	% volumen

Fuente: Coveney y Darton-Hill, 1985; Grandpierre et al., 1988

2.13.1 Sustancias nitrogenadas

Forman la parte más compleja de la leche y comprenden dos tipos:

- Δ Las proteínas, representan el 95 % del nitrógeno total.
- Δ Las sustancias no proteicas, representan el 5 % del nitrógeno total.

Las proteínas se encuentran en dos fases diferentes:

- Δ Fase micelar inestable, formada por partículas sólidas en suspensión (micelas de caseína).
- Δ Fase soluble estable, constituida por diversos polímeros proteicos hidrófilos (proteínas solubles o proteínas del suero).

Las micelas de caseínas son complejos orgánicos formados por proteínas desnaturalizadas (caseínas: α , β , κ , γ), de diferentes tamaños, con carga eléctrica negativa, debido a la mayor presencia de aminoácidos ácidos y grupos hidrófilos lo que determina que se repelen entre sí. Representan el 80 % del nitrógeno total.

Las caseínas de la leche pueden precipitar (pierden su estabilidad coloidal) por acidificación, hasta el pH isoeléctrico (4,6), o por la acción de enzimas proteolíticas (de origen animal o cuajo, de origen microbiano, vegetal, genético) (nota 21, Roca, A.I).

2.14 Nopal (*Opuntia Streptacantha*), (*Opuntia Rastrera*) y (*Opuntia Robusta*)

El nopal es una planta que crece en los más variados ambientes y su uso como forraje está muy propalado, pues es usado como forraje por ganaderos y los estableros de diversas regiones, lo cual implica reducción de costos, principalmente para los ganaderos de las zonas áridas o semiáridas donde debido a las condiciones climáticas escasea la producción agrícola por la baja precipitación pluvial y donde prevalecen altas temperaturas.

El nopal pertenece a la familia Cactaceae comúnmente conocidas como cactáceas o cactus, distribuido principalmente en las zonas áridas, además se encuentran en las zonas tropicales, subtropicales y templadas. En México se localizan el mayor número de géneros y especies de toda América, de las 1600 especies que forman esta familia, en México habitan 1088 (Ríos y Quintana, 2004).

Para fines de esta investigación se abordaran las especies *Opuntia Streptacantha*, *Opuntia Rastrera* y *Opuntia Robusta*.

2.14.1 Origen y Distribución Geográfica

El nopal, es una planta que se ha utilizado desde épocas prehispánicas, su propio y antiguo nombre es Tenochtitlán que significa "fruta de piedra". Los aztecas que fueron de los que más lo emplearon lo utilizaron bajo el nombre de "Nochtli" o "Nopalli", que es la fruta llamada tuna tomado por los españoles para finalmente saber su nombre actual "Nopal" (Ríos y Quintana, 2004).

En México el nopal (*O. Streptacantha*), (*O. Rastrera*) y (*O. robusta*) se encuentra distribuido en las Zonas de:

- ✓ *O. Streptacantha*. Está presente en grandes extensiones de los estados de Zacatecas y San Luis Potosí y en menor extensión en Aguascalientes, Durango, Jalisco y Guanajuato.

- ✓ *O. Rastrera*. Arbusto de habito rastrero, menor a 1 metro de altura, ampliamente usado como forrajera para vacas lecheras en los estado de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Durango y Aguascalientes. Crece bien en un rango de tipos de suelo, desde delgados hasta profundos, rocosos y calcáreos. Algunas veces es encontrado formando densas comunidades.

- ✓ *O. Robusta*. Crece en asociación con *O. Leucotricha* y *O. Streptacantha*. Esta ampliamente distribuido en los estados de Zacatecas y San Lui Potosí, Guanajuato, Aguascalientes y Jalisco. Los nopalitos son grandes y suculentos, apreciados para consumo en fresco y en vinagre (Mondragón, Pérez., Arias y Reynolds 2003).

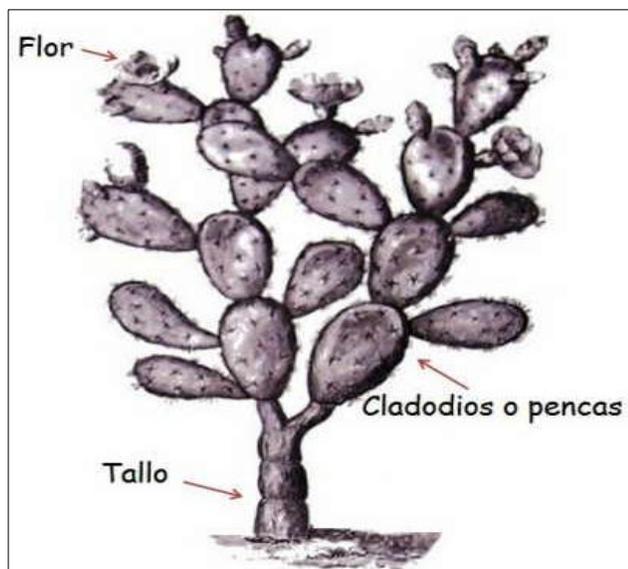


Figura 16. Partes del Nopal

Fuente: www.botanical-online

2.14.2 Clasificación Taxonómica

En México se le llama nopal a varias especies del género "*Opuntia*" de la familia "Cactaceae". En el libro *Cactáceas de México* de Helia Bravo (1978) para los nopales presenta 2 géneros *Opuntia* y *Nopalea*. Donde señala que el género *Opuntia* en México presenta 5 subgéneros, 17 series y 104 especies y el género *Nopalea* presenta 10 especies de las cuáles la "*Nopalea Cochenillifera*" se utiliza como Nopal Verdura. En resumen de las 104 especies de *Opuntia* y 10 de *Nopalea* se utilizan para forraje 15 especies, 5 para fruta y 3 para Verdura (2 de *Opuntia* y una de *Nopalea*).

Cuadro 4. Clasificación taxonómica del Nopal

Reino	Vegetal
Subreino	Embryophita
División	Angiospermae
Clase	Dicotyledonea
Subclase	Dialipetalas
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae

Tribu	Opuntiae
Subfamilia	Opuntioideae
Género	Opuntia
Subgénero:	Platyopuntia
Especie:	varios nombres

Fuente: Briton y Rose, 1963, en Bravo-Hollis, 1978

2.14.3 Descripción Botánica

Acorde a la descripción botánica del genero *Opuntia*, el nopal se alberga en el subgénero *Opuntia* (*Platyopuntia* Engelman), Familia; cactáceas (Ríos y Quintana, 2004).

Son especies con tallos aplanados, los cuales se conocen popularmente como pencas. Esta planta mide más o menos 3 o 5 metros de alto, formados a su vez de pequeñas pelotas ovaladas, cubiertas de espinas y pequeños pelos removibles que facilitan el consumo humano, también consta de grandes flores, su fruto es la tuna, la cual también es apta para el consumo humano.

2.14. 4 Valor Nutricionales del Nopal

En el libro “El nopal (*Opuntia spp*) como forraje, los investigadores López, Fuentes y Rodríguez (2003), hacen una investigación extensa sobre esta planta, donde señalan el valor nutricional del nopal:

El uso de opuntias como alimento en animales domésticos y silvestres ha sido de gran importancia en las regiones áridas y semiáridas del Norte de México durante siglos. Aunque se le considera a esta planta pobre en términos de nutrientes y fibra, es una fuente de agua importante en los sistemas de producción tradicional, principalmente en época seca de invierno y primavera. Es un ingrediente clave para complementar la dieta de los animales domésticos debido a su:

1. **Contenido de agua.** *Opuntia* es una de las principales fuentes de agua para los animales en el norte semiárido. Sin embargo, la cantidad total de agua

almacenada depende de la especie y la variedad (Cuadro 5). El contenido de agua es fuertemente influenciado por las condiciones ambientales.

2. **Contenido de materia seca (MS).** Varios factores afectan significativamente el contenido de MS, endógenos (especie, genotipo y variedad) y ambientales, tales como el suelo, el clima y al estación del año.
3. **Análisis bromatológico.** Hay diferencias significativas entre los datos informados de los análisis de tejidos, asociados con la variación entre especies, factores fisiológicos, fertilidad del suelo, clima, etc.

Cuadro 5. Contenido de agua entre especies y variedades de Nopal forrajero en Saltillo, Coahuila, México.

Especie	Contenido de Agua	
	Máxima	Mínima
O. ficus –indica	93	88
O. cantabrigiensis	84	68
O. lindheimeri var. Tricolor	86	72
O. lindheimeri var. Subarmata	87	76
O. imbricata	84	70

Fuente: López; Fuentes y Rodríguez (2003).

Minerales. Existen pocos informes de estudios sobre contenido mineral de *Opuntia* en México. De acuerdo con Bravo (1978), los principales componentes minerales de las cenizas de *Opuntia* son calcio, potasio, magnesio y sodio, usualmente encontrados como sales y silicio. Hierro y aluminio son encontrados en trazas.

Digestibilidad. La tasa de consumo del animal es afectada por la especie, la variedad y la estación del año (Cuadro 7), la edad del cladodio (Cuadro 8) y sus interacciones correspondientes (Revuelta, 1963; Flores y Aguirre, 1992).

Morrison, (1956) reportó valores de digestibilidad como fibra, 40 por ciento; grasa cruda 72 por ciento; proteína 44 por ciento y extracto libre de nitrógeno (ELN) 78 por ciento, mientras Murillo *et al.*, (1994) en un estudio de la influencia de la adición de levaduras suplementadas con dos fuentes de nitrógeno encontró que con la adición de levadura la digestibilidad fue de 61.6 por ciento; si se combinaba sulfato

de amonio con levadura, la digestibilidad aumento a 93.9. La adición de levadura y urea se asoció con una digestibilidad de 76.8 por ciento.

Cuadro 6. Análisis bromatológico de diferentes géneros, especies y variedades de nopal (por ciento en base a materia seca).

