

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

División de Ciencia Animal

Departamento de Producción Animal



**Estrategia de Suplementación de Cabras a base de nopal (*Opuntia spp*) o
maguey (*Agave spp*) en Zonas Áridas**

Por:

Andrés Junior Rodríguez Sánchez

Tesis

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
División de Ciencia Animal
Departamento de Producción Animal

**Estrategia de Suplementación de Cabras a base de nopal (*Opuntia spp*) o
maguey (*Agave spp*) en Zonas Áridas**

Tesis

Presentado por:

Andrés Junior Rodríguez Sánchez

**Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el Título de:
Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

Aprobado por:



Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez
Presidente



Dr. Fernando Ruiz Zarate
Sinodal



Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez
Sinodal



Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADEMICA

El suscrito **Andrés Junior Rodríguez Sánchez**, egresado de la carrera de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula 293953 y autor de la presente Tesis manifiesto que:

1. Reconozco que el Plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. 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.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
4. 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.
5. 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 

Andrés Junior Rodríguez Sánchez

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 la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** que es mi “Alma Terra Mater” por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios a nivel licenciatura.

Al **PhD. Jesús M. Fuentes Rodríguez** por depositar toda su confianza para poder realizar este trabajo, su asesoría para la realización de este proyecto.

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez por su paciencia, tiempo y dedicación para la realización de este trabajo.

Dr. Fernando Ruiz Zarate por haberme brindado su amistad, por su apoyo, sugerencias y asesoría.

Sr. Manuel Rangel Valenzuela, por su apoyo en la realización de este proyecto, además de sus conocimientos empíricos enseñados y sobre todo por su invaluable amistad.

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.

Ing. Rafael de la Rosa González, por el apoyo brindado y consejos para poder realizar esta tesis, así como en los diferentes trabajos realizados con un servidor

Familia **Sánchez Luna: Gabriel Sánchez, Sandra Luna y Samanta Sánchez,**
Gracias por todo el apoyo que me han brindado durante estos años

Doña **Dora Alicia Ramírez,** Gracias por su amistad brindada, y todas las comidas tan ricas que he disfrutado en el estanquillo los “Gemelos”

Compañeros de la Oficina **Edilberto Méndez, Jonathan Martínez, Estela Espinoza, Helena Olivares, Dalleney Pérez:** muchas convivencias, momentos de risa y por qué no de llanto, gracias por haberlos conocido y ser parte de mi aprendizaje, un gran saludo.

A **Leticia Castillo:** por el apoyo brindado durante años, infinitas gracias.

Compañeros de casa **Manuel Morales Luis Eduardo Martín, Rafael Aldana, Mario López** que en un tiempo comenzó a ser una familia más en la travesía de la vida en Saltillo.

A mis amigos, que tuve la oportunidad de conocer durante mi travesía universitaria y en Saltillo **Mercedes Santos, Vianney Castillo, Elia de la Rosa, Rosio Ramírez, Alberto García, Carlos García, Jonathan Vidal, Daniel Calvo, Omar Najera, Alejandro Cumplido** y a mis paisanos y amigos, **Rigoberto Taxis, Domingo Cosetl, Andrés Briones Guillermo García, Raymundo Cabrera, Ángel Sagaon.**

DEDICATORIA

A mis papás

Andrés Rodríguez Rodríguez: gracias por todo el apoyo que me brindo para poder culminar la licenciatura, gracias por enseñarme que es bonito salir adelante, pero es mucho mejor salir con tus seres queridos, este logro también es de usted

Teresa Sánchez Pérez (†), Aunque hayas partido de este mundo hace años, siempre estarás en mi corazón, un logro más en mi vida, un reto más cumplido, **TE QUIERO MAMÁ** y se de antemano que tengo un ángel que me ve y me cuida desde el cielo

A mis hermanos **María Doris y Leodan Leonardo** por todo su cariño, amor y amistad palabras de aliento y confianza brindada a lo largo de nuestras vidas, los **QUIERO MUCHO HERMANOS.**

Abuelitos: **Guadalupe Rodríguez y Andrés Rodríguez**, infinitas gracias por brindarme mucho apoyo después que falleció mi mamá, estaré eternamente agradecidos con ustedes, no tengo como describir su amor que me ofrecieron.

Tías: **Fidelia Rodríguez, Justina Rodríguez:** por su apoyo brindado, sus consejos, sus alientos de esperanza y enseñarme que no hay que rendirse y parte de este logro también se los debo, **MUCHAS GRACIAS TÍAS.**

Familia **Ramírez Ramírez: Ing. Rolando Ramírez, Conchita Ramírez y sus hijos Lupita, Cecy y Rolando**, gracias por todos los consejos y apoyo incondicional brindado a un servidor, son mi otra familia en Saltillo, no tengo como pagarles todo eso, **MUCHAS GRACIAS.**

TABLA DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	3
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 La caprinocultura	5
2.1.1 Sistemas de producción	6
2.1.2 Principales productos de origen caprino en México	7
2.1.2.1 Inventario Caprino en México.....	9
2.1.3 Producción pecuaria caprina en Coahuila.....	11
2.1.4 Principales razas explotadas en México	12
2.1.4.1 Alpina francesa	12
2.1.4.2 Saanen	14
2.1.4.3 Toggenburg	15
2.1.4.4 Boer	17
2.1.4.5 Nubia	18
2.2 Nopal	19
2.2.1 Origen del nopal.....	19
2.2.2 Distribución geográfica.....	21
2.2.2.1 Distribución a nivel mundial	21
2.2.2.2 Distribución en México.....	21

2.2.3 Clasificación Taxonómica.....	23
2.2.4 Manejo del Nopal para alimentación del ganado	24
2.2.5 Valor Nutricional del Nopal.....	25
2.3 Agave.....	26
2.3.1 Introducción.....	26
2.3.2 Ubicación taxonómica	28
2.3.3 Ecofisiología	28
2.3.4 Metabolismo ácido de crasuláceas	29
2.3.5 Plagas y enfermedades.....	30
2.3.6 Aprovechamiento y utilidad	31
2.3.7 Reproducción y cultivo del maguey pulquero	32
2.3.8 Condiciones climáticas y edáficas del cultivo del maguey	34
2.3.9 Otros productos del maguey	35
2.3.10 Insectos de importancia alimenticia que se encuentran asociados al maguey.	37
2.4 Proteína	37
2.5 Enzimas	38
2.5.1 Papel de celulasas y hemicelulasas en los alimentos para rumiantes	38
2.7 Melaza	39
2.7.1 Investigaciones realizadas con nopal, maguey y cabras.....	40
3. MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1 Localización del área de estudio.....	42
3.2 Materiales utilizados	43
3.3 Manejo de los animales y materiales utilizados	43
3.4 Tratamientos.....	44

3.5 Pastoreo	45
3.6 Recolección de nopal.....	45
3.7 Recolección de flor de maguey.....	47
3.8 Alfalfa, sorgo, melaza y urea	48
3.9 Enzimas Polisacaridasas	48
3.10: Análisis estadístico	49
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
5 CONCLUSIONES.....	55
6 BIBLIOGRAFÍA	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistemas de Producción.....	6
Figura 2: Comportamiento de la producción caprina de ganado en pie (\$).....	7
Figura 3: Comportamiento de la producción caprina de carne en canal (\$)	8
Figura 4: Comportamiento de la producción caprina de leche	9
Figura 5: Sistemas de Producción ganadera en México por condición climatológica	10
Figura 6: Inventario caprino en México 2006-2016	11
Figura 7: Hembra raza Alpina Francés.....	12
Figura 8: Hembra raza Saanen	14
Figura 9: Raza Toggemburg.....	15
Figura 10: Raza Boer	17
Figura 11: Hembra raza Nubia	18
Figura 12. Partes del Nopal.....	21
Figura 13: Distribución geográfica del nopal en México	23
Figura 14: Descripción de la estructura del maguey	33
Figura 15: Flor de Maguey	35
Figura 16: Hoja de mixiote.....	36
Figura 17: Ubicación de las instalaciones.	42
Figura 18: Alimentación individual de los caprinos.....	43
Figura 19: Pastoreo del rebaño	45
Figura 20: Recolección de nopal	46
Figura 21: Flor de maguey	47
Figura 22 Cambio en Peso en (kg).....	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Características de la raza Alpina francesa	13
Cuadro 2: Características de la raza Saanen.....	14
Cuadro 3: Características de la raza Alpina Toggenburg	16
Cuadro 4: Características de la raza Boer	17
Cuadro 5: Características de la raza Nubia.....	19
Cuadro 6: Contenido de agua entre especies y variedades de	26
Nopal forrajero en Saltillo, Coahuila, México.....	26
Cuadro 7. Composición química de la melaza.	40
Cuadro 8. Porcentajes de la dieta por tratamiento	48
Cuadro 9. Análisis bromatológico del Nopal (<i>Opuntia spp.</i>) y flor de maguey (<i>Agave salmiana</i>).....	51
Cuadro 10. Resultados de parámetros productivos de caprinos alimentados con nopal y flor de maguey.....	54

RESUMEN

Con el fin de que los productores tengan otras opciones de alimento para sus animales contemplando nopal y flor de maguey adicionando celulosa obtenida de microorganismos del rumen bovino para que puedan degradar fácilmente la celulosa de estos, enriqueciéndola con melaza y urea, en el caso del nopal y de la flor de maguey además de estar a su alcance son de bajos costos y así evitar que los hatos disminuyan en volumen y en cantidad

Para el presente trabajo se utilizarón 20 cabras (hembras y machos) de la raza Granadina con un peso promedio de 22.83 kg (con un rango de diferencia de 14.8 Kg) al inicio del experimento. A cada grupo de animales se les asignaron los siguientes tratamientos: (T1) testigo 100% pastoreo (T2) nopal sin enzima, (T3) flor de maguey sin enzima, (T4) nopal con enzima, (T5) flor de maguey con enzima. Siendo alimentados con raciones que llenaran el 50% de sus requerimientos: 20% nopal o flor de maguey, 3% urea, 5% melaza, 12% alfalfa y 10% sorgo, el otro 50% era cubierto por pastoreo

Se utilizaron 10 μ L de enzima producida para cada 10 g de nopal o maguey en base verde, dejando reposar la enzima por 30 minutos. La prueba de alimentación duro 60 días, con una fase de adaptación de siete días.

Se evaluaron las siguientes variables de comportamiento ganancia diaria de peso (GDP) y condición Corporal (CC) utilizando el programa de U de Nuevo León.

El resultado que arrojó el experimento muestra que el uso de la celulosa en dieta con flor de maguey tiende a obtener mejores ganancias de peso a comparación de la misma dieta pero con nopal.

Palabras claves: Nopal, flor de maguey, cabras, enzimas.