Especie	M S	M O	P C	G C	Fibra	Ceniza	ELN	Autor
<i>Nopalea spp.</i>	10.69	73.79	8.92	1.51	17.21	26.21	50.7	Griffiths y Hare, 1906
<i>O. chrysacantha</i>	15.52	73.45	3.54	1.11	4.32	26.55	64.33	Palomo,1963
<i>O. tenuispina</i>	12.45	70.21	4.42	1.04	5.14	29.8	59.52	"
<i>O. megacantha</i>	10.12	74.51	7.71	1.38	3.75	25.44	68.87	"
<i>O. rastera</i>	14.41	59.89	2.78	0.76	6.18	40.11	43.23	"
<i>O. azurea</i>	12.55	68.88	4.54	1.35	3.98	30.12	59.84	"
<i>O. cantabrigiensis</i>	11.86	68.46	4.79	1.09	3.71	31.54	58.87	"
<i>O. engelmannii</i>	15.07	68.41	3.32	1.19	3.58	31.59	60.32	"
<i>O. lucens</i>	17.45	69.59	3.67	0.57	2.58	30.43	62.75	"
<i>O. lindehimeri</i>	11.57	74.51	4.15	1.03	3.02	25.5	66.25	"
<i>O. robusta</i>	10.38	81.41	4.43	1.73	17.63	18.59	57.61	"
<i>O. streptacantha</i>	16.01	79.38	3.17	1.99	18.88	20.62	55.34	Griffiths y Hare, 1906
<i>O. leucotricha</i>	14.01	74.01	7.56	2.66	14.01	26	49.78	"
<i>O. imbricata</i>	17.71	84.25	7.11	1.75	11.51	15.75	63.86	"
<i>O. cacanapo</i>	16.95	72.51	5.19	2.06	11.21	27.49	54.04	"
<i>O. stenopetala</i>	13.24	77.87	8.84	1.74	9.14	22.13	58.16	"
<i>O. duranguensi</i>	10.34	82.94	4.51	1.29	8.23	17.06	68.91	Bauer y Flores,1969
<i>O. ficus – indica</i>	11.29	86.93	3.81	1.38	7.62	13.07	74.13	"
Var.Amarillo oro								
<i>O. ficus – indica</i>	13.36	81.55	3.66	1.76	9.18	18.45	69.95	Baurer y Flores,1969
<i>O. spp.</i>	10.01	-----	5.71	3.01	8.11	12.01	55.01	Lastras y Pérez, 1978
<i>O. ficus-indica</i>	8.01	-----	6.81	1.01	-----	8.88	81.25	" " "
<i>O. ficus-indica</i>	7.96	-----	4.04	1.43	8.94	19.92	65.67	" " "
<i>O. imbricata</i>	10.41	-----	5.01	1.81	7.81	17.3	68.11	" " "

Fuente: López; Fuentes y Rodríguez (2003).

Clave: MS=materia seca, MO=materia orgánica, PC=proteína cruda, GC=grasa cruda, ELN=extracto libre de nitrógeno.

Cuadro 7. Variación en el contenido de nutrientes digestibles de nopal sin espinas.

Época	Proteína Cruda	Grasa Cruda	E.L.N.	Celulosa
Invierno y Primavera	0.2 - 0.3	0.08 - 0.12	3.0 - 5.5	0.4 - 1.0
Verano y Otoño	0.3 - 0.4	0.15 - 0.16	6.5 - 11.0	0.8 - 2.0

Fuente: Revuelta (1963).

Cuadro 8. Nutrientes digestibles en pencas de nopal de diferente tipo y edad.

Variedad	Proteína Cruda	Grasa Cruda	Fibra	E.L.N.
Espinoso				
Pencas de un año	0.24	0.14	0.43	5.22
Pencas de dos años	0.21	0.17	0.51	4.73
Inerme				
Pencas de un año	0.22	0.17	0.49	4.81
Pencas de dos años	0.18	0.19	0.63	4.39

Fuente: Revuelta (1963).

2. 14. 5 Condiciones climáticas

Las poblaciones de nopal se localizan prácticamente en la mayoría de las condiciones ecológicas de nuestro país, con variaciones de temperatura y precipitación pluvial muy marcadas.

Las condiciones climáticas en las que prospera el nopal en el país son las siguientes (Ríos y Quintana, 2004):

El rango óptimo de temperatura es entre 16°C y 28°C, soportando una temperatura máxima de 35°C, fuera del cual la brotación se ve afectada. Las bajas temperaturas afectan al cultivo, pudiendo causar hasta su muerte, por lo su tolerancia a temperaturas mínimas están en el orden de 10° a 0°C, dependiendo del nopal.

En lo que se refiere el nopal silvestre, del cual se aprovechan temporalmente los brotes tiernos para verdura, se adapta a un amplio rango de precipitación; prospera con precipitaciones medias anuales de 150 mm hasta 800 mm, bien distribuidos durante el año. Tocante al nopal verdura cultivado, requiere precipitaciones regulares o riego, para una producción continua.

Un factor muy importante que afecta al nopal es la humedad relativa; conforme aumenta, la planta se encuentra en condiciones menos propicias para su desarrollo y fructificación, además de que está más propenso al ataque de plagas y enfermedades. Cuando ésta es demasiado baja, influye desfavorablemente al deshidratar los tejidos de las plantas.

Se encontró que el factor responsable directo en la emisión de nopalitos es la temperatura y no la humedad, ya que existe un aumento en la producción asociado con el aumento de temperatura y viceversa. El nopal verdura puede cultivarse de 800 a 1800 msnm, aunque puede prosperar fuera de este rango.

2. 14. 6 Usos actuales del nopal

En esta época el nopal ocupa un lugar importante en la cultura de nuestro país, por la gran cantidad de usos que se le han ido dando con el transcurso de los años. El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en su artículo Nopal tunero *Opuntia spp.* señala algunas grandes bondades que ofrece el nopal, como las siguientes:

- ❖ Evitar la erosión del terreno y el arrastre de materiales que azolvan presas y obras hidráulicas.
- ❖ Reforestar zonas en vías de desertificación
- ❖ Rehabilitar agostaderos
- ❖ Fijar dunas
- ❖ Formar cortinas rompe vientos o parte de ellas
- ❖ Puede ser usada como forraje para el ganado
- ❖ Propiedades medicinales

Las pencas de nopal se utilizan como forraje para alimentar al ganado en las épocas de sequía y en el invierno, aunque no se cumple con una dieta completa, suple muy bien en gran medida el agua que los animales necesitan. El nopal se utiliza como forraje principalmente en estas épocas de crisis alimenticia así los animales ya que el alimentarlos con otro alimento cuesta caro para los productores, estos optaron por el nopal ya que se encuentra silvestre o bien es de bajo costo y también optan por el nopal ya que al igual este les proporciona agua a los animales reduciendo el consumo del agua, aunque nos es un alimento completo da buenos resultados.

2. 15 EL AGAVE MANSO O PULQUERO (*Agave salmiana* L.)

2. 15. 1 Origen y Distribución Geográfica

Al género **Agave** (del griego Agavos, "noble" o "admirable") pertenecen plantas suculentas pertenecientes a una extensa familia botánica del mismo nombre: Agavaceae, conocidas con varios nombres comunes: **agave, pita, maguey, cabuya, fique, mezcal**. El centro de origen del agave es Mexicano (los grupos humanos originarios de esta región aprovecharon esta planta desde hace por lo menos diez mil años; además de usarlos por sus fibras o por el aguamiel, obtenían de ellos el mexcalli, un maguey cocido con altas concentraciones de azúcares), aunque actualmente se distribuyen desde el sur de los Estados Unidos hasta Bolivia. Se reconocen más de 200 especies pertenecientes a este género con una gran diversidad en cuanto a formas tamaños, colores y estrategias de vida (López, s.f).

Los magueyes están asociados con cualquier tipo de paisaje, aunque tiene preferencia por los matorrales xerófilos, además se encuentran en bosques templados de diversos sistemas montañosos del país como lo son las siguientes sierras: Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Sierra de Oaxaca y Chiapas. En los estados donde se puede encontrar una gran diversidad de agaves son en el área central de México, principalmente en los estados de Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Morelos, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala (Cervantes, s. f).

En Zacatecas y en San Luis Potosí constituye el maguey mezcalero más importante, mientras que en Durango es el segundo o tercero en importancia para la elaboración de mezcal; en los estados de Guerrero y Oaxaca al igual que otras especies de agaves también se utiliza para la elaboración de mezcal, (Aguirre et al., 2001).



Figura 17. Distribución geográfica de los agaves en la república mexicana

Fuente: Agave, mezcales, and diversity (2005)

El *A. Salmiana L.* es el principal maguey pulquero del altiplano mexicano; prospera con éxito entre los 1,000 a 2,250 msnm, en climas que van de semi seco a seco y con una precipitación pluvial de 320 a 720 mm anuales; del 90 al 95% incide en verano y el resto en invierno. Pueden crecer en pisos de valles rocosos, laderas de cerro, bajadas o abanicos aluviales, excepto en lugares propensos a inundaciones o con problemas de sales o sodio en el suelo (Gentry, 1982).

El régimen térmico puede ser de templado a semi cálido extremoso y la temperatura promedio anual puede ser de 16 a 22°C, las temperaturas mínimas hasta -12°C pueden dañar las puntas de sus hojas; en primavera y verano tolera temperaturas promedio de 26°C o extremas diarias de hasta 35°C (Ruiz et al., 1997).

2. 15. 2 Clasificación Taxonómica

“La palabra Agave proviene de origen árabe el cual significa admirable. El *Agave salmiana* es una planta perenne monocotiledónea, con flor monocárpica y considerada como una de las especies del género *Agave* más vigorosas de las regiones semiáridas de México. Forma parte de los matorrales xerófilos, de las zonas áridas y semiáridas. La familia Agavaceae, es endémica del continente Americano y se distribuye al sur de Canadá, México y Centroamérica, norte de Suramérica e Islas del Caribe. Se encuentra completamente distribuido el maguey verde o mezcalero (*Agave salmiana*) en el continente, su uso principal está destinado, para la agroindustria productora de mezcal. Su roseta mide de 80 a 120 cm de grosor (Rodríguez, 2002).”

Taxonómicamente el género *Agave* que incluye 166 especies se ubica en la familia Agavaceae. En el Continente Americano se han reportado aproximadamente 310 especies sin embargo no existe un acuerdo en cuanto al número de estas (Gentry, 1980; Eguiarte *et al.*, 2000; Good-Avila *et al.*, 2006). La clasificación actual del *Agave salmiana* se indica en el cuadro 9.

Cuadro 9. Clasificación taxonómica del *Agave*

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Liliidae
Orden	Asparagales
Familia	Agavaceae
Género	<i>Agave</i>
Especie:	<i>A. salmiana</i> .

Fuente: Agaves of Continental North America, (Gentry y Scott, 1982)

Maguey manso, Tlacamel o Agave Ferox es una variedad de la especie *Agave salmiana* del género *Agave* que está compuesto por plantas suculentas pertenecientes a una extensa familia botánica del mismo nombre: *Agavaceae*.

2. 15. 3 Descripción Botánica

Los Agaves pulqueros son plantas perennes, suculentas, monocotiledóneas, con raíces duras fibrosas y tallos gruesos muy cortos. Esta especie se reconoce por las hojas anchas, fuertes, suculentas, de color verde con largos ápices acuminados y sigmoideos, de tallo corto y macizo con forma de roseta las cuales presentan espinas laterales y en las puntas, el color de las espinas puede ser blanco grisáceo, el tamaño del agave va desde 1.50 m a 3.40 m de altura y hasta 5 m de diámetro. Tiene flores carnosas de tépalos dimorfos, estrechos, doblados hacia el interior (Ruvalcaba, 1983; Irish, 2003; Guerrero *et al.*, 2006).

Su crecimiento es muy lento, la maduración demora de 8 a 10 años y florecen sólo una vez emitiendo un tallo largo de casi 10 m de altura que nace del centro de la roseta, hacia la mitad del tallo surgen ramificaciones con numerosos grupos de flores tubulares. Después del desarrollar el fruto la planta muere, pero por lo general siempre producen retoños en su base. Cuando comienza la floración, los Agaves desarrollan una gran inflorescencia terminal (llamado quiote en México), como resultado de un rápido alargamiento del meristemo apical después de años de crecimiento vegetativo de la roseta basal (Basurto y Cortes, s.f).

La característica más importante del fruto es la presencia de racimos compuestos (más de 20 racimos laterales aproximadamente), las cuales tiene grupos de flores erguidas (Granados-Sánchez, 1999; Arriaga *et al.*, 1994; Serrano-Casas *et al.*, 2000; Arizaga y Ezcurra, 2002).

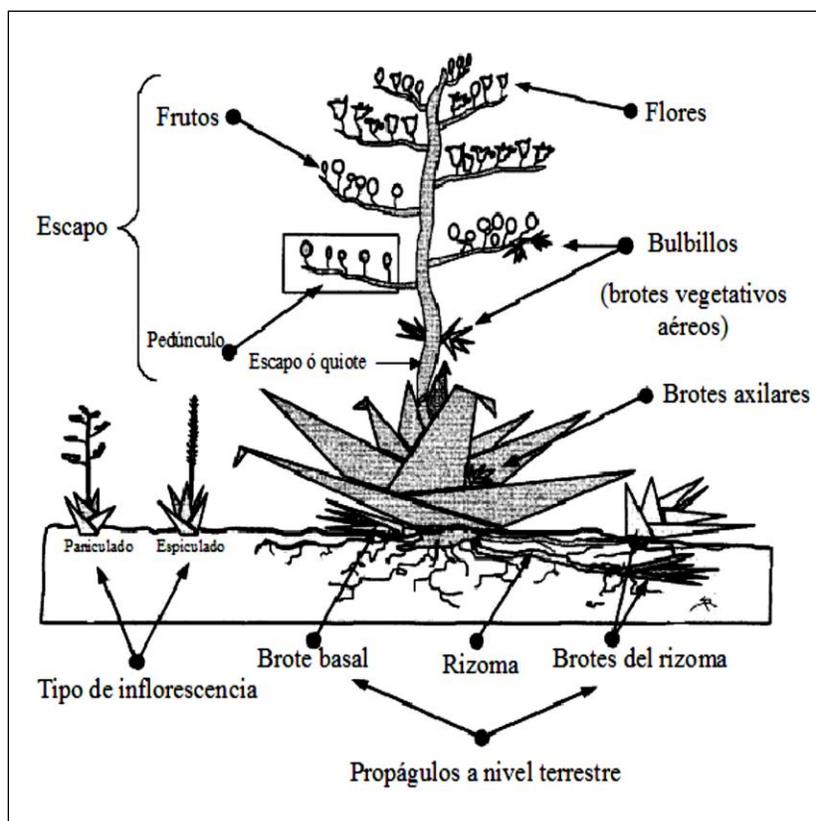


Figura 18. Descripción de la estructura del maguey

Fuente: .Arizaga y Ezcurra, 2002.

Los frutos varían en el tamaño y de color amarillo y verde, van desde los 5 a 15 centímetros de largo, estos son hermafroditas con muy poca auto fertilización, los cuales presentan desde seis estambres con anteras amarillas; ovario ínfero, pistilo alargado y semillas negras aplanadas triangulares con un embrión recto y el endosperma carnoso (Serranos-Casas et al., 2000; Arriaga *et al.*, 1994; Abundis-Vagas, 2007).

En lo que se desarrolla el quote, las hojas del maguey se van marchitando hasta secarse y esto hace que la planta muera, lo cual significa que la floración necesita a los materiales acumulados en las hojas para poder desarrollarse la floración.

El fruto es una cápsula leñosa con diversas formas y tamaños (Cervantes-Ramírez, 2002; Irish, 2003; Guerrero *et al.*, 2006). Existe una notable diversidad de polinizadores, que van desde los colibríes, abejorros, abejas domésticas y

silvestres, moscas, hormigas y murciélagos comedores de néctar, principalmente del género *Leptonycteris* (Slauson, 2000; Arizaga *et al.*, 2000; Arizaga y Ezcurra, 2002).

2.15. 4 Especies de agave

México es considerado centro de origen y de diversidad de los agaves. No se tiene claro cuántas especies se han documentado actualmente, algunos autores mencionan que se han reconocido 166, otros 200 y algunos más mencionan hasta 273 , diferentes especies de agaves (magueyes) en el continente americano, distribuidas una pequeña parte de Estados Unidos, México, América Central y América del Sur. Se considera que el 75% de todas las especies se encuentran en nuestro país y 55% crecen exclusivamente aquí, lo que muestra la gran importancia biológica del territorio nacional para los agaves. (Granados, 1993; Illsley *et al.* 2004; CONABIO, 2005).

2.15.5 Usos

Los usos del agave en México son variados, dependen mucho de la especie, de la estación del año y principalmente del lugar. Como su nombre lo dice agave manso o pulquero (*Agave salmiana L.*), su principal uso es la producción del pulque, así como la elaboración del pan de pulque.

Las pencas y las piñas de los agaves que no son captadas por las industrias mezcaleras son utilizadas como forraje para alimentación de las vacas, cabras, ovejas y caballos. De acuerdo con Martínez (2005) se utilizaron en el estado de San Luis Potosí entre 2 a 8 mil toneladas de agave para la alimentación de los animales. El residuo sólido que se genera se conoce como gabazo, el cual es utilizado por los ganaderos como suplemento estacional en época de sequía para animales domésticos (Baena, 2005).

Cuadro 10. Principales usos de importancia socioeconómica y Agroecológica del Agave spp.

Usos	Producto	Parte de la planta
Alimentación	Azúcar Guisos Dulce Envolver barbacoa Mixiotes Gusanos blancos, Gusanos rojos (Chinicuiles) Pan de pulque, Tortillas	Tallo (piña) Flores y frutos (cápsulas frescas) Escapo floral (quiote) Hojas Cutícula del cogollo Hojas Tallo (piña) Perianto de flores + nixtamal
Bebidas	Aguamiel, miel, atole de aguamiel, pulque, mezcal, tequila, sotol, bacanora, vinagre, Jarabe.	Tallo(piña)
Agrícolas	Cerca viva Evitar erosión como formadora de suelo Abono orgánico(fertilizante) Planta líder de ecosistemas	Planta completa Planta completa Composta de hojas Planta completa
Forraje	Bovinos, caprinos, porcinos	Hojas, escapos florales, flores y parte de la inflorescencia, bagazo

Fuente: Centro de Propagación de Agave del Estado de Guanajuato.

2. 15. 6 Condiciones Climáticas y Nutricionales del Agave

El maguey pulquero vive en zonas áridas y semiáridas del país, donde se encuentra suelos arcillosos con la textura arenosa y ricos principalmente con el nutriente de nitrógeno, cuyo elemento es el más limitado en los agaves en cuestión de la metabolización, ya que el nitrógeno es importante en el desarrollo del agave porque estimula el crecimiento de tejidos nuevos; además el fósforo y el potasio son importantes igual porque participan en el crecimiento de la raíz, establecen plantas jóvenes y sin duda el potasio es importante para la formación de los azúcares (Nobel, 1976; Rzedowski, 1983; Jacinto y García, 2000).

Estas plantas son relativamente sensibles a la salinidad sobre todo en el estado juvenil; pero no son muy sensitivos a altas concentraciones de Ca y algunos metales como el Cu y Zn.

- ❖ **Temperatura:** el cultivo del maguey prospera en condiciones de temperatura que va desde los 13.6 hasta 20°C en promedio.
- ❖ **Precipitación:** el maguey subsiste en precipitación medias anuales desde 335 hasta los 924 mm.
- ❖ **Iluminación:** la mayoría de los Agaves del desierto necesitan la luz solar, los magueyes pulqueros requieren iluminación aunque toleran la sombra.
- ❖ **Altitud:** los Agaves pulqueros se empiezan a desarrollar a la altura de los 1,230 a 2,460 msnm.
- ❖ **PH:** el pH encontrado en los sitios donde se desarrollan los magueyes se encuentra normalmente en parámetros que va desde 6.3-7.8; sin embargo se ha encontrado en 4.9-9.4 mostrando síntomas de desarrollo normal.

El crecimiento de las plántulas es el desarrollo de la succulencia, pues el volumen se incrementa en comparación al área superficial. La capacidad de almacenar agua por unidad de área de transpiración, como un proceso de desarrollo es un aspecto crucial de la sobrevivencia a la sequía de la plántula (Pérez y Del Real, 2007).