ABSTRACT

In order that the producers have other food options for their animals contemplating cactus and maguey flower adding cellulose obtained from microorganisms of the bovine rumen so that they can easily degrade the cellulose of these, enriching it with molasses and urea, in the case of cactus and the maguey flower in addition to being within reach are low costs and thus prevent the herds decrease in volume and quantity

For the present work 20 goats (females and males) of the Grenadine breed with an average weight of 22.83 kg (with a difference range of 14.8 Kg) were used at the beginning of the experiment. The following treatments were assigned to each group of animals: (T1) control 100% grazing (T2) nopal without enzyme, (T3) maguey flower without enzyme, (T4) nopal with enzyme, (T5) flower of maguey with enzyme . Being fed rations that will fill 50% of their requirements: 20% cactus or maguey flower, 3% urea, 5% molasses, 12% alfalfa and 10% sorghum, the other 50% was covered by grazin

10 μ L of enzyme produced was used for each 10 g of nopal or maguey in green base, allowing the enzyme to stand for 30 minutes. The feeding test lasted 60 days, with a seven-day adaptation phase.

The following variables were evaluated: daily weight gain (GDP) and body condition (CC) using the U de Nuevo Leon program.

The result of the experiment shows that the use of cellulose in diet with maguey flower tends to obtain better weight gains compared to the same diet but with cactus.

Keywords: Nopal, maguey flower, goats, enzymes

1.- INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas y semiáridas de México cuentan con una extensión territorial de aproximadamente 128´353,256 ha, lo que es equivalente a poco más del 66% del territorio nacional (Medina et al., 2006), en su mayor parte por diversos tipos de comunidades arbustivas (Rzedowsky 1978), marcándose en el norte del país. Esto se debe a la precipitación pobre y errática y a los cambios extremos de temperatura, por lo tanto, las condiciones son adversas para la producción de forrajes de buena calidad para el ganado y por ende los costos de producción tienden a aumentar, lo que dificulta la accesibilidad a los productores, debido a que la mayoría son de bajos ingresos lo que lleva a entorpecer las actividades pecuarias ya que los espacios de pastoreo extensivo, aunque son amplios, su vegetación es pobre haciendo que los coeficientes de agostadero sean amplios y por consecuencia en las épocas de estío se hace necesario la suplementación del ganado.

La sequía no se debe percibir como un problema, sino como una condición natural presente en la mayor parte de las regiones nuestro país, misma que puede ser por la ausencia o irregularidad de la precipitación pluvial y el exceso de evaporación, cuyo control esta fuera de nuestro alcance y sus efectos solo pueden ser modificados de manera paulatinamente a través del manejo sustentable del suelo, del agua y la planta, ya sea para mejorar o empeorar esta condición, dependiendo del manejo.

En el norte de México, una de las principales especies explotadas son los caprinos ya que estos son animales de gran rusticidad, características se adaptan fácilmente a las zonas áridas y semiáridas, sin embargo, durante la sequía de 2011 que azotó a la gran parte del país los hatos caprinos disminuyeron drásticamente e incluso hubo el caso en que desaparecieron las unidades de producción caprinas, y por tal motivo los

productores tuvieron que emigrar a las principales ciudad con el fin de poder buscar fuentes de empleo.

Debido a las condiciones antes mencionadas se ha optado por la utilización de plantas cuyas condiciones se adecuen a este tipo de escenarios, entre las que Marroquín (1964) menciona son las especies del género *Opuntia*, ya que cuenta con ciertas características propias para captar la suficiente agua de lluvias que cae y evitar su pérdida, por contar con un sistema radicular de raíces secundarias muy superficiales que se extienden ampliamente en el terreno, cladodios gruesos, estomas hundidos y cubiertas cerosas que periten, captar mayor cantidad de agua y disminuir la transpiración, además otro gran número de características propias de este tipo de plantas. En el caso del nopal es capaz de sobrevivir en condiciones de muy baja precipitación a causa de su muy peculiar sistema radical, entre otras características (Gaiska, et al., 1997).

En la actualidad el nopal es una alternativa para alimentar el ganado, ya que juega y jugará un papel importante y sobresaliente en tiempos de sequía. El nopal se considera como un forraje de emergencia, cuando escasean otros debido a la falta de humedad (Barrientos, 1969: Flores y Bauer, 1977). En Brasil, el ganado bovino es alimentado con brotes frescos de nopal mezclado con tortas de algodón (Metral, 1965, citado por Kluge y Ting, 1978). En Italia se ha encontrado que el uso de cladodios de nopal complementando con otras especies forrajeras, pueden ser una base importante en regiones áridas, especialmente para el ganado criollo caprino (Costa y Tallarico, 1981).

Lo anterior ha provocado que los ganaderos se inclinen por el nopal como forraje, pero debido a su bajo contenido proteico se opta por mezclar con forrajes o concentrados que cuenten con un nivel óptimo de proteína como es el caso de la alfalfa, para elevar su valor nutritivo en dietas para el consumo de los animales.

Se tiene poca información sobre la utilización de la flor del maguey en alimentación de animales especialmente en caprinos, debido a esto se optó por hacer esta

investigación con el fin de indagar si hay diferencias productivas en los hatos con la utilización flor de maguey, principalmente en el incremento de peso en el caso de caprinos de carne, como sustituto del nopal que es el suplemento más utilizado.

1.1 Justificación

La importancia de utilizar alimentos de la región y a bajos costos en tiempos críticos como son las sequías prolongadas, permitirá la sostenibilidad de los hatos en el tiempo, considerando que la caprinocultura es una de las principales fuentes de ingresos de los productores del sector social de la región norte país, por lo que se considera un beneficio en partida doble, ya que por un lado permitirá que las personas no disminuyan sus hatos y por consecuencia su permanencia en las localidades rurales, pero como segundo beneficio favorecerá, sino aumentar si mantener algunos parámetros productivos de los hatos, que también favorece los ingresos de los caprinocultores. En este contexto, la presente investigación representa la oportunidad de obtener información notable y de gran beneficio para la elaboración de dietas que pudieran ayudar a los caprinos a subsistir en tiempo críticos.

La flor de maguey es un producto natural y de una estacionalidad reducida, sin embargo, se presenta en las épocas críticas en cuanto a la suficiencia de forraje para el ganado en los agostaderos y puede representar un alimento más nutritivo que el nopal para los caprinos, por lo que se hace necesario realizar los análisis correspondientes para obtener información que permita identificar si hay o no ventajas en la utilización de este producto natural como suplemento del ganado caprino en las épocas críticas en cuanto a la disponibilidad de alimento en los agostaderos.

1.2 Objetivos

- Evaluar el comportamiento productivo de cabras Granadinas suplementadas con nopal (*Opuntia spp.*) y flor de Maguey (*Agave spp.*), adicionados con melaza, urea y/o enzimas.

- Evaluar la adición de prebióticos naturales (polisacaridasas) al complemento alimenticio a base de nopal y flor de maguey.

1.3 Hipótesis

- Una dieta con ingredientes de la región como el nopal y flor de maguey adicionando fuentes de proteína y energía entre otros producirá mejores incrementos de peso.
- La suplementación de una dieta adicionando enzimas producirá mejores ganancias de peso.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La caprinocultura

Debido a su antigüedad la cabra fue el primer rumiante en ser domesticado, con el fin de poder obtener carne, leche, y piel, hace alrededor de 10,500 años. Actualmente hay más de más 300 razas de cabras con gran diversidad morfológica (Luikart et. al., 2001), esto se debe principalmente a que por ser domesticadas fueron parte de las migraciones humanas por ende es una especie pecuarias con mayor distribución geográfica

La caprinocultura es considerada como un tipo de “ganadería social” debido a que se práctica principalmente por habitantes de comunidades rurales, los productores la asocian como una estrategia de producción, subsistencia o en su defecto como una forma de ahorro. Esta última la optan más debido a que cuando los productores no tienen alguna fuente de ingreso vende sus animales con el fin de poder salir de apuros a corto plazo, pero esta acción es aprovechada por los intermediarios ya que le pagan lo mínimo debido a la situación en que se encuentran.

La caprinocultura es considerada como actividad de doble propósito ya sea para producción de carne o leche, esta última algunos productores le dan un valor agregado principalmente en quesos, esto con el fin de evitar precios bajos en la leche o en su defecto que no tienen suficiente producción para que los compradores les coste la vuelta hasta la unidad de producción.

Debido a la gran rusticidad que posee la cabra, esta se caracteriza por ser de explotación extensiva, que consiste principalmente en pastoreo durante tiempo prolongados sobre los agostaderos donde compiten por el forraje con otras especies, y por ende se puede considerar como una actividad que ejerce presión sobre los suelos, esto se debe a que la superficie no posee los requerimientos necesarios para

poder sostener a una Unidad Animal (UA) al año en forma permanente y sin deteriorar los recursos naturales.

2.1.1 Sistemas de producción

Gómez (2003) menciona los sistemas de producción caprina en México, donde los clasifica en base a 3 criterios: uso del suelo, movilidad de la explotación y a la obtención de productos. Para poder obtener una clara descripción de los criterios antes mencionados se presenta en la figura 2 un esquema donde describe sus principales características.

En base a esta clasificación, se puede decir que la investigación que se realiza es con ganado caprino semiestabulado, pero va dirigida principalmente a los productores caprinos del sector social que practican la caprinocultura extensiva por su intensidad de suelo, pero sedimentarios con respecto a su movilidad ya que salen a pastorear en el agostadero y regresan al corral, aunque en ocasiones, cuando la seca se prolonga y la disponibilidad de pasto natural se reduce, se constituyen en trashumantes a través de lo ellos denominan el establecimiento de las majadas; según la orientación del producto que se obtiene, es caprinos cría.



Figura 1: Sistemas de Producción

Fuente: Elaboración propia con información disponible en Gómez (2003)

2.1.2 Principales productos de origen caprino en México

A pesar de que existen unidades caprinas en las cuales se aplica la tecnología avanzada, el común denominador de las explotaciones es en forma tradicional con pastoreo en agostaderos, de acuerdo al Programa de Estatal de Desarrollo Rural 2011-2017, debido a lo último la mayoría de los productores tienen bajos índices de producción aunado a las condiciones climáticas se ve entorpecida su situación económica, para esto el Gobierno busca incrementar las fortalezas de los productores con el fin de ser más competitivos, mediante diferentes tipos de apoyo como por ejemplo asesorías, apoyos de infraestructura para sus Unidades de Producción y mejoramiento de agostaderos por mencionar algunos.

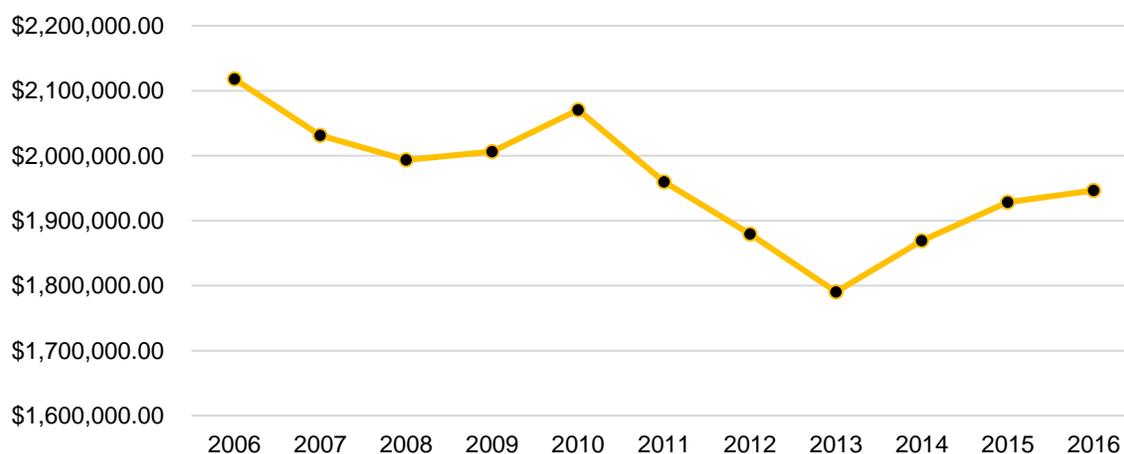


Figura 2: Comportamiento de la producción caprina de ganado en pie (\$)

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (Valor deflactado) 2016

Cómo se puede apreciar en la figura anterior el comportamiento de la producción en los primeros tres años tiende a disminuir la producción de ganado en pío que se refleja en una disminución en la aportación al valor de la producción en ese rubro, pero en 2009 retoma fuerza y empieza a crecer el valor durante dos años, pero del 2010-2013 se ve una drástica caída de los valores, esto se debe principalmente al periodo de sequía que azotó esos años, que ocasionó una disminución de los hatos caprinos, tanto en volumen como en cantidad.

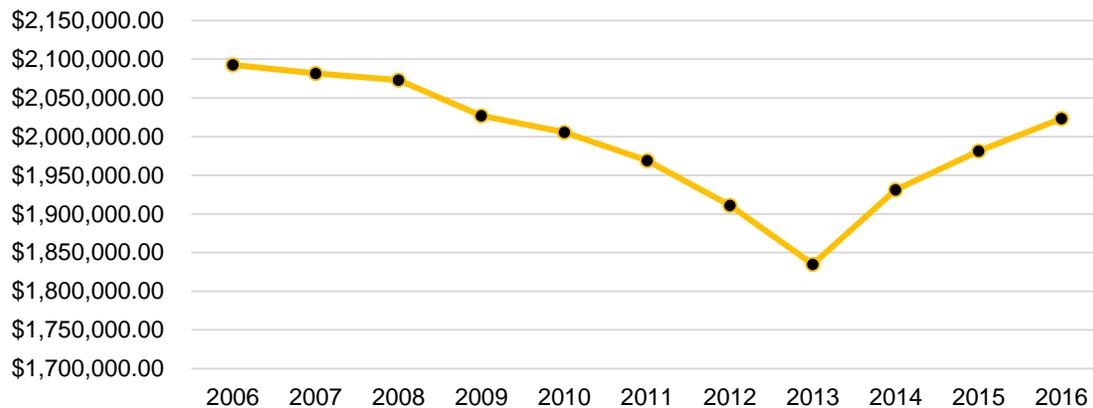


Figura 3: Comportamiento de la producción caprina de carne en canal (\$)

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (Valor deflactado) 2016

Como es normal, la disminución en la producción de ganado en pie, también vino a trastocar la producción de carne en canal, observándose una caída desde 2006 a 2013, año en que inicio un proceso de recuperación, aunque sin alcanzar los niveles anteriormente presentados (Figura 3). Un punto favorable para la producción caprina, principalmente en el norte del país, es el hecho de que la naturaleza ha sido benévola con el sector rural, ya que se han presentado lluvias atípicas en esas latitudes del país que han favorecido el desarrollo vegetativo de especies nativas de los agostaderos y por consecuencia una mayor alimentación para el ganado.

Como se puede apreciar en la figura 4, la producción de leche también sufrió una baja significativa de 2008 a 2009 y aunque mantiene una tendencia a la baja, esta ha sido poco significativa. Una pregunta que puede surgir es ¿por qué la cantidad de leche no tiene el mismo comportamiento del inventario y la producción de ganado en pie caprino?, lo cual se responde por una simple razón, que el ganado caprino especializado en la producción de leche como es la raza sanen, se explota bajo el sistema intensivo, por lo que la falta de lluvias y la consecuente falta de forrajes en los agostaderos no le son tan perjudiciales.

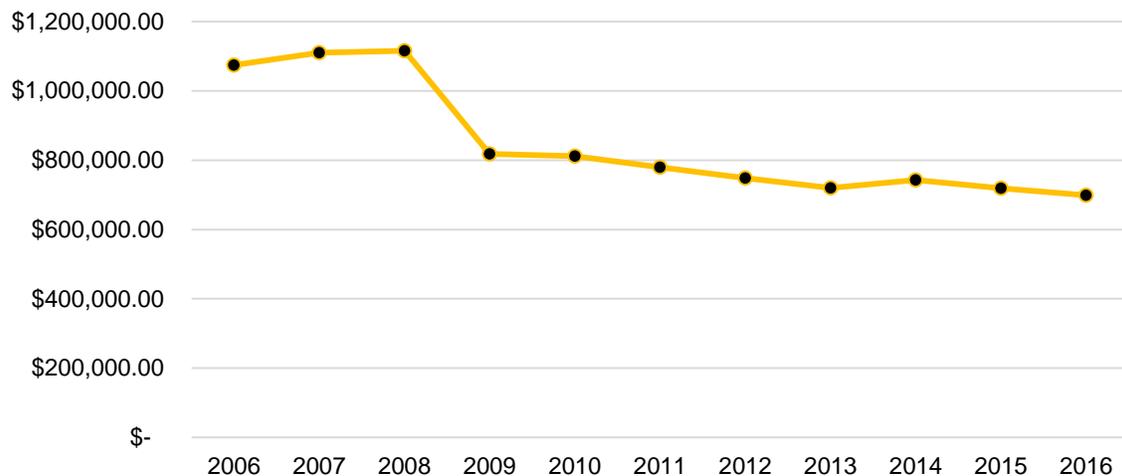


Figura 4: Comportamiento de la producción caprina de leche

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP (Valor deflactado) 2016

Dados los fenómenos naturales, en este caso la sequía, en el tiempo se ha afectado el inventario caprino nacional, lo que ha propiciado que la participación de esta especie en el valor de la producción tenga una tendencia a la baja, por lo que se hace imperativo que se busquen e implementen nuevos esquemas que permitan la evolución positiva, pero que también la actividad sea sostenible en el tiempo y eliminar en la medida de lo posible, las vulnerabilidades que han propiciado esas bajas.

2.1.2.1 Inventario Caprino en México

México se encuentra dentro de una gran gama de climas, pero en lo general, se pueden clasificar en tres grandes rubros los sistemas de producción ganadera en base al clima, (Figura 5) que son: zonas áridas, en la cual se desarrolla una ganadería de tipo extensiva, que se distingue por grandes áreas de agostaderos con coeficientes de agostaderos elevados que promedian las 35 ha/unidad animal. En segundo término, observamos las zonas templadas y tropicales en las cuales la precipitación pluvial es más benévola.



Figura 5: Sistemas de Producción ganadera en México por condición climatológica

Fuente: Elaboración propia con datos de Rubio Lozano et. al., (2013)

La disminución del hato nacional caprino de 2011 a 2012 fue en más de 300 mil cabezas, lo que explica lo referido en el apartado en cuanto al comportamiento de la producción caprina, lo cual se atribuye en gran medida a la sequía tan prolongada (2011-2014) que azotó a los estados del norte con consecuencias de consideración en la ganadería en lo general.

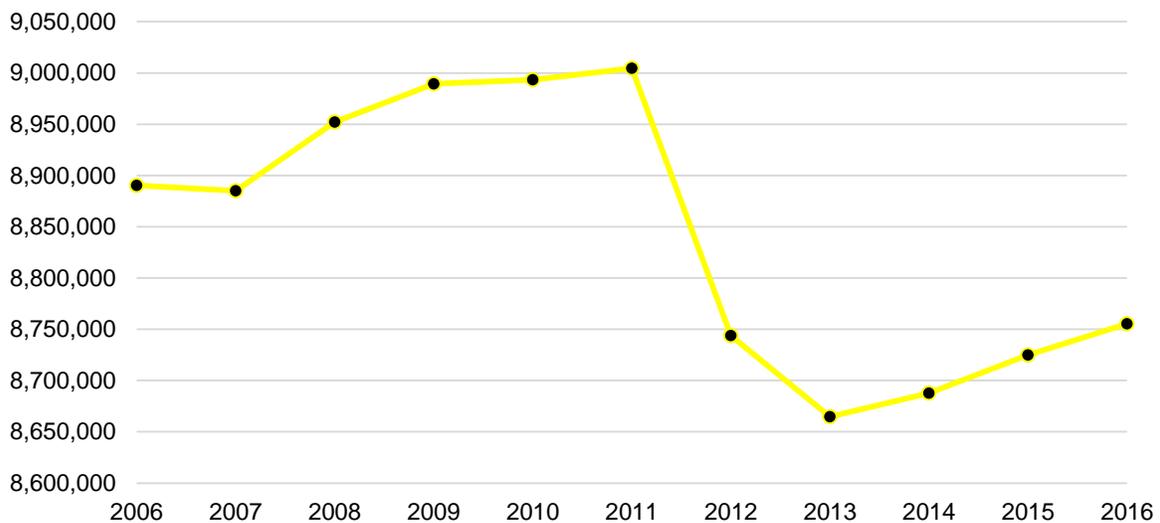


Figura 6: Inventario caprino en México 2006-2016

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP 2016

Este panorama que se presenta, aunado a que en algunas zonas, la sequía no es un evento natural que afecta la producción, sino una condición de vida, a la que los productores se han adaptado en el tiempo, sin embargo, con el avance de la ciencia y con un número importante de instituciones de investigación que inciden en el sector, cabe la pregunta ¿qué se está haciendo para mitigar los efectos de esas condiciones naturales?

2.1.3 Producción pecuaria caprina en Coahuila

En 2016 Coahuila ocupó el lugar número 4 en cuanto al inventario caprino nacional, aportando el 7.38% del valor de la producción de esta especie en el ámbito nacional. Pero más que la aportación al valor de la producción, en Coahuila tiene un valor importante en cuanto al sector social, ya que es una actividad que se realiza en su mayoría por productores de bajos ingresos y que realizan actividades de subsistencia, con hatos reducidos que en promedio oscilan en las 50 cabezas.

Los caprinos representan el segundo nivel de importancia ganadera en el Estado, ya que la entidad está considerada como uno de los principales productores de carne de canal (cabrito) y leche.

2.1.4 Principales razas explotadas en México

Se cuenta con diferentes razas de caprinos tales como la alpina, la Nubia, la Saanen, las criollas y sus cruza.

2.1.4.1 Alpina francesa



Figura 7: Hembra raza Alpina Francés

Fuente: EcuRed Conocimientos con todos y para todos

Cuadro 1: Características de la raza Alpina francesa

Origen	Características productivas	Zona de Explotación
Alpes Suizos y franceses	<ul style="list-style-type: none">• 800 a 900 kg de leche por año.• 3.2 a 3.6% de grasa.• Es la raza mejor seleccionada para la producción de leche.	<ul style="list-style-type: none">• Montañas• clima frío.

Fuente: Elaboración propia con información en de la Rosa (2011).