Las plántulas del Agave desarrollan raíces profundas durante los primeros meses de crecimiento en campo, mientras que en plantas adultas aumenta el crecimiento y acumulan azúcares en la parte aérea de la planta (North y Nobel, 1997; Mastre *et al.*, 2002). Por lo general, las plantaciones de los Agaves no son fertilizadas pues la fertilización para algunos productores es considerado como un lujo o un desperdicio, aunque las aplicaciones de abonos orgánicos dirigidas a la cepa de plantación suelen ser frecuente. La dosis de fertilizantes y abonos orgánicos corresponderán a las necesidades del cultivo y el contenido de nutrimentos del suelo (Abundis-Vagas, 2007).

2.16. Melaza

Existen muchos tipos de melaza y la terminología suele ser confusa, para efectos de esta investigación se retoma la información proporcionada por los ingenieros Juan Esteban Reyes Jiménez y Alfredo Loaiza Meza, los cuales en su investigación “Alimentación de bovinos en época de secas”, realizada para la el instituto de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (INIFAP), señalan lo siguiente:

La melaza es un subproducto de la industrialización de caña de azúcar, resultando en un líquido espeso de color oscuro, el cual se utiliza como fuente de energía en la alimentación de los animales domésticos. Aunque se puede proporcionar sola, se recomienda mezclarla con urea ya que en una buena combinación es un buen suplemento para suministrar a los animales.

Considerando su alto valor energético, la melaza no tiene el inconveniente al competir con otros alimentos, ya que es bien aceptada por el ganado, es de fácil transportación y su costo es bajo en relación con los granos.

Cuadro 11. Composición química de la melaza.

Componente	Porcentaje
Humedad	22.4
Proteína cruda	3.4
Grasa cruda	0.9
Fibra cruda	0.2
Material mineral	11.1
Azúcares	62.0

Fuente: Reyes y Loaiza (1987).

La melaza tiene un sabor dulce, parecido al regaliz pero con un toque amargo. A su vez, tiene un alto contenido nutrimental de hidratos de carbono, así como vitaminas del grupo B, minerales, y un bajo contenido de agua.

2.16.1 Utilización

Puede ser utilizada como aglutinante de la dieta, reduciendo el polvo y aumentando la palatabilidad o proporcionada en mayor cantidad sirve como una de las fuentes principales de energía.

2.16.2 Problemas en el uso de la melaza

Se le atribuye al uso de la melaza en animales la presentación de un síndrome conocido como borrachera de miel, asociándose con un estado de deficiencia de vitamina B1. Además, si se utiliza la combinación de pollinaza y melaza en altos niveles (compuestos con alto niveles de cenizas) puede disminuir el consumo voluntario, por acumulación de materia mineral en el rumen. También puede provocar endurecimiento y compactación en dietas almacenadas por varios días. Para evitar efectos negativos no se recomienda utilizarla en cantidades excesivas y adicionarla súbitamente en dietas para rumiantes. Además hay que asegurar la ingestión del forraje y demás componentes de la ración en forma simultánea, lo que repercute directamente en la naturaleza de la fermentación, para evitar problemas.

2.16.3 Consideraciones

Hay varios factores a tomar en cuenta en la utilización de melaza:

1. Precio de la melaza, comparado con el de otras fuentes de energía (granos)
2. Facilidad de adquisición
3. Contar con un mezclado mecanizado adecuado

2.16.4 Porcentaje de melaza en la dieta

Cuando se emplea como aglutinante de la dieta se recomienda adicionarla en 5-10 %. Aunque se ha experimentado con inclusiones de melaza que rebasan el 50% de la ración, los resultados al uso de niveles elevados, confirman que el nivel más adecuado es cercano a 20%, resultando en mayores ganancias de peso y mejores conversiones alimenticias. Sin embargo, es posible incluirlo hasta en un 30%, siempre y cuando se contemple un aumento de la proteína de la dieta.

2.16.5 Factores importantes

Es importante considerar que un sistema de engorda basado en altos niveles de melaza en la dieta, los demás componentes de la misma deben guardar una relación directa, para asegurar una adecuada producción:

1. Mantener siempre una fuente de forraje, que asegure la rumia
2. Contempla una fuente de nitrógeno no proteico (en forma de urea o pollinaza) para sincronizar la rápida fermentación ruminal de los ingredientes
3. Incluir una fuente de proteína verdadera de sobrepeso ruminal, (harina de pescado, pasta de soya) que complemente la proteína generada a nivel ruminal (Reyes y Loaiza, s.f).

2.17 Enzimas Polisacaridasas

Las enzimas digestivas, presentan especificidad de sustrato y son sensibles a la temperatura, pH y ciertos iones. En correspondencia con los tres principales tipos de alimentos hay tres grandes grupos de enzimas digestivas: Proteasas, Carbohidrasas y lipasas. Las enzimas Carbohidrasas pueden dividirse en dos categorías, las polisacaridasas y las glucosidasas. Las polisacaridasas hidrolizan los enlaces glucosídicos de los carbohidratos de cadena larga, como la celulosa, el glucógeno y el almidón. Las polisacaridasas más comunes son las amilasas que hidrolizan todo excepto los enlaces glicosídicos terminales de dentro del almidón y del glucógeno, produciendo disacáridos y oligosacáridos. Las glucosidasas, que están en el glicocálix unidas a la superficie de las células absortivas, actúan sobre los disacáridos como sacarosa, fructosa, maltosa y lactosa, hidrolizando los enlaces glucosídicos remanentes alfa-1,6 y alfa-1,4, con lo que libera los monosacáridos constituyentes para poder ser absorbidos. Las amilasas se regresan en vertebrados por las glándulas salivales y el páncreas, y en la mayor parte de invertebrados por las glándulas salivales y el epitelio intestinal. La celulasa la producen microorganismos simbiotes del tubo digestivo de animales, que por sí mismas son incapaces de producir la enzima que se precisa para la digestión de la celulosa, esta

molécula consta de unidades de glucosa polimerizadas por enlaces beta-1,4 (Eckert,1989).

2.18 Investigaciones realizadas con nopal, maguey y cabras lecheras.

Fuentes (2013), menciona que la utilización de nopal y agave como forraje en zonas áridas y semi áridas en épocas críticas del año hacen de estas plantas un alimento muy preponderante y alterno principalmente para los pequeños productores, para ganado bovino, caprino, ovino, equino, asnal y fauna silvestre, debido a sus características.

Estudios realizados por Murillo et al., (1994) y Torres (1993), indican que la digestibilidad in-vitro de la proteína del nopal se incrementó de 27.73% en el tratamiento control a 61.62%, 93.93 y 76.83% con los tratamientos con levadura, levadura + sulfato de amonio y levadura + urea, respectivamente.

Aguilar (2010), obtuvo ganancias de peso de 260 y 232 g/día en ovinos alimentados con nopal deshidratado y fresco, al no existir diferencias estadísticas en ganancia diaria de peso entre tratamientos en la investigación de alimentación de corderos con nopal deshidratado, sugiere que al incluir nopal a un nivel de 17% de MS en la dieta de corderos en finalización, representa beneficios al productor, ya que incluso se obtienen mayores ganancias de peso a los observados por Ben Salem et al., (2004), Tien y Beynen (2005) y Degu et al., (2009), quienes reportaron ganancias promedio de 138, 53.7, y 100 g/día para ovinos con dietas a base de nopal.

La Revista Salud Publica y Nutrición (RESPYN, 2011), hace una recopilación de diversas contribuciones sobre el impacto en la calidad de la carne de animales suplementados con nopal, en la cual verifican gracias a la información arrojada por diversos autores como es que la inclusión de nopal en la dieta de pequeños rumiantes influyen de manera positiva en el perfil de ácidos grasos de la carne, haciéndola más idónea para su consumo por su mayor grado de inocuidad.

Se necesitan de investigaciones que analicen el impacto de la calidad de la carne de animales alimentados con manilla de maguey para hacer una comparación de este factor, en lo que se refiere a ganancia de peso las dietas suplementadas con manilla de maguey en la presente investigación influyeron a una ganancia de peso más alta a comparación de las dietas suplementadas con nopal.

En investigaciones realizadas por Jahn y Cofre, (2001) argumentan que para obtener producciones rentables, es importante que la cabra lechera tenga, en lo posible, acceso permanente a forrajes de buena calidad. Éstos pueden ser en forma de pastoreo directo en la época de crecimiento de las praderas, y heno o ensilaje en los períodos de escasez. La suplementación con concentrados debe realizarse cuando el forraje tenga la calidad adecuada para cumplir con los requerimientos de los animales.

Wilkinson y Stark, (1989) y Jarrige, (1988), mencionan que la selectividad y densidad también afectan el consumo de las cabras pastoreando en praderas naturales, con presencia de especies de diferentes alturas, tienen mayor capacidad de selección que ovinos y vacunos. Los consumos en cabras bajo distintas condiciones. En cabras en lactancia, el consumo aumenta a medida que se incrementan los días en lactancia. Así, para un peso de 60 kg es de 1.40 y 1.85 kg MS para la primera y cuarta semana de lactancia respectivamente, para una producción de 2 L/día. A medida que aumenta la producción de leche el consumo se incrementa; es así que en cabras de 60 kg, en la cuarta semana de lactancia el consumo es de 1.56; 2.14 y 2.72 kg MS para producciones de 1, 3 y 5 litros, respectivamente

MATERIALES Y MÉTODOS

3. 1 Localización y clima

La presente investigación se realizó en las Instalaciones ovinas y caprinas de la UAAAN, la cual está ubicada en el Municipio de Saltillo, Estado de Coahuila; entre el paralelo 25° 20' 50.82" Latitud Norte y 101° 01' 49.97" longitud Oeste. Su altitud es de 1, 800 metros sobre el nivel del mar. Con un clima templado con pocas lluvias en invierno y verano. Saltillo tiene una temperatura promedio de 17 grados Celsius, y en invierno pueden encontrar temperaturas menores a los 0 grados Celsius. En verano pueden ocurrir temperaturas mayores a los 32° Celsius (García, 1987).



Figura 19. Ubicación de instalaciones donde se realizó el trabajo de investigación “UAAAN”

Fuente: <http://maps.google.com/?hl=es&q=saltillo>

3. 2 Población animal

Las unidades animales fueron proporcionadas por un productor, el número de animales utilizados fue de 25 cabras lactantes, entre la segunda y tercera lactancia. Las cabras se encontraban con un periodo de lactancia de alrededor de 200 a 220 días de producción, con las cuales se formaron cinco grupos de cinco animales por tratamiento. Tenían una condición corporal entre 1.5 a 2.8, pero la mayoría de ellas traían una condición corporal de 2 en la escala de 1 a 5 de Russel et al., (1969). Las razas de las cabras fueron Saanen, Alpina Francesa, Toggenburg y Granadina.

3.3 Preparación de insumos de las dietas

3.3.1 Pastoreo

El pastoreo para el T1 fue de 8 horas por día siendo este el testigo y los tratamientos TII, TIII, TIV y TV fueron de 4 horas por día siendo estos los suplementados, aprovechando así los pastos y matorrales nativos de la región y así complementar la alimentación de las cabras lo que reduce los costos de alimentación de cada animal.



Figura 20. Pastoreo del rebaño

3.3.2 Nopal

El nopal (*Opuntia* spp) se obtuvo de la flora existente dentro de las instalaciones de la UAAAN y de sus alrededores. El cual se sometió al siguiente procedimiento:

Eliminación de espinas

La presencia de espinas implica una limitante para el consumo del nopal, por lo que se recurrió al chamuscado para su eliminación.



Figura 21. Chamuscado del Nopal

3.3.3 Picado

Se procedió al cortado en trozos de las pencas de nopal, con un tamaño aproximado de 3 x 5 cm. Esta operación se realizó manualmente, con la finalidad de facilitar su ingesta.



Figura 22. Picado del nopal

Debido al bajo contenido de proteína, su suministro es en conjunto con otros insumos que complementan esas deficiencias en este caso la alfalfa, aunque resalta su alto contenido energético.

3.3.4 Alfalfa, melaza, urea, concentrado

Se adquirieron a una forrajera, con los recursos facilitados para la presente investigación para complementar las dietas



Figura 23. Alfalfa

3.3.5 Manilla de maguey

Se obtenía de las instalaciones de las UAAAN, la cual se recolectaba cortándose con una oz fijada a una garrocha en el extremo superior.



Figura 24. Manilla de maguey

3.3.6 Enzimas Polisacaridasas

Fueron elaboradas por personal de los laboratorios del Departamento de Producción Animal, quienes las facilitaron para la presente investigación.



**Figura 25. Suministro de enzimas a los
Tratamientos IV y V**

3.4 Manejo Alimenticio

Las cabras se mantuvieron en un sistema semi-estabulado durante 60 días. Se alimentaron de manera individual con una dieta elaborada tratando de cubrir el 50 % de los requerimientos del animal (cuadro 12) y posteriormente se pastoreaban por 4 horas de 12:00 pm a 4:00 pm.



Figura 26. Alimentación de las cabras

Los tratamientos experimentales fueron los siguientes (Cuadro 12):

- **TI: Pastoreo por 8 horas**
- **TII: Pastoreo + Nopal + Urea + Melaza + Alimento Lechero + Alfalfa.**
- **TIII: Pastoreo + Manilla de Maguey + Urea + Melaza + Alimento Lechero + Alfalfa.**
- **TIV: Pastoreo + Nopal + Enzimas + Melaza + Alimento Lechero + Alfalfa.**
- **TV: Pastoreo + Manilla de Maguey + Enzimas + Melaza + Alimento Lechero + Alfalfa.**

En el cuadro 12 se muestra las cantidades y las proporciones en las que se subministro la alimentación de las cabras.

Cuadro 12. Dietas de los tratamientos

Alimentos	Tratamiento I (testigo)		Tratamiento II		Tratamiento III		Tratamiento IV		Tratamiento V	
	Cantidad (g)	%	Cantidad (g)	%	Cantidad (g)	%	Cantidad (g)	%	Cantidad (g)	%
Nopal	0	0	0.396	20	0	0	0.442	20	0	0
Manilla	0	0	0	0	0.402	20	0	0	0.386	20
Enzimas	0	0	0	0	0	0	0.022	1	0.019	1
Urea	0	0	0.010	0.5	0.010	0.5	0	0	0	0
Melaza	0	0	0.040	2	0.040	2	0.044	2	0.039	2
Concentrado	0	0	0.445	22.5	0.453	22.5	0.486	22	0.424	22
Alfalfa	0	0	0.099	5	0.101	5	0.110	5	0.096	5
Total	0	0	1.978	50	2.012	50	2.209	50	1.928	50

Fuente. Elaboración propia base a datos de las tablas de NRC.

Los tratamientos II y III tenían como ingrediente adicional urea a diferencia de los tratamientos IV y V, que contenían enzimas, con el objetivo de analizar el impacto que tenía cada uno de estos ingredientes en la digestibilidad de cada animal.

Cada una de las dietas fue suministrada individualmente en cubetas, las cuales estaban marcadas con un número al igual que cada una de las cabras para su identificación y llevar un control de su alimentación, con la finalidad de facilitar el registro de alimento rechazado por cabra.

Al realizarse el pesaje del nopal y la manilla de maguey se esparcían en la superficie de un costal, para aplicar las enzimas con una jeringa dejando reposar 30 minutos, después se procedía al pesaje de los demás ingredientes para su mezcla, para finalmente a suministrarse a cada animal.

Al final de la alimentación se pesó el alimento rechazado para conocer el consumo diario de alimento. Las cabras se pesaron cada 15 días individualmente.

3.5 Manejo de la ordeña

La ordeña se realizó de forma manual todos los días por la mañana y a los 15 días después de comenzar a dar la dieta se midió la producción individual y por tratamiento durante los 60 días del trabajo de investigación.

3.6 Manejo de la pesada

Se pesaron a los animales con el fin de determinar la ganancia de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento y eficiencia alimentaria en cada una de las cabras y por tratamiento.

Al inicio del suministro de las dietas fueron previamente pesadas las cabras, para ser pesadas posteriormente cada quince días, obteniendo un total de 5 pesajes.

Para el día que correspondía el pesaje de los animales primero se realizaba esta actividad, con el fin de no alterar su peso después eran alimentadas.

A continuación, se presentan las fórmulas que se utilizaron para el cálculo de las variables:

$$\Delta \text{ CONSUMO DE ALIMENTO} = \text{Alimento ofrecido} - \text{Alimento rechazado.}$$

La ganancia de peso se obtuvo de la diferencia de pesos en cada tratamiento.

$$\Delta \text{ CAMBIO EN PESO} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial.}$$

La Conversión Alimenticia se calculó sobre la base de consumo de alimento y la Ganancia de Peso del animal.

3. 7 Análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó para evaluar el comportamiento productivo de las cabras, ganancia en peso y consumo de alimento, fue un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento.

Las comparaciones de medias se realizaron por el método de Tukey con ($P>0.05$) y el método estadístico utilizado fue de Steel y Torrie (1985) fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \sum_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = La variable aleatoria del i- esimo tratamiento con la j-esima repetición.

μ = Media general o efecto general que es común en cada unidad experimental.

σ_i = Efecto del i-esimo tratamiento.

\sum_{ij} = Error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Bromatológico

La determinación del análisis bromatológico de cada uno de los ingredientes utilizados en la alimentación de las cabras, fueron realizadas de acuerdo a las técnicas propuestas por la A.O.A.C. (1980), donde se obtuvo el contenido de Materia Seca, Proteína Cruda, Fibra Cruda, Cenizas, Extracto Etéreo, Extracto Libre de Nitrógeno.

Los resultados del análisis bromatológico de las inflorescencias de maguey, se muestran en el cuadro 13 encontrando los siguientes valores:

- ✓ Materia seca 18.56%, Proteína cruda 5.87%, Extracto etéreo 2.86%, Cenizas 5.57%, Fibra cruda 2.72%, FDA 3.15%, FDN 6.61%.

En relación a los resultados encontrados por Carrasco (2013) y Espino (1984), reportan un 18% de materia seca al analizar la calidad forrajera. Por otro lado Martínez (1994), reporta los siguientes valores: materia seca 11.12%, proteína cruda 4.96 %, extracto etéreo 1.64%, fibra cruda 18.89% y cenizas 16.89%.

En las investigaciones de Carrasco y De la Rosa (2013) hay valores distintos, tal vez esta variación se deba a las épocas del año, climas de las áreas donde se desarrollan, tipos de suelo donde crecen y la parte de la planta investigada, ya que los valores reportados en esta investigación pueden ser influidos por todos estos factores y condiciones.

Los resultados del análisis bromatológico del nopal *Opuntia* spp., se presentan en el cuadro 13, encontrando los siguientes valores para los diferentes componentes:

- ✓ Materia Seca 14.10%, Proteína Cruda 5.47%, Extracto Etéreo 2.17%, Cenizas 26.54%, Fibra Detergente Acido 13.10%, y (Fibra Detergente Neutro 10.41%.

Cuadro 13. Análisis bromatológico del Nopal (*Opuntia spp.*) y Manilla de Maguey (*Agave salmiana*).

NUTRIENTE	Nopal^a (%)	Maguey^b (%)
Materia seca	14.10	18.56
Materia orgánica	73.46	87.20
Proteína	5.47	5.87
Extracto Etéreo	2.17	2.86
Fibra Cruda	13.10	2.72
Cenizas	26.54	5.57
Extracto Libre de Nitrógeno	52.41	82.75
Fibra Detergente Acido	13.10	3.15
Fibra Detergente Neutro	10.41	6.61

Fuente: ^aDe la Rosa, (2013), ^bCarrasco, (2013)

En relación a los resultados obtenidos por De la Rosa (2013) y Goper (2001), coinciden en sus resultados obtenidos. Sin embargo, Espinosa (2011) y Montes (2003) indican que no encontraron diferencia significativa en ningún componente del análisis bromatológico de la *Opuntia*. Estas diferencias pudieran ser debido a la época del año, edad de la penca, características de suelo donde crece la planta.

De acuerdo con el estudio realizado por Rivera (2012) el ensilaje de nopal tiene en promedio 11.36% de MS, un 6.93% de PC y un 24.37% de FC esto son los nutrientes que puede aportar para una dieta el ensilaje de nopal. Haciendo una comparación con el ensilaje de maíz este tiene en promedio 33% de MS, un 8.1% de PC y un 21.7% de FC de acuerdo a las tablas del NRC (1985). Son mayores los nutrientes que aporta el ensilaje de maíz pero de mayor costo que el del nopal para los productores en zonas rurales.