Características raciales

- Son relativamente grandes y pesados
- Alzada de 73 a 85 cm las hembras y 80 a 100 cm los machos
- Peso es de 60 a 80 Kg en la hembra y de 80 a 120 Kg en el macho
- El cuerpo es muy delgado y descarnado
- La capa es de color castaño
- Con banda oscura a lo largo del dorso y extremidades negras
- El pelo es corto. Fino y brillante.
- La cabeza triangular, mediana y fina; provista o carente de cuernos (cuando se encuentra son de mediana longitud y en forma de lira)
- Con o sin mamellas y perillas;
- Frente ancha y cóncava
- Ojos grandes expresivos y salientes
- El perfil es cóncavo
- Orejas son medianas y en forma de trompetillas
- Cuello es largo, delgado y flexible
- Dorso es recto y la grupa es amplia
- Presenta ubres voluminosas

2.1.4.2 Saanen



Figura 8: Hembra raza Saanen

Fuente: EcuRed Conocimientos con todos y para todos.

Cuadro 2: Características de la raza Saanen

Origen	Características productivas	Zona de Explotación
Originaria de los Alpes Suizos, concretamente el valle que le da el nombre (Saanen)	<ul style="list-style-type: none">• Pueden producir hasta 4 kg de leche por día• 600 a 900 kg de leche• 3.4 a 4% de grasa butirosa. (En este caso debe advertirse que es una raza de alta producción, por lo cual posee altos requerimientos nutricionales que deben ser cubiertos para expresar su potencial genético)	<ul style="list-style-type: none">• Llanuras• climas templados• zonas lluviosas.

Fuente: Elaboración propia con información en de la Rosa (2011).

Características raciales

- Pelo corto, denso, espeso, fino, sedoso y liso.
- Cabeza es grande y bien proporcionada
- Frecuentemente desprovista de cuernos
- Presenta mamellas y barbilla
- Frente es plana y amplia
- Perfil recto o poco cóncavo
- Orejas medianas, elevadas hacia arriba y adelante
- Las ubres bien insertas, de formas globulares
- El temperamento es pacífico y tranquilo.
- No son animales precoces, pero engordan fácilmente.

2.1.4.3 Toggenburg

Hembra



Macho



Figura 9: Raza Toggenburg

Fuente: EcuRed Conocimientos con todos y para todos

Cuadro 3: Características de la raza Alpina Toggenburg

Origen	Características productivas	Zona de Explotación
Su origen es Suizo, se asegura que es el resultado de la cruce de Appenzel y Chamois también como cruce entre la agamuzada de Saint Gall y la Saanen de Gessenay	<ul style="list-style-type: none"> • 600 a 700 Kg de leche por año • 3 a 3,5%. porcentaje de grasa 	<p>Es utilizada de forma más eficiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Climas templados • Climas fríos.

Fuente: Elaboración: propia con información Avalos y Chávez (2008).

Características raciales

- Generalmente son más pequeñas que la Saanen, pero conservan la cara deprimida y orejas erguidas
- El color varia de bayo claro hasta el café oscuro
- Cuerpo está cubierto de pelo gris y corto, excepto en el dorso y en los muslos, donde es más claro y más largo
- Manchas y franjas blancas van desde el hocico hasta los ojos y alrededor de las orejas
- Normalmente no tienen cuernos
- Frente es ancha
- Orejas son cortas, blancas con manchas oscuras en el centro, erectas algo pesadas
- Mamellas en el cuello, el cual es de longitud mediana
- Ubre está bien desarrollada e implantada
- Amable y quieto

2.1.4.4 Boer



Figura 10: Raza Boer

Fuente: EcuRed Conocimientos con todos y para todos.

Cuadro 4: Características de la raza Boer

Origen	Características productivas	Zona de Explotación
Se origina en Sudáfrica hace 30 años, de razas locales, incluyendo Bantu con europeas, Angora y con sangre india.	Productora de carne por excelencia Ya que mejora sustancialmente la calidad y cantidad de carne, sobre todo luego del destete, debido a que es partir del tercer mes de vida donde desarrolla su potencial productivo, superando a las otras razas en ese sentido. Se debe tener en cuenta que para que esto suceda, al ser un animal de alta producción. En los lugares donde se ha pretendido aumentar la producción de carne con la introducción de genética Boer sin mejorar paralelamente el sistema de alimentación, no se han obtenidos cambios sustanciales. Aptitud materna	Muy adaptables <ul style="list-style-type: none"> • Clima tropical seco No recomendable <ul style="list-style-type: none"> • Zonas de monte • Tupido leñosas

Fuente: Elaboración: propia con información Avalos y Chávez (2008).

Características raciales

- Predomina el cuerpo blanco, con parte delantera de cuello, cabeza y orejas coloradas
- También existen animales completamente colorados, que representan un 15% de la población de la raza
- Pelos cortos, tersos y gruesos
- Cuerpo es simétrico
- cabeza es grande
- Cuernos fuertes, bien separados, generalmente cuelgan hacia atrás, redondos, sólidos, de longitud moderada y de color oscuro
- Orejas pendulosas y de tamaño medio, con su extremidad un poco doblada hacia fuera.
- Cuello tiene longitud moderada y es de base ancha.
- Ubres están bien desarrolladas
- Testículos están bien desarrollados y son moderadamente grandes
- Prolificidad: partos gemelos y con frecuencia triples.

2.1.4.5 Nubia



Figura 11: Hembra raza Nubia

Fuente Avalos y Chávez (2008)

Cuadro 5: Características de la raza Nubia

Origen	Características productivas	Zona de Explotación
Esta raza es el resultado del cruzamiento entre razas Egipcias-hindús-toggenburg y las inglesas	Doble Propósito	Menos tolerantes a las bajas temperaturas, adaptándose mejor a los climas cálidos.

Fuente: Elaboración propia con información Avalos y Chávez (2008)

Características raciales

- Colores pueden ir del bayo a castaño.
- Pesos promedios de 64 Kg
- Altura de las hembras es de 81 cm. y el de los machos de 94 cm.
- Comportamiento reproductivo tiende a ser poco estacional
- Frecuentemente paren de 3 a 4 crías
- Producción promedio de 2.5 litros, con un periodo de lactancia de 10 mese

2.2 Nopal

2.2.1 Origen del nopal

Las cactáceas son originarias del continente americano y se distribuyen desde el Canadá hasta la República de Argentina (Borrego, 1986). Debido a sus grandes adaptaciones se encuentra en diferentes escenarios agroclimáticos, ya sea en forma silvestre o cultivable en prácticamente todo el continente americano. Además, se ha difundido en África, Asia, Europa y Oceanía donde también se cultiva o se encuentra en forma silvestre (Sáenz, 2006)

Villarreal (1959) informa que el origen de las plantas, con excepción de las que corresponden al género *Ripalis* se encuentran en el Continente Americano y desde estas latitudes han sido llevadas a Europa, África y algunas regiones de Australia.

Según Sánchez (2017) 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.

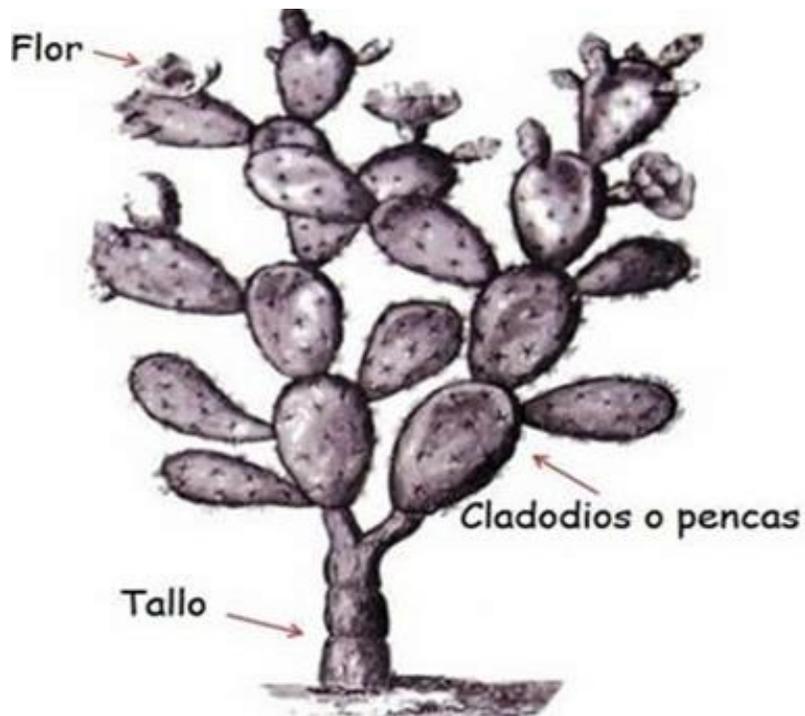


Figura 12. Partes del Nopal

Fuente: www.botanical-online

2.2.2 Distribución geográfica

2.2.2.1 Distribución a nivel mundial

El nopal *Opuntia* spp., se encuentra distribuido en casi todo el mundo, excepto las regiones cercanas a los polos y algunos desiertos (Narro 1970).

2.2.2.2 Distribución en México

En México, el nopal se encuentra prácticamente en todo el territorio nacional, pero donde tiene mayor importancia como forraje es en la parte norte del país (López y Elizondo, 1988), donde registran cuatro zonas nopaleras del país, basado en la abundancia, condiciones climáticas, características fisiológicas y edáficas donde crecen.

- **Zona centro sur.** Comprenden parte de los estados de México, Puebla, Oaxaca, caracterizada por nopales de porte alto y productores de verdura (nopalito) fruta y forraje en segundo término. La mayoría de estas especies son cultivadas en pequeñas huertas. Las especies más explotados son: *Opuntia ficus indica* (nopal de castilla), *Opuntia megacantha* (nopal tuna amarilla), *Opuntia amyclaea* (nopal fafayuca) con algunas variedades cultivadas.

- **Zona altiplano.** Comprende los estados de Zacatecas y san Luis Potosí, y en menor proporción Aguascalientes, Durango, Guanajuato y Jalisco. Donde presentan las plantas un porte arbóreo como por ejemplo *Opuntia streptacantha* (nopal cardón), *Opuntia leucotricha* (nopal dusnillo) y variedades que se asocian a estas, se encuentran las de porte arbustivo como la *Opuntia robusta* (Nopal tapón) y en menor densidad las de porte rastrero, cabe mencionar algunas *Opuntia rastrera* (nopal rastrero), y la *Opuntia leptocaulis* (tasajillo) todas ellas de importancia forrajera

- **Zona norte** comprende la región del desierto Chihuahuense, la región más extensa. Comprendiendo los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y parte de Zacatecas, donde el nopal se desarrolla en forma natural y es de porte arbustivo, como la *Opuntia cantabrigiensis* (cuijo), *Opuntia phecantha* (nopal rastrero) las cuales producen fruto de mala calidad para el mercado, todas ella de uso forrajero

- **Zona costera del golfo de México** Comprenden el noreste de México, abarcando Tamaulipas, parte de Nuevo león y el noreste de Coahuila. Las plantas de nopal que se desarrollan en esta zona son de porte arbustivo, como la *Opuntia lindheimeri* y sus variedades, cabe mencionar que se encuentran pocas de porte rastreo, como la *Opuntia rastrera* (nopal rastrero), todas de importancia forrajera.