De Kock (1980) señaló que el requerimiento energético para la supervivencia de una oveja de 35 kg es de aproximadamente 350 g de TDN por día, y para satisfacer

sus necesidades requiere ingerir 538 gr. de nopal seco. Lo cual significa que el animal necesita consumir 5 a 6 kg de nopal fresco diariamente.

Los resultados de los análisis bromatológicos obtenidos por Carrasco y De la Rosa (2013), indican que la inflorescencia de maguey contiene mayor cantidad de Materia Seca (18.56%) en comparación con el nopal que contiene un porcentaje de Materia Seca de 14.10% y en relación al contenido de proteína la inflorescencia del maguey (5.87%) y el nopal (5.47%) contienen un porcentaje muy similar, en estas investigaciones hay muchos factores que pudieron intervenir como: época del año, clima, región, precipitación pluvial, suelo, etc., por mencionar algunos de ellos que intervienen en el crecimiento y desarrollo de estas dos especies los resultados que se obtengan variaran debido a estos factores.

Producción de Leche

En la Figura 27 se muestra la producción de leche de las cabras asignadas a los diversos tratamientos, en la que se aprecia una producción de leche diaria de 1.24, 1.87, 2.06, 1.90 y 2.01 kg, para los TI, TII, TIII, TIV y TV, respectivamente, observándose que la producción de leche de las cabras en el TIII (2.06) y TV (2.01) obtuvieron los mejores resultados ($P > 0.05$) en relación a los otros tres tratamientos. En el TV se observó que las enzimas tuvieron un leve efecto de incremento en la producción de la leche, ya que el TIII contenía urea y fue el de mayor producción el cual tuvo un leve incremento sobre el TV. En los TII (1.87) y TIV (1.90) no fueron diferentes entre ellos, pero fueron mejores que el testigo que produjo 1.24 kg de leche por día ($P > 0.05$).

Menores niveles de producción de leche fueron reportados por Mahouachi *et al.*, (2012), quienes obtuvieron 0.415 kg de leche al utilizar *Opuntia ficus indica* a libre acceso en cabras en lactancia. También Costa, (2009) encontraron niveles de producción de leche entre 1.50 y 1.63 kg de leche por día cuando incluyeron 0 y 28% de nopal en la dieta de cabras lecheras.

Por otro lado, Lima y Oliveira (2014), reportan producciones de leche entre 2.57 y 2.69 kg de leche al suministrar alrededor de 50% de la ración como Opuntia o Nopalea al evaluar el desempeño de cabras lactantes.

Así mismo La Facultad de Agronomía, UANL (2008) realizó una investigación del uso de nopal nativo y cultivado en la alimentación de cabras lecheras, los grupos de cabras fueron alimentadas con las tres dietas durante 3 períodos de 21 días cada uno y no encontraron diferencias entre tratamientos y la producción del grupo se mantuvo durante los tres meses, aunque solo fue de aproximadamente 1 lts/día por cabra.

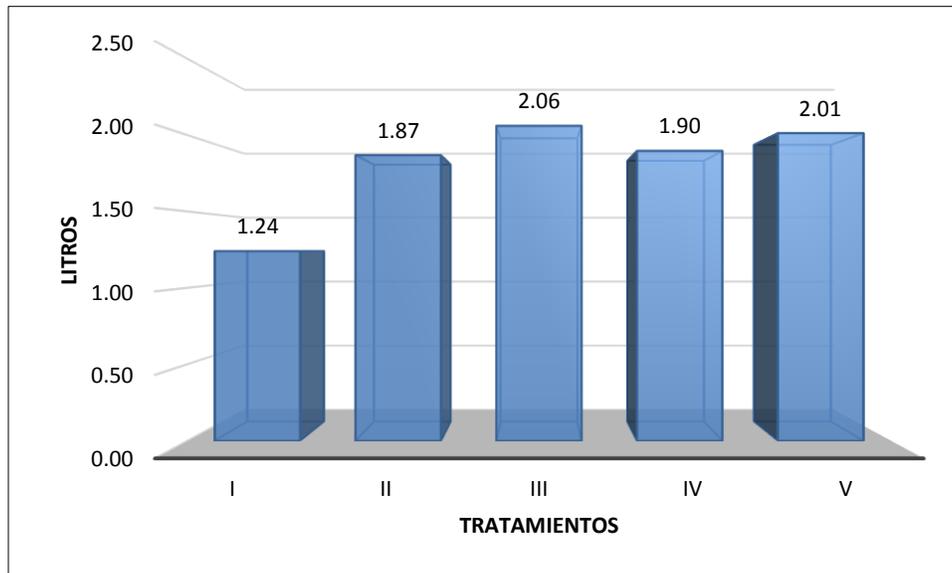


Figura 27. Producción de leche por día

Fuente: Elaboración propia base a los datos obtenidos

En un estudio realizado por Fuentes (1991) con ganado lechero, con un promedio de consumo diario de 25.7 kg de nopal. Suplementados además con rastrojo de maíz, alfalfa, sorgo, pasto, o maguey. Los niveles de producción de leche variaban de 14 a 18 kg por vaca por día con un promedio de 15.4 kg. Bajo estas condiciones el nopal aportó el 4.5% de la energía neto para lactancia, 12.2% de la proteína, 46% de la fibra cruda, +100% del Ca y 15% del recomendado por la NRC (1972), para cumplir con los requerimientos de ganado lechero.

Existen diversas investigaciones sobre dietas suplementadas con nopal, una de ellas es la realizada por Moreno (2012), el cual analizo el efecto del nopal (*Opuntia-ficus-indica*) en la dieta de ganado lechero sobre la producción y calidad de leche, la cual arroja que las dietas de bovinos complementadas con nopal, incremento su producción láctea en época de estiaje, en relación a la calidad físico-química de leche cruda señala que los porcentajes de proteína, grasa y sólidos no grasos, de la leche cruda se encontraron dentro de lo establecido, sin cambios significativos.

Es conveniente resaltar que los tratamientos que incluían manilla obtuvieron los mejores niveles de producción de leche, lo cual probablemente sea reflejo de la cantidad de carbohidratos y fibra que contienen tanto el nopal como el maguey. Los resultados encontrados parecen indicar que la inclusión de urea y enzima no tuvieron efecto en la producción de leche dado que las diferencias entre los tratamientos que incluían estos compuestos no fueron significativas ($P>0.05$).

Para dimensionar los cambios en la producción de leche en la Figura 28 se hace una comparación de la producción de leche al inicio y final de la implementación de los tratamientos, reflejando que en todos los tratamientos hubo un incremento de producción de leche de 0.884 ml, siendo los tratamientos III y V los de mayor productividad, sin dejar de lado al II y IV que de igual manera reflejaron incrementos en comparación al inicio. De los tratamientos sobresale el tratamiento III con mayor productividad con una ganancia de 1.06 lts en comparación a los demás tratamientos.

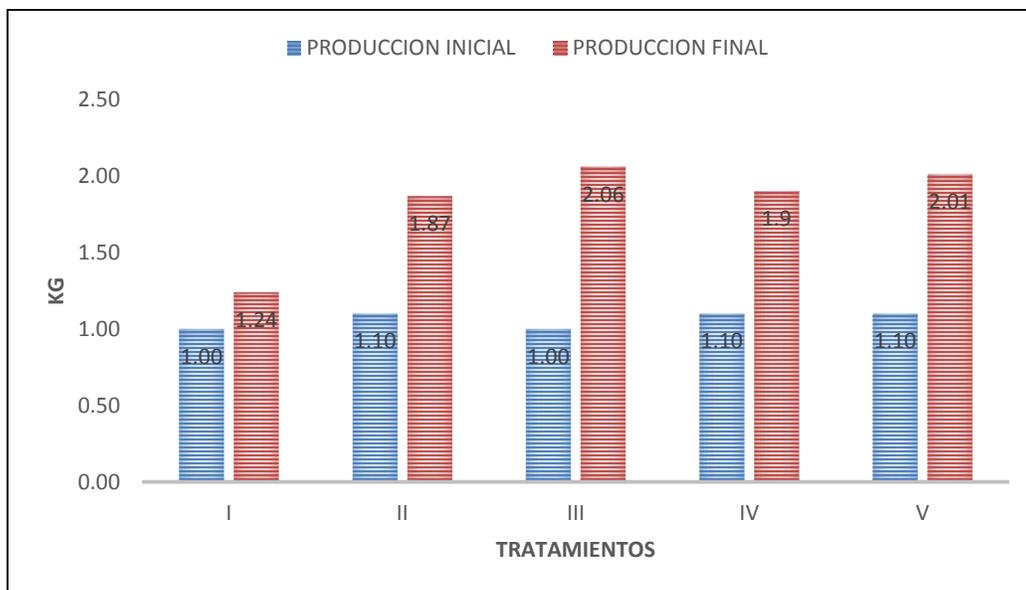


Figura. 28 Comparación de producción de leche

Fuente: Elaboración propia base a los datos obtenidos

Cambio en Peso

En esta investigación, los resultados encontrados en relación al cambio en peso Figura 29 durante el período experimental fueron de 0.80, 2.52, 4.78, 3.12 y 4.04 kg para los tratamientos I, II, III, IV y V respectivamente (Cuadro 14), encontrando que los tratamientos III y V fueron superiores ($P > 0.05$) a los encontrados para los tratamientos II y IV, en los que no se encontraron diferencias entre ellos ($P < 0.05$), pero si se observó diferencia entre los caprinos suplementados y los que solo pastorearon (TI).

Los tratamientos III y V son los que reflejan un mayor cambio de peso, los cuales contenían como ingrediente principal la manilla de maguey, es posible que esto se deba al valor nutricional de este ingrediente, especialmente en el contenido de carbohidratos como lo muestra el Cuadro 13 y en cuanto a las enzimas no se notó un cambio notable en el TV a comparación del TIII.

Haciendo una correlación del aumento de peso (0.80, 2.52, 4.78, 3.12, 4.04) y consumo de alimento que fue de ND, 0.89, 0.91, 1.00, 0.86, se tiene que, aunque los tratamientos II y IV reflejaron un mayor consumo de alimento su ganancia de

peso fue menor en comparación a los tratamientos III y V que a pesar de tener un consumo menor reflejaron un aumento de peso considerable en comparación con los otros tratamientos. Estos resultados son muy aceptables ya que lo que buscan los productores son mayores ganancias económicas y de producción.

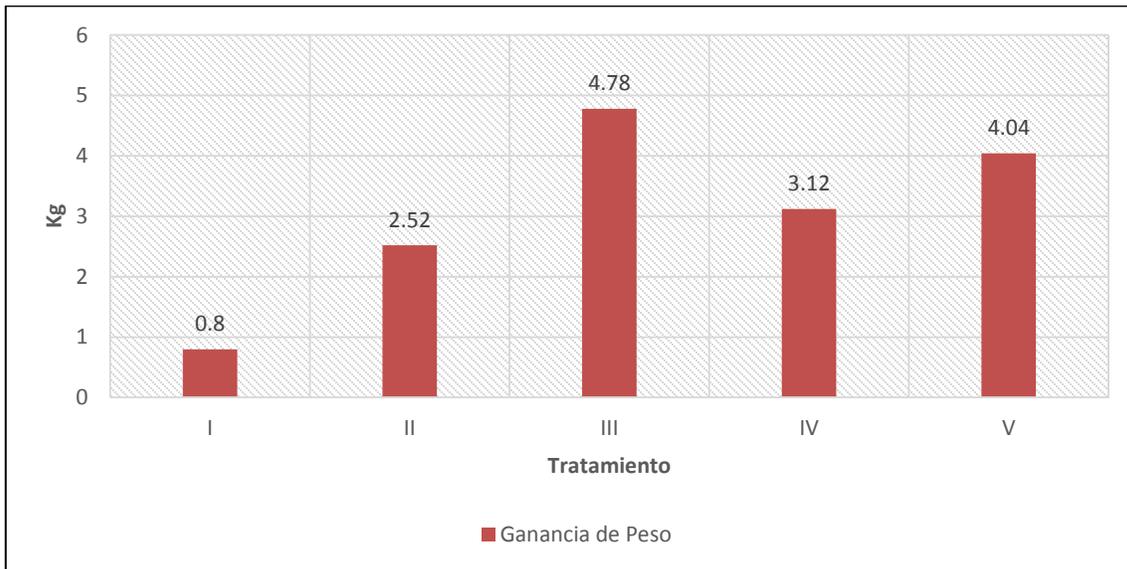


Figura 29 Cambio en Peso

Fuente: Elaboración propia base a los datos obtenidos

En otra investigación Griffiths (1905), reportó los primeros resultados, señalando la importancia de nopal como fuente de alimento para animales domésticos. Estos hallazgos, fueron obtenidos al alimentar bovinos para carne, los estudios se basaron en estudios de 15 semanas: La harina de maíz + nopal es mejor que el grano de maíz+ mezcla de nopal. El consumo promedio por animal fue de 48 kg/día. La ganancia de peso diaria fue de 0.85 kg, y se requirieron 55 kg de nopal combinados con 2.5 kg de harina de maíz para producir 1 kg de carne.

Usando un modelo de regresión lineal, Flores (1977) predijo un incremento de 2 a 3 veces en peso corporal de ovejas alimentadas con Opuntia y suplementadas con heno de alfalfa, remolacha, y maíz ensilado para ovejas de 32 kilos de peso. (López et al., 2003).

Cuadro 14. Resultados de parámetros productivos de caprinos alimentados con Nopal y Manilla de Maguey

TRATAMIENTOS					
	I	II	III	IV	V
Peso Inicial (kg)	34.3 ^c	44.28 ^b	42.82 ^a	49.00 ^c	41.52 ^a
Peso Final (kg)	35.1 ^c	46.80 ^a	47.60 ^b	52.12 ^c	45.56 ^a
Cambio en peso (kg)	0.08 ^c	2.52 ^c	4.78 ^a	3.12 ^b	4.04 ^a
Producción de leche/día (kg)	1.24	1.87 ^b	2.06 ^a	1.90 ^b	2.01 ^a
Consumo de Alimento/día (kg)	ND	0.89 ^{ab}	0.91 ^b	1.00 ^c	0.86 ^a
Consumo de Alimento total	ND	53.31 ^{ab}	54.55 ^b	60.25 ^c	51.52 ^a

Fuente: Elaboración propia base a los datos obtenidos en la investigación.

^{abc} Letras diferentes en hileras indican diferencia ($P < 0.05$)

ND=No disponible

En investigaciones similares Aguilar M. (2010), Salem (2004), Tien y Beynen (2005) y Degu et al., (2009), quienes reportaron ganancias promedio de 138.0, 53.7, y 100.0 g/día para ovinos en finalización con dietas a base de nopal deshidratado y fresco. Haciendo una comparación de resultados entre estas investigaciones y los resultados encontrados en esta investigación son bajos obteniendo diariamente 0.079 g/día, dado que esta investigación estuvo enfocada a la producción de leche, teniendo distintos propósitos ambas investigaciones.

Consumo de Alimento

La Figura 30 muestra el alimento consumido de los 5 tratamientos, en los que fue posible medirlo, dado que el T1 era solo de pastoreo. El TIV presento mayores consumos de alimento probablemente debido a un mayor peso corporal de las cabras en este tratamiento y además tuvo mayor aceptación en las cabras, pero de

menor impacto en la ganancia de peso y producción de leche. Siendo el TIII el segundo en mayor aceptación y de resultados sobresalientes en la producción de leche y ganancia de peso. Teniendo un consumo de alimento de .909 kg/día de la dieta suministrada a dicho tratamiento sin olvidar que terminaba por cubrir con sus requerimientos con el pastoreo lo cual se vio reflejado en la producción de leche del TIII con una producción de 2.060 lts/día siendo el mejor de los tratamientos.

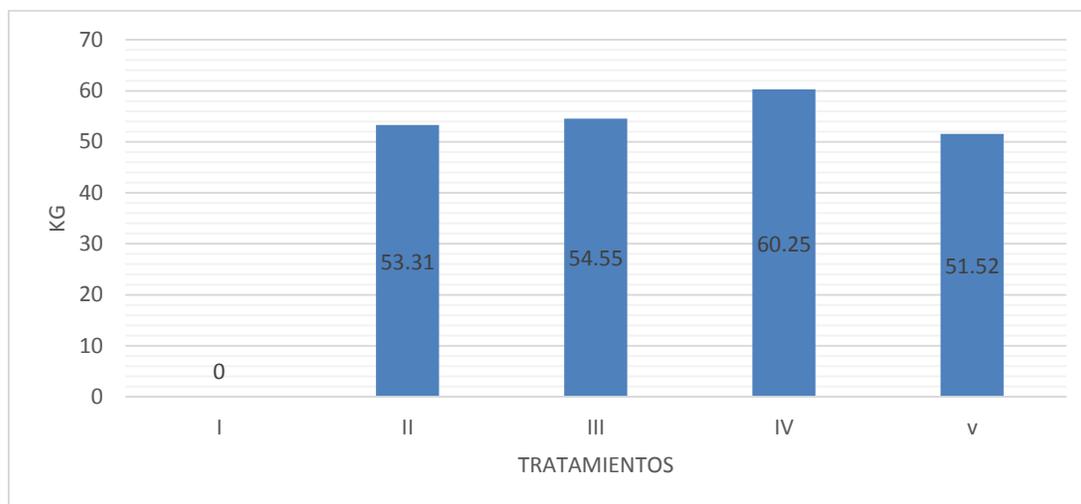


Figura 30 Consumo de alimento

Fuente: Elaboración propia base a los datos obtenidos

Los tratamientos III y V son los que reflejan los resultados más favorables y haciendo una observación en estos tratamientos es que ambos contenían como ingrediente principal la manilla de maguey, y retomando el análisis bromatológico de Carrasco y De la Rosa, (2013) indicando que la manilla de maguey contiene 82.75% de Extracto Libre de Nitrógeno en el caso del TV que contenía las enzimas polisacaridasas las cuales se encargan de la degradación de los carbohidratos asumiendo que este factor fue el que redujo el consumo de alimento y siendo el más bajo de los 4 suplementados con un consumo de 51.52 kg lo que se le atribuye a las enzimas como un factor favorable.

Las investigaciones de Jahn y Cofre (2001), indican que el consumo de alimentos es fundamental para formular una ración en forma adecuada y que el consumo de MS depende de una gran cantidad de factores, entre los cuales están el peso vivo,

la producción de leche, el estado de lactancia, el estado de gestación, la digestibilidad del forraje, el tipo de alimento, etc. Todo esto basándose de las investigaciones realizadas por Wilkinson y Stark, (1989) y Jarrige, (1988). Ellos argumentan que los consumos en cabras se basan bajo distintas condiciones como lo son:

- Lactancia: el consumo aumenta a medida que se incrementan los días en lactancia. Así, para un peso de 60 kg es de 1.40 y 1.85 kg/MS para la primera y cuarta semana de lactancia respectivamente, para una producción de 2 L/día.
- Producción de leche: el consumo se incrementa; es así que en cabras de 60 kg, en la cuarta semana de lactancia el consumo es de 1.56; 2.14 y 2.72 kg/MS para producciones de 1, 3 y 5 litros, respectivamente.

En base a las investigaciones ya mencionadas realizadas Wilkinson y Stark, (1989) y Jarrige, (1988), y a los datos obtenidos en las mismas, haciendo una comparación de sus resultados y los obtenidos en la presente investigación el tratamiento III obtuvo resultados similares a los mencionado por Wilkinson, Stark (1989), y Jarrige (1988), y así comparando que las alternativas de alimentación de cabras en zonas áridas también son óptimas para tener resultados en distintas variables y así tener un mejor ingreso para los productores.

CONCLUSIONES

La caprinocultura es una de las principales actividades económicas de los productores rurales del municipio de Saltillo, Coahuila, principalmente para la producción de leche y carne. Aunque la cabra no es un rumiante tan demandante en comparación con otras especies en su manutención, debe consumir las cantidades necesarias de materia seca, energía, proteína, minerales y vitaminas para cumplir con sus requerimientos nutricionales.