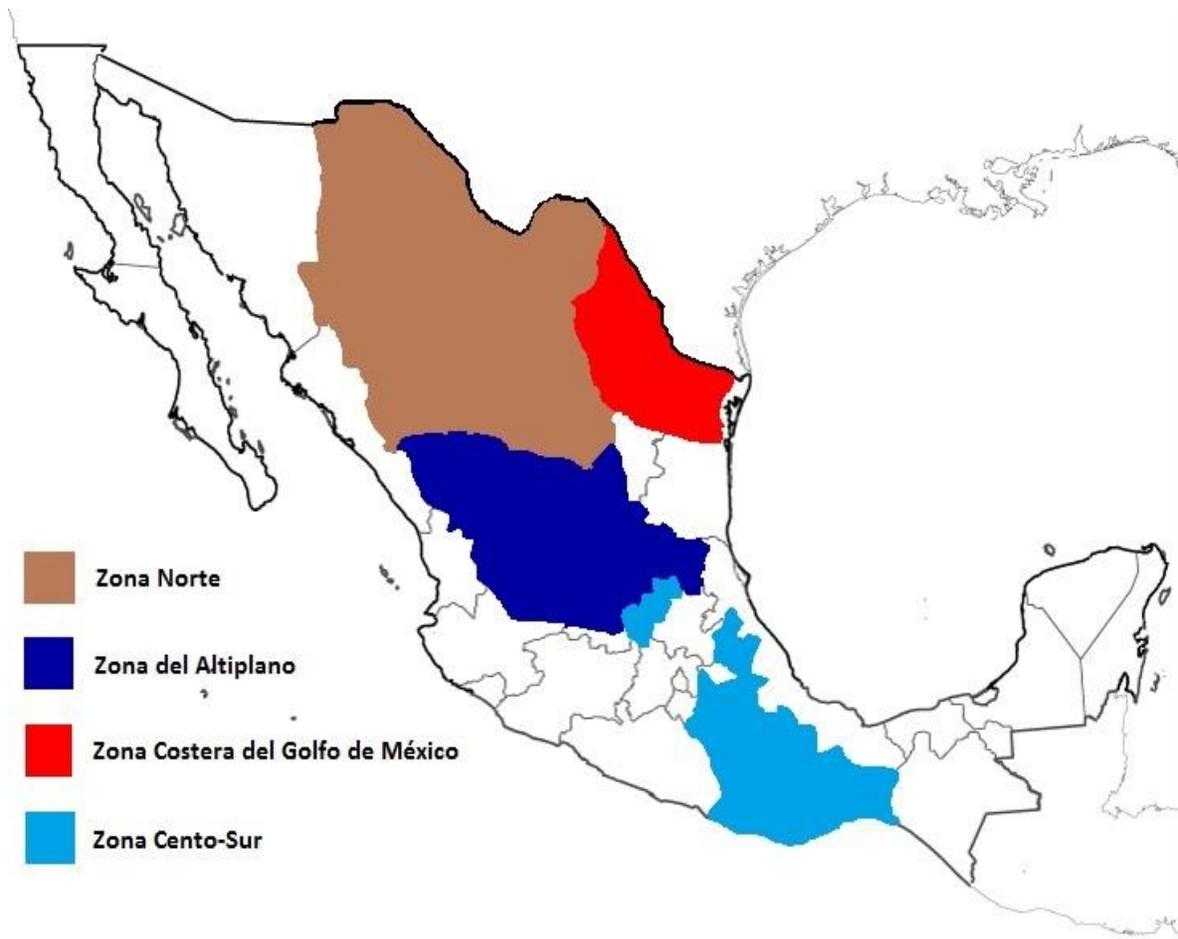


Figura 13: Distribución geográfica del nopal en México

Fuente: Elaboración propia con Información de López y Elizondo (1990)

2.2.3 Clasificación Taxonómica

La taxonomía más usada para la clasificación de las Cactáceas es el sistema de Britton y Rose, el cual clasifica a las Opuntias, según Bravo (1978) de la forma siguiente:

Reino	Vegetal
Sub-reino	Embryophyta
División	Angiosperma
Clase	Dicotyledonea
Subclase	Dialipétales
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae
Tribu	Opuntias
Genero	Opuntia

2.2.4 Manejo del Nopal para alimentación del ganado

Para el ganado bovino, caprino, ovino, asnal y de fauna silvestre en las zonas áridas y semiáridas del país, el nopal es un alimento importante para su consumo en tiempos prolongados de sequía o como suplemento adicionándole insumos de buena calidad nutritiva, debido a su alta palatabilidad y alta digestibilidad, lo cual lo hace viable debido a su manejo, abundancia y productividad.

Para proporcionar al ganado como alimento, en el centro y norte del país se acostumbra chamuscar las espinas y posteriormente se le brinda al ganado, sin embargo este uso es el más rudimentario, debido a que aún se desconoce el potencial forrajero de las múltiples variedades del nopal.

Lozano, (1985) describió las formas más usuales de aprovechar el nopal espinoso como forraje de la siguiente manera.

- Amontonar hierba seca debajo de las plantas y se les prende fuego. Esto destruye la planta, dado a lo intenso del fuego lo soporta el tronco.
- Cortar las ramas y chamuscarlas de ambos lados, sea picada antes de darles al ganado.

- Cortando solo el borde de la penca donde hay mayor cantidad de espinas y ofrecerlo al animal.
- Chamuscar en pie o córtalos, con chamuscador.
- Usando picadora de nopal
- Cocción en calderas, esta es utilizada en los Estados Unidos, en México no se usa por su alto costo.
- Dejar fermentar el nopal picado, con el objetivo de ablandar las espinas

De Alba (1971), lo define como forraje tosco, aquello que contiene más del 20% de fibra cruda, y menos de 2.5 Mcal de energía metabolizable (EM)/ kg materia seca; por lo que al nopal se le debe de considerar como tal y no por su contenido de fibra (11.20%) sino por su nivel de energía metabolizable (1.83 – 2.2 Mcal/kg)

El nopal que se utiliza como forraje, posee importancia a escala mundial; así es posible mencionar algunos de los países en donde se han realizado trabajos sobre el uso del nopal forrajero son: África del sur, Argelia, Argentina, Brasil, Estados Unidos, Guatemala, Italia, Marruecos, México, Namibia, Sur África y Túnez.

2.2.5 Valor Nutricional del Nopal

En el libro “El nopal (*Opuntia spp*) como forraje, López (2003) menciona que es un ingrediente clave para complementar la dieta de los animales domésticos debido a su:

- **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 6). El contenido de agua es fuertemente influenciado por las condiciones ambientales.

- **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.
- **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 6: 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 et al., (2003).

2.3 Agave

2.3.1 Introducción

Mesoamérica y Aridoamérica son escenarios del origen del *agave spp.* En estas regiones la planta se ha utilizado, desde los primeros pobladores hasta la actualidad, ya sea tanto para satisfacer necesidades básicas como por ejemplo alimento, forraje medicamentos entre otras o complementarlas.

Berger (1915), propone que México es el centro de origen del género en cuestión y que su distribución se localiza principalmente en las zonas áridas y semiáridas de

México y Norteamérica: por el noroeste hasta el estado de Utah y al noreste el de Maryland (subgénero *Manfreda*); al sur, el límite conocido es Colombia. García (1895), opina que la distribución del subgénero *Euagavea* se extiende hasta zonas con climas cálido y seco como el correspondiente a la cadena isleña del Caribe y norte de Sudamérica.

Los magueyes, también conocidos como agaves o mezcales, se han utilizado durante miles de años por el hombre americano. En el mundo hay una gran diversidad que oscila en las 210 especies, México cuenta con 159, que viene siendo casi un 76 por ciento, y de las cuales 119 son endémicas, es decir que son exclusivas de su territorio, donde se tiene un sinfín de usos por ejemplo es utilizado como: cerca de casas, en caminos, bordes de terrenos de cultivo y como plantas de ornato. Cabe mencionar que hay regiones con grandes plantaciones como por ejemplo el maguey espadín que se encuentra en Oaxaca, el agave azul en Jalisco y los magueyes pulqueros en Tlaxcala, Hidalgo, Guanajuato Estado de México y Puebla.

Son plantas adaptadas a condiciones de aridez. Cuenta con raíces someras y ramificadas, cutículas gruesas, succulencia, estomas hundidos, metabolismo fotosintético y metabolismo ácido de crasuláceas (MAC) son algunos de los atributos que le permiten establecerse en zonas carentes de agua (Granados, 1999)

Ramírez (1936), acepta la división del género *Agave* en tres subgéneros: *Manfreda*, *Littae* y *Euagavea*. El primero se encuentra a lo largo de la costa del Pacífico a través de Chihuahua hasta Utah; el segundo se localiza preferentemente en la región del Golfo de México, a través de Nuevo León hasta Nuevo México (los organismos pertenecientes a ambos subgéneros son propios de montañas elevadas); el tercero es el que mayor distribución presenta, extendiéndose desde la llanuras centrales de México y los estados costeros del Golfo de México, de Tamaulipas a Yucatán, hasta Honduras y Guatemala

De acuerdo al trabajo de Rivera (1936), *A. Karwinskii* es endémico (con número cromosómico básico del género *Agave* correspondiente a $n = 15$) en descripción el Valle de Tehuacán; por eso aunado al amplio número de especies endémicas en esta zona, se puede ubicar a Tehuacán, Puebla, como el centro de origen del género.

2.3.2 Ubicación taxonómica

En cuanto a las características botánicas, relacionadas con la morfología, varios autores han realizado la descripción del género. Son plantas perennes, rizomatosas, de tallos acaules, hojas grandes dispuestas en roseta y suculentas-fibrosas que terminan en una espina; los márgenes de las hojas presentan pequeñas espinas ganchudas o rectas; inflorescencia en espiga o panoja con escapo largo semileñoso; las flores son de color amarillo verdoso, protándricas con perianto infundiliforme de tubo del longitud variable y seis segmentos casi iguales; seis estambres filamentosos filiformes, más largo que los segmentos del perigonio, con anteras amarillentas; ovario ínfero trilocular, tricarpelar, con placentación axilar, multiovulada; fruto capsular leñoso alargado, dehiscente con 3 alas con numerosas semillas aplanadas algo triangulares de testa negra (Conzatti 1947, Gómez Pompa 1963, Gentry 1978 y 1982).

Uno de los principales problemas es cuanto a la taxonomía del género *Agave* es situarlo en la familia a la que pertenece, ya que, cuando se clasifica dentro de *Agavaceae*, existen referencias bibliográficas que lo incluyen en otras familias (Vázquez, 1977)

2.3.3 Ecofisiología

Los criterios climáticos son los que se han utilizado en la delimitación de zonas áridas; sin embargo las formas biológicas con su estrecha adaptación a las condiciones ambientales, proporciona información complementaria acerca del medio donde se desarrollan. Es el objetivo de la ecofisiología vegetal comprender los procesos

fisiológicos de los organismos, sus características bioquímicas y sus potenciales genéticos en interacción con el ambiente donde los organismos se desarrollan (Medina, 1977)

Las adaptaciones fisiológicas para una especie es una población de individuos similares donde comparten el mismo ciclo de vida, nicho y espacio geográfico se dividen en:

- Adaptación para la resistencia. Esto permita que los individuos puedan sobrevivir a ambientes extremos
- Capacidad de adaptación. Permite la relativa constancia de la actividad biológica sobre un rango de condiciones tolerables

2.3.4 Metabolismo ácido de crasuláceas

Las plantas de este tipo tienen un origen tropical seco y un metabolismo ácido crasuláceo (MAC) muy parecido a las plantas C_4 , excepto en la secuencia de la enzima que reacciona en la oscuridad y con demandas evapotranspirativas bajas. Por esto, se fijan una máxima de CO_2 en la noche (cuando el potencial hídrico de pérdida es bajo), cuya asimilación fotosintética ocurre durante el subsecuente periodo de luz; almacenándolo, los estomas se cierran disminuyendo así la pérdida de agua (Granados, 1999)

Las plantas MAC son suculentas y están representadas en familias *Cactaceae*, *Crassulaceae*, *Euphorbiceae*, *Liliceae*, *Agavaceae* y *Airoaceae*; también incluye miembros epífitos de las familias *Orchidaceae* y *Bromeliaceae* (Ting, 1975)

Para saber más del metabolismo fotosintético hay diversos estudios, la mayoría relacionados con factores ambientales como por ejemplo:

- Radiación fotosintética activa (RFA): El comportamiento fisiológico se basa en relación a la cantidad de luz que recibe y la manera de definirla es por medio de la RFA y la orientación.
- Temperatura: el factor temperatura es importante desde el punto de vista fisiológico, ya que determina la apertura de estomas y por ende el intercambio gaseoso
- Fluctuación fotosintética: la eficiencia fotosintética depende de una secuencia integrada de los eventos metabólicos que incluyen las reacciones fitoquímicas, la enzimología de la asimilación del carbón y el transporte de los intermediarios fotosintéticos entre los comportamientos subcelulares, el inherente potencial de la planta y las restricciones impuestas por las condiciones ambientales; determinando así las situación de una planta en un tiempo dado (Forster et al., 1983)
- Nutrición: para un buen desarrollo de una planta está básicamente se relaciona con la cantidad de micronutrientes y macronutrientes que están en su cuerpo. La mayoría de los nutrientes los toma del suelo como son los restos de organismos aún no descompuestos (humus)
- Productividad: todos los parámetros ambientales tienen repercusión en la fisiología de las plantas. Novel y Quero (1986) realizaron un trabajo de *Agave lechugilla* que crece en las áreas del desierto chihuahuense, donde se evaluó la productividad de este, mediante cambios de materia seca en el campo y respuestas fisiológicas a variables ambientales en laboratorio.

2.3.5 Plagas y enfermedades

- ❖ Gusano blanco (*Acentrocneme hesperiaris* Wilk.)
- ❖ Gusano rojo o Chinicuil (*Hipoptha agavis* Blazquez.)
- ❖ Picudo a barrenador del maguey (*Scyphophorus acupuntatus* Gyll.)
- ❖ Negrilla o Fumaginas (*Ateriana mexicana* Ell y Eu.)
- ❖ Antrocnosis del Maguey (*coliototrichum agaves* Cav.)

- ❖ Pudrición Bacteriana de la cabeza (*Erwinia* sp.)

Hay otro tipo de enfermedades que afectan a la planta de menor importancia económica, las cuales son las siguientes:

- ❖ Tizón de las pencas (*Alternaria* sp.)
- ❖ Pudrición de la raíz (*Armillaria melleosa* Yahi y Fr., *Fusarium* sp, *phytophthora* agaves, *Gandaria*, *Rhizocotonia* sp. y *Rosellina* sp.)
- ❖ Pudrición de la corona (*Basillus* sp.)
- ❖ Mancha circular de las pencas o algodoncillo (*Coniothyrium concentricum*.)
- ❖ Pudrición rojo de las pencas (*Chalariopsis* sp.)
- ❖ Pudrición de las pencas (*Diploidia* sp.)
- ❖ Tizón de las pencas (*Stagonospora gigantea* helad y wolf) (Pérez, 1980)

2.3.6 Aprovechamiento y utilidad

- ❖ Como alimento
- ❖ Pulque (producto fermentado del aguamiel)
- ❖ Aguamiel. Se ingiere como bebida refrescante
- ❖ Miel de aguamiel. Se consume como endulzante y golosina
- ❖ Atole de aguamiel
- ❖ Pan de pulque
- ❖ Capullo de la flor
- ❖ Quiote. Se come tierno
- ❖ Hojas. Se cortan tiernas, después se limpian como el nopal, se asan con o sin sal y se comen. También se utilizan las hojas al preparar la barbacoa, éstas dan el aroma y sabor característico a la carne preparada para tal fin.
- ❖ Como forraje

- ❖ Las pencas de los magueyes agotados y las pencas tiernas. Esto es más usual en tiempos de seca, se les proporcionan a los animales en trozos pequeños, a este forraje se le agrega sal, melaza.
- ❖ El ximfl. Como alimento a los animales
- ❖ El foxi. Sobrante o pulpa de la hoja de maguey, cuando esta se talla para extraer fibra
- ❖ El quiote y las flores. Sirven de alimento a los animales.

2.3.7 Reproducción y cultivo del maguey pulquero

El maguey florece una sola vez en su vida, y muere poco después de esto. Cuando está próximo a florecer, sale del centro de la planta un tallo floral, al que se le da el nombre de quiote, y se eleva hasta unos cinco o seis metros, botando en su parte superior en forma de racimos, varios grupos de flores (Macedo, 1950).

Al igual que todos los magueyes cultivados, ha perdido la cualidad de reproducirse por semilla, y su reproducción es mediante retoños o hijuelos, éstos son pequeñas matas que nacen al pie de las plantas adultas.

Gracias a que es una especie de mucílago que almacena agua en sus hojas como reserva, puede sobrevivir en terrenos con poca humedad y pobres, ya que sola puede perdurar con el agua de lluvia

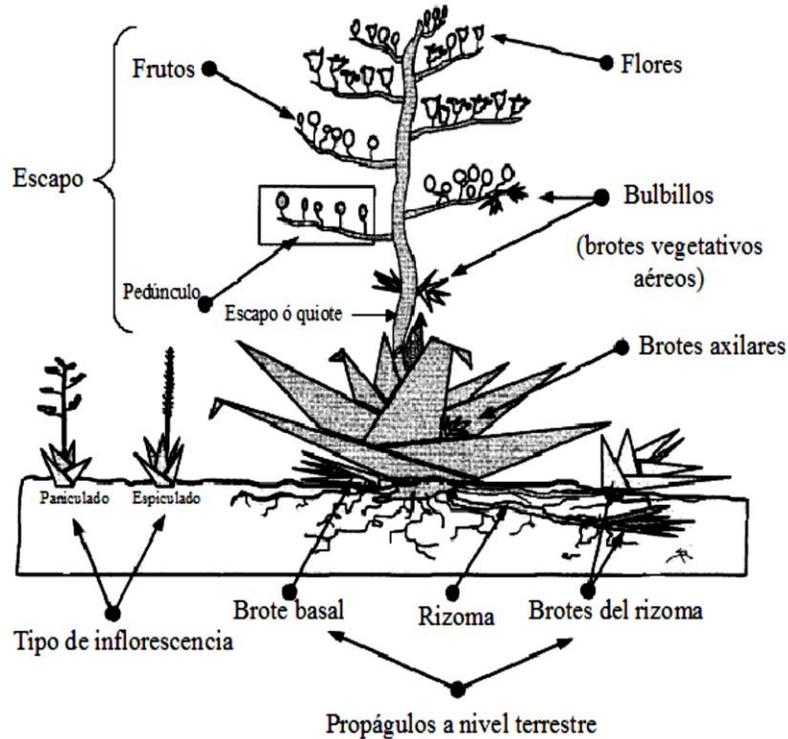


Figura 14: Descripción de la estructura del maguey

Fuente: .Arizaga y Ezcurra (2002)

Reproducción por semilla: esta ya perdió su nulidad, y en la actualidad nadie la práctica, ya que su tiempo es largo para la obtención de la planta y a que se obtienen variedades diversas de la especie que se desea, esta se origina mediante la fecundación de la semilla con polen de otras plantas, y no es posible propagar lo que en realidad se desea y prefiera.

Reproducción por retoños o renuevos: los magueyes tiene una curiosa peculiaridad de criar retoños o renuevos que brotan de sus raíces, También llamados hijuelos forman parte de nuevas plantas y este es el método más usual de reproducción del agave.

2.3.8 Condiciones climáticas y edáficas del cultivo del maguey

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 sensibles 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 los 17.8°C, temperaturas medias anuales del valle de México
- **Precipitación:** los magueyes subsisten y prospera en precipitación media anual, desde los 335 hasta los 924mm.
- **Iluminación:** la mayoría de los agaves del desierto necesitan la luz solar, si no existe, se convierten en plantas etioladas; los magueyes pulqueros del centro de México requieren iluminación aunque toleran la sombra
- **Altitud:** el grupo Salmiana es natural de la Meseta Central de México, se desarrolla desde los 1 230 a 2 460 msnm.
- **Suelo y textura:** requieren suelos bien drenados, en general suelos pobres con una capa arable muy delgada, o terrenos pedregosos y de ondulación con poca pendiente, las texturas predominantes en los lugares donde se desarrollan los agaves son: franco-arenoso, franco-arcilloso y arenoso-limoso.

- **PH:** en los sitios donde se encuentran los agaves están dentro de un rango que va desde 6.3-7.8, sin embargo se ha encontrado de 4.9-9.4 mostrando síntomas de desarrollo normal.

2.3.9 Otros productos del maguey

Aparte del aguamiel y el pulque se obtienen otros productos del maguey; algunos se siguen utilizando y de otros sólo se recuerda su uso. (Manzano, 1989)

Flor de maguey, flor de quote o quiotito. Es la inflorescencia del maguey, la cual se colecta tirando el escapo floral que es muy largo, eligiendo las inflorescencias en que las flores no han abierto todavía. Se obtiene a partir de marzo hasta junio o julio; es para consumo humano para ello se elimina la parte reproductiva de la flor y el pedúnculo porque la gente lo considera que amarga. También se utiliza para alimento de animales como se menciona en esta investigación.



Figura 15: Flor de Maguey

Fuente: Imagen propia

Huevito de maguey o huevito. Es el meristemo de escapo floral. Está se obtiene cuando se capan a los magueyes

Mixiote. Esta se obtiene principalmente de pencas jóvenes es decir las más cercanas al meyolote del maguey manso, esta es la epidermis del haz de la penca.



a)



b)

Figura 16: Hoja de mixiote

Fuente:

a) https://www.todopuebla.com/blog_medias/photos/1010555498_1473789027_~medio~.JPG

b) <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQyIWjQ8MskBaViZfleLL10U-16eHxZluPEj68otkNMQqoGGv5V>

Penca. Esta se utiliza como alimento para el ganado, esto se les pica en cortes con el fin de que los animales lo consuman en fragmentos muy grandes y así evitar que se dañen los animales o evitar su muerte.

Cuando las pencas se secan. Se utilizan como combustible ya que este guarda mucho calor.