Considerando las características agroecológicas de la región, la escasez de lluvia deriva en escasez de alimento (pastizales y arbustos) al predominar el sistema extensivo en la explotación de esta especie se convierte en una gran limitante por lo que se recurren a nuevas alternativas de alimentación como lo son la manilla de maguey y el nopal especies comunes en la región, optando por estas dos especies como ingrediente en la implementación de tratamientos para incrementar la producción de carne y leche, adicionados con urea, enzimas, alfalfa, melaza y alimento concentrado, clasificándose en los tratamientos I, II, III, IV y V.

La manilla de maguey fue mejor suplemento que la penca del nopal pues los tratamientos III y V suplementados con esta, arrojaron resultados más favorables en cuanto a cambio en peso, producción de leche y eficiencia productiva, destacando el tratamiento III con resultados más favorables. La suplementación con manilla de maguey ayuda a que aumente el peso vivo y la producción de leche de cabras en pastoreo al final de lactancia.

El tratamiento V tiene resultados similares al III con un menor consumo de alimento, lo que implica que las enzimas cumplieron con su propósito de lograr una mayor digestibilidad de los alimentos suministrados en el tratamiento V, haciéndolo más viable en cuestión de costos, con el inconveniente del proceso de incorporación y disponibilidad de las enzimas para los productores rurales. De acuerdo a los datos obtenidos, la hipótesis planteada se comprueba en los tratamientos suplementados con manilla de maguey y nopal pues si se reflejó un incremento tanto en su producción láctea como en peso, lo que hace que sea recomendable el incorporar estas plantas de las zonas áridas y semiáridas en la suplementación de cabras lactando en pastoreo.

BIBLIOGRAFIA

- Algunas razas caprinas y sus características (s/f). Consultado en: http://www7.uc.cl/sw_educ/prodanim/mamif/siii14.htm. p 22-43
- Andrade, M. H. M. (2012). Suplementación y alimentos alternativos para caprinos en el semiárido. Consultado en: <http://www.cnsp.caprinos.org.mx/documentos/conferencias2011/SuplementacionEstrategicayAlternativas.pdf>. p 19-56
- Aranda, O.G y Flores, V. C.A. (2011). Calidad de la carne de animales suplementados con nopal. Revista Salud Publica y Nutrición (RSPYN), edición no 5. p 136-140
- Avalos, R. y Chávez, M. (Marzo 2008). Guía para el manejo de rebaños caprinos en Baja California Sur. Recuperado el 29 de julio del 2016, Consultado en: Del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1659/Guia%20para%20el%20manejo%20de%20rebanos%20caprinos%20en%20Baja%20California%20Sur.pdf?sequence=1> P 405-426
- Baena, A. (septiembre, 2005). Aprovechamiento del bagazo del maguey verde (agave salmiana) de la agroindustria del mezcal en San Luis Potosí para la producción d hongo ostra (pleurotus ostreatus). Tesis maestro en ciencias. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. p 18, 26,45.
- Basurto, F., Cortes, L. (2005). Agave salmiana otto ex salm. Grupo Etnobotánica Latinoamericano, Plantas Promisorias. Consultado en: www.ibiologia.unam.mx/gela/pp-1.html
- Bedolla, C. Bedolla, E. Castañeda, H. Walter, W. Castañeda, M. & Kloppert, B. Mastitis Caprina. (2012). Anatomía y fisiología de la glándula mamaria de la cabra. Recuperado el 2 de agosto del 2012, Consultado en: http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2012/9014/pdf/BedollaCedenoMastitis_Caprina2012.pdf p. 8-22
- Bedoya, O. Rosero, R & Posada, S. (2012) Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes. Consultado en:

- <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/124/1/7pdf.P2093-110>. p 88-100
- Brizuela H. (1981). Las razas caprinas de América. Recuperado el 01 de agosto del 2016. Consultado en: <http://www.capraproyecto.com/razas-caprinas-CABRALA-MANCHA.html> p 8-11
- Cervantes, M.C. (s. f). Los agaves (Agave spp.). Recuperada el 25 de agosto del 2016, Consultado en: http://fenix.cichcu.unam.mx/libroe_2006/0965822/08_c04.pdf. p 63-71
- Comisión Nacional de las Zonas Áridas, Instituto Nacional de Ecología, México. (s.f). Nopal tunero Opuntia Spp. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Recuperado el 7 d agosto del 2016, del sitio web: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/pdf>. p 70-86
- Corbett, G.B. y H. London, (1978). The mammals of the Palaearctic Region: a taxonomic review. British Mus. (Nat. Hist.). p 45,314
- Corradi, P. R., Eleicegui, J.A., Zorraquin G. T y Del Rio. *Agroalimentos Argentinos II*. Buenos Aires, Argentina, (2005). Parte 30. Consultado en: <http://www.fediap.com.ar/administracion/pdfs/Agroalimentos%20Argentinos%20II%20%20AACREA.pdf>. p 245-252
- Costa, R.G., Queiroga, R.C.R.E., R. A. G. Pereira. (2009). Influencia do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. Revista Brasileira de Zootecnia. p 38:307-321.
- De Gea G. (2006). Razas de cabras en producción en la Argentina. Prof. Prod. Ovina y Caprina, FAV UNRC. Consultado en: http://www.infogranjas.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=5359:razas-de-cabras-en-produccion-en-la-argentina&catid=369:capriinos&Itemid= p 275
- Ducoin, W. A. E. (2005). Zootecnia de caprinos. Consultado en: http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_%205_zootecniadecaprinos.pdf

- Eckert, P. (1989). Enzimas digestivas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Recuperado el 14 de septiembre de 2016, Consultado en: <http://es.slideshare.net/hflore2000/enzimas-digestivas-eckert>
- García E.J., Méndez S. D. J. (S.F). El género agave spp. en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica.VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional “Producción y Aprovechamiento del Nopal” RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición, Edición Especial No. 5-2010 p 109-126
- Guerrero, C.M.M. (2010). La caprinocultura en México, una estrategia de desarrollo. Proyecto PAPIME No. PE303509 Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM Consultado en: <http://www.cuautitlan.unam.mx/rudics/ejemplares/0101/pdf/art06.pdf> p 2-7
- Información sobre la cabra (s/f). Recuperado el 15 de julio de 2016, Consultado en: <http://www.infoanimales.com/informacion-sobre-la-cabra>
- Jiménez, G. G. (2012). Caprinocultura: rentabilidad y medio ambiente. *El siglo de Torreón*, p 22
- Fuentes R. J. M. (2013) Cactus as animal feed. 1ere journée du séminaire international de cactus (sinopaldz). Soukharas, Argelia.
- Lima, M.M. 2014. Desempenho de cabras em lactação alimentadas com variedades de palma forrageira resistente à cochonilha do carmim. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia. p 33-88
- Mahouachi, M., Atti, N., Hajji, H. (2012). Use of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f inermis) for dairy goats and growing kids: impacts on milk production, kid's growth, and meat quality. *The Scientific World Journal*. 321567
- Mena L.A. y C.H. Gall. (1979) Producción Caprina y Ovina. Primera parte caprina. I.T.E.S.M, Monterrey, N.L.
- Mondragón, J. C, Pérez, G. S., Arias, E., Reynolds, S.G. (2003). El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. FAO (Roma), Sánchez, M.D. Food & Agriculture Org. p 35-36

- Moreno, A. (2012). Efecto del nopal (opuntia-ficus-indica) en la dieta de ganado lechero sobre la producción y calidad de leche cruda en la región Ciénega de Chapala. Tesis maestro en ciencias. Instituto Politécnico Nacional. p. 22-44
- Oliveira, BD. (2014). Características físico-químicas e sensoriais do leite de cabras alimentadas com variedades de palma forrageira resistente a cochonilha do carmim. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, Areia. p 11-25
- Pérez, J.F, J. I. Del Real. (2007). Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de agave tequilana weber en la zona de denominación de origen del tequila. Recuperado el 4 de septiembre del 2016, Consultado en: http://www.inifapcirne.gob.mx/Revistas/Archivos/agave_final_baja%20resolucion.pdf p 11-36
- Razas Caprinas. (s/f). Recuperado el 5 de julio del 2016, de Agronuevo León Consultado en: http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/ESTUDIOS_E_INVESTIGACIONES/GANADERIA/manules%20caprino/manual2.PDF p 13-24
- Reyes, J.E, Loaiza, A. (s.f). Alimentación de bovinos en épocas d secas. Recuperado el 1 de septiembre del 2016, de Instituto d Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias, Consultado en: https://www.google.com.mx/?gfe_rd=cr&ei=KQoJWILrN83a8geEgIT4Ag#q=alimentaci%C3%B3n+de+bovinos+en+pocas+d+scas+loaiza+y+reyes p 7-33
- Rincón, R.M.; Meza-Herrera, C.A.; Aguilera, J.I.; Aréchiga, C.F.; Bañuelos, V.R.; Méndez de Lara, S.; (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. Tropical and Subtropical Agroecosystems, p 1-14.
- Ríos, J., Quintana, V. (2004). Manejo general del cultivo del nopal. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas México-Puebla-San Luis Potosí-Tabasco-Veracruz-Córdoba, del sitio web: http://www.elquiglobalenergy.com/espanol/datos/Manejo_general_cultivo_Nopal.pdf p 9-34

- Roca, A.I. (1994). Composición química de la leche de vaca, oveja y cabra para la elaboración de quesos. Centro de investigaciones agrarias de mabegondo. Consultado en: http://www.infocarne.com/documentos/composicion_leche_vaca_oveja_cabra_elaboracion_quesos.htm
- Rodríguez, G. (2002). Introducción del enraizamiento en *Agave salmiana* otto con *agrobacterium rhizogenes* y colonización de raíces transformadas por *glomus intraradices*. (Tesis Doctorado). Universidad de Colima. p 14-21
- Salvador, A. y Martínez, G. (2007). Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra: Revisión bibliográfica. Revista de la facultad de ciencias veterinarias. Universidad central de Venezuela, vol. 48 (no. 2), p 61-76.
- Sistemas de Producción (s/f). Manual de caprinos. Recuperado el 01 de agosto del 2016, Consultado en: http://agronuevoleon.gob.mx/oeidruss/estudios_e_investigaciones/ganaderia/manuales%20caprino/manual4.PDF p 37-40