Metzal. Esta se obtiene una vez que el tlachiquero raspa el mesontete para extraer el aguamiel, esta se utiliza como alimento para puercos, gallinas y totoles; y se considera que “es mucha vitamina para los animales”.

2.3.10 Insectos de importancia alimenticia que se encuentran asociados al maguey.

Con relación al maguey hay insectos que se alimentan de ellas y constituyendo, en la mayoría de los casos, plagas de importancia. Pero solamente son algunos de ellos los que son colectados para el consumo del humano. Hay casos en que los insectos son más queridos por la gente para consumo ya sea local o de exportación cabe mencionar que hay insectos como el gusano blanco del maguey (*Acentrocne me hesperiaris* Walk) y el gusano rojo (*Cosus redtembach*) que se comercializan a precios elevados

- ❖ Gusano de raya, cuaresmeño, marceño o chicharra
- ❖ Gusano rojo, Chilocuiles o recoles
- ❖ Nixtamal o nixtamalito

2.4 Proteína

La proteína presente es el nutriente más crítico; tanto en el aspecto económico como en el fisiológico, para que se logren los mejores resultados para ganado en crecimiento y en engorda (Tapia, 1998).

Una deficiencia de proteína en los animales es gran limitante en el crecimiento de los microorganismos ruminales y por ende la digestibilidad del alimento consumido

Un incremento en el consumo de alimento después de la suplementación proteica es un buen indicador practico de que la proteína era deficiente (NRC, 1984)

El exceso de proteína se convierte en una fuente de energía costosa e ineficiente, ya que grandes excedentes pueden ser suministrados sin que se produzca una toxicidad aguda (Fenderson y Bergen, 1976; citados por NRC, 1985).

En engordas caprinas que terminan con pesos bajos al sacrificio (25 a 30 Kg.) el aumento de la tasa proteica mejora la ganancia diaria, fenómeno que no se observa, para pesos de sacrificio de alrededor de 40 kg. En definitiva, puede recomendarse, para engordas de corta duración entre 13 a 15 y 23 a 28 Kg., dietas que contengan de un 16 a un 18 % de proteína respectivamente, pudiendo disminuir estas tasas en el caso de dietas de alta palatabilidad, debiéndose tener la precaución, cuando se administran raciones de alta concentración de proteína para reducir el efecto de la depresión de la ingestión que pudiera ocasionarse como consecuencia de la ingestión de un concentrado muy rico en energía (Daza, 1997).

2.5 Enzimas

La acción enzimática para llevar a cabo la hidrólisis de la celulosa implica la operación secuencial y la acción sinergista de un grupo de celulasas, que presentan diferentes sitios de enlace, debido a la naturaleza compleja de la molécula de celulosa. El sistema de celulasa típico incluye tres tipos de enzimas: la endo- β -1,4-glucanasa (1,4- β -D-glucano glucanohidrolasa, la exo- β -1,4-celobiohidrolasa y la β -1,4-glucosidasa (Gaitán *et al.*, 2005).

2.5.1 Papel de celulasas y hemicelulasas en los alimentos para rumiantes

En la actualidad, hay un gran interés en el uso de preparaciones enzimáticas que contienen altos niveles de celulasa y hemicelulasa actividades para la mejora de la utilización de la ganancia de peso por los rumiantes. Sin embargo, el uso exitoso de estas enzimas en la dieta de los rumiantes depende de:

- Su estabilidad en la alimentación (durante y después del procesamiento) y en el rumen;
- Capacidad de los componentes de enzimas para hidrolizar polisacáridos de la pared celular vegetal
- Capacidad de los animales para utilizar los productos de reacción de manera eficiente. Por lo tanto, las preparaciones de enzimas deben caracterizarse por *in vitro* e *in vivo* en experimentos y deben contener actividades enzimáticas esenciales para diferentes aplicaciones con el fin de garantizar el éxito. (Pariza, 2010).

En investigaciones como por ejemplo White *et al.*, (1993) mencionan que los rumiantes dependen de las bacterias, protozoos y hongos presentes en el rumen para digerir la fibra del forraje, que se produce por numerosas actividades enzimáticas requeridas para la hidrólisis de la pared celular vegetal.

2.7 Melaza

Mediante investigación realizada por Reyes y Loaiza (1987) sobre “Alimentación de bovinos en época de secas” 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 7. 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.

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.

2.7.1 Investigaciones realizadas con nopal, maguey y cabras

Fuentes (2013), menciona que la utilización de nopal y agave como forraje en zonas áridas y semiáridas en épocas críticas del año hacen de estas plantas un alimento muy preponderante y alternativo 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

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El presente trabajo se realizó en la Unidad Caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual se encuentra en las coordenadas, 25° 22' latitud norte y 101° longitud oeste. Con una altitud de 1742 msnm, con una temperatura media anual de 19.8°C y una precipitación total media anual de 298.5 mm. Cuenta con un tipo de clima designado BWhw (x) (e); clima muy seco, semicálido, con invierno fresco y extremo con lluvias de verano y precipitación invernal superior de 10% del total anual. Con humedad relativa que alcanza el 80% en los meses lluviosos y el 30% en los periodos secos, como promedio (Mendoza, 1983).¹



Figura 17: Ubicación de las instalaciones.

Fuente: Elaboración con Google Earth

¹ Mendoza. H. J. M. 1983. Diagnostico climatológico para la zona de influencia inmediata de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

3.2 Materiales utilizados

La presente investigación se trabajó con 20 cabras (hembras y machos) de la raza Granadina con un peso promedio de 22.83 kg (con un rango de diferencia de 14.8 Kg) al inicio del experimento. Para garantizar la homogeneidad de los experimentos, se incluyeron tres hembras y un semental en cada experimento.

3.3 Manejo de los animales y materiales utilizados

Para mejor manejo en la alimentación se utilizó un corral amplio (4X10 metros), amarrando a cada animal individualmente con una cuerda como se puede apreciar en las siguientes imágenes. La alimentación se proporcionó en cubetas de acero de 6 kilogramos en forma individual. Las cabras fueron desparasitadas con Ivermectina administrando 1 ml para cada cabra vía subcutánea.



Figura 18: Alimentación individual de los caprinos

Fuente: imágenes propias

Todo tipo de ganado que se somete a un cambio de alimentación, es necesario darle un periodo de adaptación. En diferentes investigaciones manejan un rango de 8 a 15 días, esto se debe a qué tan drástico va a ser el cambio de dieta o en su caso al estrés que será sometido el animal.

Para el caso de esta investigación, se dio un periodo de adaptación de 14 días en el corral donde se llevó a cabo el experimento en el que se le proporcionó la dieta gradualmente en un 25, 50, 75 y 100% de la dieta que se iba evaluar. Con el fin de evitar que sufrieran estrés debido a alimentación y al manejo. También fueron pesados individualmente antes del periodo de adaptación y al inicio del experimento, posteriormente cada 14 días durante 4 repeticiones, para lo cual se utilizó una báscula de 500 kilogramos.

3.4 Tratamientos

Para poder llevar a cabo el experimento las cabras fueron identificadas individualmente mediante el número de arete y peso inicial, posteriormente se distribuyeron al azar en 5 tratamientos con 4 testigos cada uno.

Las dietas fueron formuladas en base a su peso de acuerdo al NRC (1994), asumiendo que un 50% de sus requerimientos los consumirán en pastoreo y el otro 50% sería proporcionado por la dieta. La dieta se ofreció en la mañana a las 9:30 en promedio, esto se suministró de forma individual. Esta dieta no se hizo con el fin de obtener ganancia de peso, sino que la dieta se pueda aplicar para los tiempos de sequía donde se escasea el forraje o en su caso es muy alto el costo para los campesinos ya que no cuentan con el suficiente dinero para comprar forrajes.

3.5 Pastoreo

Para el presente experimento se manejaron dos horarios de pastoreo el primero de 8 horas para el caso del T1 y el resto de tratamientos consistió de 4, debido a que se asimiló que el 50% del alimentación de los animales lo iba obtener en el pastoreo y el resto se le iba a suministrar mediante la dieta realizada con el fin de cumplir los requerimientos de estos

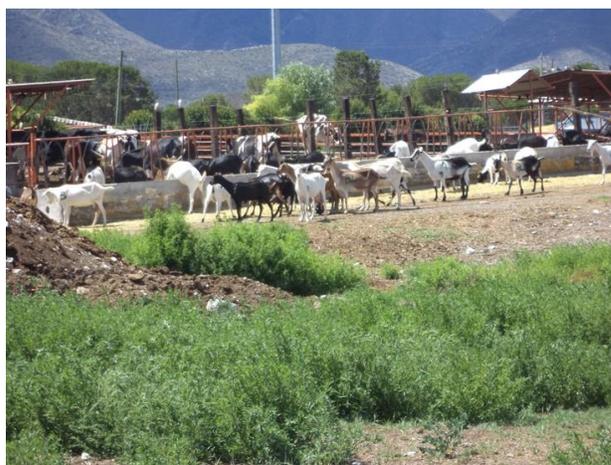


Figura 19: Pastoreo del rebaño

Fuente: imágenes propias

3.6 Recolección de nopal

El nopal se obtuvo principalmente dentro de las instalaciones de la universidad, para posteriormente realizar el siguiente proceso:

- Eliminación de espinas: la cabra se caracteriza por ser ramoneadora por naturaleza lo que la hace ser el más eficiente de todos los rumiantes domésticos, destacando sus atributos como por ejemplo su sobriedad, lo que

significa que puede comer una amplia variedad de alimentos, preferentemente vegetación leñosa (vainas, ramas y frutos de árboles y arbustos) por lo anterior la cabra puede comer el nopal con espinas, pero estas pueden ser una limitante a la hora de comer y aprovechar al máximo el alimento suministrado, por lo que se recurrió al chamuscado para su eliminación como se puede apreciar en las siguientes imágenes.

- Cortado y picado del nopal: posteriormente a chamuscado de las pencas se procedió a cortarlas y después picarlas con un promedio de 3 * 5 cm con el fin de que los animales se les haga más fácil la ingesta de estas por estar en un tamaño apropiado



Figura 20: Recolección de nopal

Fuente: imágenes propias

3.7 Recolección de flor de maguey

La flor de maguey se obtuvo dentro de las instalaciones de la universidad

- Cortado: se procedió a cortar el qurote del maguey, posteriormente se separaba en piezas con el fin de facilitar la ingesta de los caprinos.



Figura 21: Flor de maguey

Fuente: imágenes propias

3.8 Alfalfa, sorgo, melaza y urea

- Suministro: cómo es sabido el nopal y la flor de maguey contienen un nivel de proteína bajo por tal motivo se buscaron otras fuentes de proteína y una proporción de carbohidratos como es el caso de la melaza

3.9 Enzimas Polisacaridasas

- El suministro de las enzimas fue proporcionado por compañeras de la Universidad, ya que el proyecto constituía dos partes la primera que fue la obtención de estas y la segunda fue el suministro como alimento
- En cuanto a la proporción de enzima utilizada (celulasa) se dispuso de lo siguiente: Por cada 10g de nopal o maguey utilizado base fresca, se agregaron 10 microlitros de enzima producida dejando reposar por espacio de 30 minutos.

Cuadro 8. Porcentajes de la dieta por tratamiento

Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Tratamiento 4		Tratamiento 5	
Suministro	%	Suministro	%	Suministro	%	Suministro	%	Suministro	%
Pastoreo	100	Pastoreo	50	Pastoreo	50	Pastoreo	50	Pastoreo	50
		Alfalfa	14	Alfalfa	14	Alfalfa	15	Alfalfa	15
		Sorgo	8	Sorgo	8	Sorgo	10	Sorgo	10
		Nopal	20	Flor de maguey	20	Nopal	20	Flor de maguey	20
		Urea	3	Urea	3	Enzimas		Enzimas	
		Melaza	5	Melaza	5	Melaza	5	Melaza	5

A continuación, se presentan las fórmulas que se utilizaron para el cálculo de la variable

- Ganancia de peso

3.10: Análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó para evaluar el comportamiento productivo de las cabras sobre ganancia de peso 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.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para poder determinar el análisis bromatológico de los ingredientes utilizados en las dietas 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 la flor de maguey, se muestran en el cuadro 9 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) no se encuentran valores similares y se puede atribuir a la diferencia de épocas del año o incluso la precipitación pluvial, de las áreas donde se desarrollan, tipos de suelo donde crecen y la parte de la planta investigada, debido a que los valores pueden variar debido a las condiciones en que se desarrollen.

Para el caso del análisis bromatológico del nopal, como se aprecia en el cuadro 9 y arroja los siguientes datos

- 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 9. Análisis bromatológico del Nopal (*Opuntia spp.*) y flor 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: de la Rosa ^a (2013), Carrasco ^b (2013)

Con respecto a los resultados obtenidos por de la Rosa (2003) y Goper (2001) se encuentra una coincidencia, sin embargo. Espinoza (2001) y Montes (2003) señalan que no obtuvieron diferencia significativa, como se mencionó con antelación los resultados pueden variar debido a las condiciones del clima en dichos años

Según Rivera (2012), los nutrientes que puede aportar para una dieta el ensilaje de nopal tienen promedio un 11.37% de MS, un 6.93% de PC y un 24.37% de FC, en comparación con el ensilaje de maíz se denota una gran diferencia de los nutrientes, en MS tiene un 290% mayor a la de nopal, 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 acuerdo a Kock (1980) menciona que para poder sobrevivir de una oveja de 35 Kg debe consumir aproximadamente 350 g de TDN por día y para satisfacer sus requerimientos debe 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 flor de maguey contiene mayor cantidad de MS (18.56%) en comparación con el nopal que contiene un 14.10% y no se observa una diferencia significativa ya que la flor de maguey esta con un 4% por encima del nopal, 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.

Cambio en Peso

Como se puede observar en la figura 23 los resultados obtenidos en relación al cambio en peso, fueron de 3.7, 6.33, 6.67, 6.67 y 8.67 para los tratamientos I, II, III, IV y V respectivamente, encontrando que el tratamiento V fue superior ($P < 0.05$) a los encontrados para los tratamientos II, III 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).

El tratamiento V es el que refleja un mejor cambio de peso, los cuales contenían como ingrediente principal la flor de maguey, es posible que esto se deba al valor nutricional de este ingrediente, especialmente en el contenido de carbohidratos.

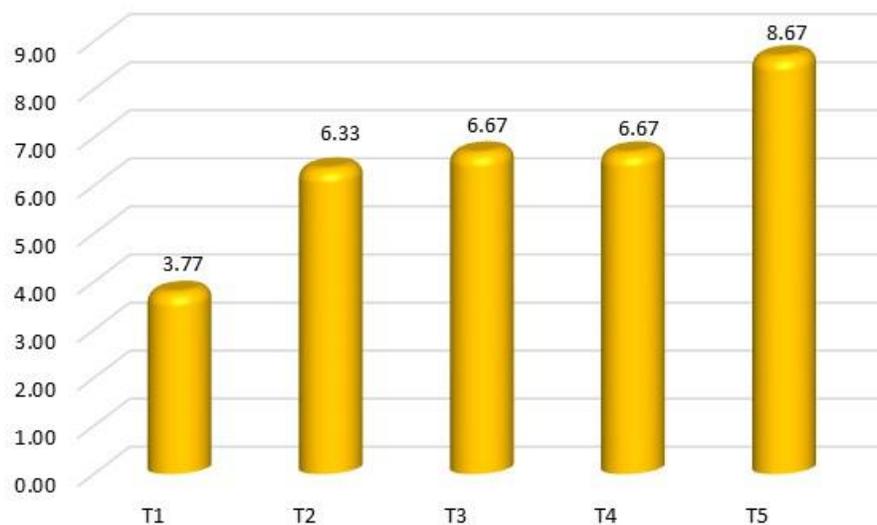


Figura 22 Cambio en Peso en (kg)

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 10. Resultados de parámetros productivos de caprinos alimentados con nopal y flor de maguey

	Tratamiento				
	I	II	III	IV	V
Peso Inicial (kg)	23.38	24.90	18.10	21.60	20.65
Peso Final (kg)	26.20	29.65	23.10	27.80	27.15
Ganancia de peso diaria	0.063 ^c	0.106 ^b	0.111 ^b	0.111 ^b	0.114 ^a

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

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

En investigaciones similares Aguilar, (2010), Salem (2004), Tien y Beynen (2005) y Degu et al., (2009), 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 similares obteniendo diariamente 0.107 g/día, lo que tiene una correlación con su resultado.

5 CONCLUSIONES

Debido a las condiciones climáticas que enfrentan los productores de la región las dietas con nopal y flor de maguey como suplemento del ganado caprino son una buena opción con el fin de evitar que disminuyan los hatos y la productividad de los mismos.

Es importante señalar que la disponibilidad de flor de maguey es estacional, por lo que su utilización se restringe a un periodo de dos a tres meses en el año, sin embargo son coincidentes con las épocas críticas de los agostaderos.

Debido a las condiciones naturales de nopal, esta tiene producción todo el año y puede suministrarle al ganado caprino en tiempos de sequía evitando el sobre pastoreo de los agostaderos y por ende obtener mejores resultados en el hato.

De acuerdo a los datos obtenidos, la hipótesis planteada se comprueba en los tratamientos suplementados con nopal y flor de maguey reflejó ya que en ambos casos se observó un incremento de peso, lo que hace que sea recomendable el incorporarlas en la suplementación de cabras, como una estrategia de alimentación en las zonas áridas y semiáridas del Norte de México.

La flor de maguey y nopal adicionando enzimas generó mejores resultados con respecto al tratamiento II y IV que se adicionó con urea, lo que se puede atribuir a que las enzimas ayudan en el proceso de hidrólisis de la pared vegetal que produce la ruptura de sus enlaces de agua. Sin embargo, el manejo de enzimas es más riguroso y complejo que el manejo de la urea, así como su disponibilidad, por lo que su implementación sería compleja.

La flor de maguey adicionando enzimas obtuvo mejores resultados que el nopal con enzimas, lo que se pudiera atribuir a la mayor cantidad de carbohidratos de la flor de maguey en comparación del nopal por lo tanto genera mejores incrementos de peso.

6 BIBLIOGRAFÍA

- 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.cnspp.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. También disponible en: https://www.google.com.mx/search?client=firefox-b-ab&dcr=0&ei=jnIZWs-eO6La0gKXj46ABQ&q=Gu%C3%ADa+para+el+manejo+de+reba%C3%B1os+caprinos+en+Baja+California+Sur&oq=Gu%C3%ADa+para+el+manejo+de+reba%C3%B1os+caprinos+en+Baja+California+Sur&gs_l=psy-ab.3...112128.112847.0.113741.2.2.0.0.0.130.130.0j1.2.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.1.165.6..35i39k1.165.FLYc9ecnUIM
- 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 de hongo ostra (*pleurotus ostreatus*). Tesis maestro en ciencias. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. p 18, 26,45.

- Brizuela H. (1981). Las razas caprinas de América. Recuperado el 01 de agosto del 2016. Consultado en: <http://www.capraproyecto.com/razas-caprinas-CABRA-LA-MANCHA.html> p 8-11
- 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
- Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). Disponible en: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:FUkM0p_G1dMJ:aps1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio_2014/archivos/02_agrigan/D2_AGRIGAN04_06.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx. Consultado el 9 de noviembre de 2017
- de la R., C.S. 2011.Manuel de producción caprina. s.l., 41-42p. Disponible en <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iv6ql2-dSuAJ:https://ppryc.files.wordpress.com/2011/04/capitulo-5.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx>. Consultado 10 de noviembre de 2017
- Fuentes R. J. M. (2013) Cactus as animal feed. 1ere journée du séminaire international de cactus (sinopaldz). Soukharas, Argelia.
- 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
- Gómez A, C.V. 2003. Producción y Comercialización de Cabrito en Pie, en la Región Sureste de Coahuila. Tesis Lic. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 58-59 p
- Jiménez, G. G., 5-12-2012. Caprinocultura: rentabilidad y medio ambiente Disponible en: <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/815129.caprinocultura-rentabilidad-y-medio-ambiente-1.html>. Consultado el 9 de noviembre de 2017).

- Luikart, G., Gielly, L., Excoffier, L., Vigne J. D., Bouvet, J. & Taberlet, P. 2001. Multiple maternal origins and weak phylogeographic structure in domestic goats. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 98, 5927-32.
- Marroquín, S. J. Borja C. Velázquez y J.A. de la Cruz. 1964. Estudio Ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. INIFAP. SAG; México.
- Medina, G.G; Ruíz, C.J.A; Bravo, L.A.G. 2006. Definición y Clasificación de la Sequía. En: SEQUÍA: Vulnerabilidad, Impacto y tecnología para afrontarla en el Norte Centro de México. Segunda ed. México. INIFAP. 37p. También disponible en “http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/Contenido/Documentos/SEQUIA_Vulnerabilidad_impacto.pdf”
- Medina, G.G; Ruíz, C.J.A; Bravo, L.A.G. 2006. Definición y Clasificación de la Sequía. En: SEQUÍA: Vulnerabilidad, Impacto y tecnología para afrontarla en el Norte Centro de México. Segunda ed. México. INIFAP. 52p. También disponible en “http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/Contenido/Documentos/SEQUIA_Vulnerabilidad_impacto.pdf”
- 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
- Pariza M. W., Cook M. 2010. Determinación de la seguridad de las enzimas utilizadas en la alimentación animal. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 56: 332–342.
- Programa de Estatal de Desarrollo Rural 2011-2017 Coahuila de Zaragoza. Secretaría de Desarrollo Rural, Septiembre 2012. 24 p
- 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. (1987). Alimentación de bovinos en épocas d secas. Recuperado el 1 de septiembre del 2016, de Instituto de 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

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

Rzedowski, 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa México

Sánchez, S, J.G.. 2017. Determinación de la producción de leche de cabras suplementadas con nopal (opuntia spp.) y manilla de maguey (agave spp.) Saltillo, Coahuila, México. 26-27pp

White B.A., Mackie R.I., Doerner, K.C. y R.D. Hatfield. 1993. La hidrólisis enzimática de las paredes celulares de forraje. Sociedad Americana de Agronomía, Crop Science Society of America, Sociedad de Ciencias del Suelo de América, Madison, WI, EE.UU., Pp. 455-484.