

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA



“Caracterización del nopal forrajero”

Por:

ARMANDO HERNÁNDEZ ROSAS

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Saltillo Coahuila, México

Enero 2016

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

"Caracterización del nopal forrajero "

POR:

ARMANDO HERNÁNDEZ ROSAS

MONOGRAFÍA

Que ha sido aprobada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

El presente trabajo ha sido asesorado y aceptado de acuerdo al artículo 89 del Reglamento de Académico para alumnos de licenciatura por el siguiente comité:



**Dr. Antonio F. Aguilera Carbó
Presidente del Jurado**



**Dr. Efrain Castro Narro
Vocal**



**LSC. Diana Elizabeth Castro A.
Vocal**



**Dr. José Duñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal**



Saltillo Coahuila, México, Enero 2016.

AGRADECIMIENTOS

*A **DIOS**, por permitirme terminar mi carrera, estar conmigo siempre, por darme fe y poder confiar en mí mismo en los momentos más difíciles durante esta etapa y por el hecho de existir*

*A **mi Alma Mater** Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y sentirme parte de esta gran familia universitaria. Gracias por darme la oportunidad de desarrollarme en su institución para llegar a ser un profesionalista.*

*Al **Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó**, por la confianza depositada en la realización de este trabajo del cual me siento muy orgulloso de haber formado parte “gracias” por su amistad, paciencia, disposición y apoyo para la culminación de este trabajo.*

*Al **LSC. Diana Elizabeth Castro A.**, por sus sugerencias para mejorar este trabajo y por la disposición para llegar a un feliz término.*

*Al **Dr. Efraín Castro Narro**, por haber aceptado formar parte de este trabajo, su colaboración y asesoría me ayudó en mucho.*

DEDICATORIA

Con amor y cariño para, mis padres Venancio Bonilla Hernández y Paula Rosas Narváez, gracias por darme la vida, por sus sabios consejos que me trajeron hasta donde estoy hoy, y que me hicieron lo que soy; gracias por su apoyo sentimental y económico que me han brindado incondicionalmente a lo largo de mi vida y que me ha impulsado para seguir adelante y lograr mis metas.

A mi padre Venancio Bonilla Hernández:

Que desde pequeño ha sido para mí un ejemplo a seguir, un hombre grande, y maravilloso y que siempre he admirado. Gracias por guiar mi vida con energía, esto es lo que ha hecho que sea lo que soy, te amo papa.

A mi madre Paula Rosas Narváez:

Que es el ser más maravilloso de todo el mundo, gracias por el apoyo moral, tu cariño y comprensión que desde pequeño me has brindado, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más difíciles, te amo mama adorada.

A mis queridos hermanos., Santiago, Blanca, Patricia, Silvia y Ana. A ustedes les dedico esta felicidad inmensa que siento, por haber logrado llegar a cumplir este objetivo, porque no podría haberlo hecho sin ustedes, porque a través de su amor, comprensión, apoyo y consejos, es como pude lograr salir adelante, por todos esos bellos momentos que hemos vivido juntos, porque nunca fueron más importante las cosas materiales, que el amor de hermanos que siempre nos hemos tenido, en ustedes siempre he tenido los mejores amigos, son y serán el motor que me impulsa a lograr realizar mis sueños, por eso y por todas esas razones, quiero que sepan que los AMO .

A mis sobrinos por esa inocencia tan pura que siempre caracteriza a la niñez, por sus sonrisas y alegrías, porque desde su llegada, se invadió de felicidad la familia y por ser la razón de vida de mis hermanos, que dios les de vida, salud y los bendiga siempre.

Santiago, Fernando, José Miguel Hernández duarte, Ricardo de Jesús, Monserrat Pérez Hernández, Óscar David Díaz Hernández.

A mi esposa Erika Haydee Ortiz Jiménez gracias a ti por tu paciencia, por tu comprensión, por tu dedicación, por tu fuerza, por tu amor y por ser tal y como eres, porque te amo. En realidad ella me llena por dentro de muchas fuerzas para conseguir el equilibrio que me permita dar el máximo de mí. Mis palabras sé que no bastan para decirte cuanto te agradezco. Fuiste muy motivadora, me decías que lo lograría perfectamente. Me ayudaste hasta donde te era posible. TE AMO MI AMOR.

A mi cuñado. Miguel Díaz Por su ayuda incondicional y por apoyarme en todo momento, por sus consejos que ojala y algún día comprenderé y sobre todo por ser una buena personas. Gracias por todo.

Estoy muy agradecido con todas a aquellas personas que de alguna u otra manera me ayudaron y estuvieron conmigo en las buenas y malas cuando más necesite de una palabra de aliento siempre me hicieron sentir bien y me comprendieron. Gracias

A mis amigos, Adrián Flores Ordoñez, Flor, Diana, Deyvi, Esteban Gonzales Vital, Marcos Juan Lunas Reyes, Los cuales siempre estuvieron apoyándome y brindándome su amistad y apoyo incondicional durante mi estancia dentro de la universidad.

Índice general

Pag.

AGRADECIMIENTOS.....	2
DEDICATORIA	4
Índice general.....	6
Índices de cuadros	9
Índices de imágenes	10
Resumen.....	11
1. Introducción.....	12
1.1 Objetivo	13
2. Características del Nopal forrajero.....	13
2.1 Generalidades del nopal forrajero.....	13
2.2 Origen	15
2.3 Taxonomía del nopal forrajero.....	16
2.4 Distribución geográfica en México	16
2.5 Distribución geográfica mundial	18
2.6 Importancia socioeconómica del nopal	18
2.7 Los nopales (<i>Opuntia spp</i>) como recursos	19
2.7.3 Nopales forrajeros.....	20
2.7.4 Como cerco	20
2.7.5 Como substrato para la producción de grana de cochinilla	20
2.7.6 como planta medicinal	21
2.7.7 Como materia prima en la producción de cosméticos	21
2.7.8 Como materia prima industrial	21
2.7.9 En la conservación del suelo.....	21
2.7.10 Para abatir la contaminación atmosférica.....	21
2.8 Importancia nopal con fines de reforestación.....	22
2.9 Composición química del nopal.....	22
2.10 Especies y variedades de nopal forrajero.....	23
2.10.1 Nopal Cacanapo(<i>Opuntia lindheimeri</i>)	23
2.10.2 Nopal Cuijo (<i>O. cantabrigiensis</i>).....	24
2.10.3 Nopal Mina (<i>Opuntia rastrera</i>).....	25

2.10.4 Nopal Cegador (<i>Opuntia microdasys</i>)	25
2.10.5 Nopal Duraznillo (<i>O. leucotricha</i>)	26
2.10.6 Nopal coyonoxtle (<i>O. imbricata</i>)	27
2.11 Aprovechamiento de Nopaleras Silvestres.....	27
2.12 Características del Nopal como Planta forrajera	28
2.12.1 Es altamente eficiente en el uso del agua	28
2.12.2 Cuenta con una amplia diversidad genética	28
2.12.3 Tiene un amplio rango de adaptación a las condiciones de clima y suelo	29
2.12.4 Es un forraje de alta productividad	29
2.12.5 Calidad del forraje	29
2.13 Aspectos técnicos.....	30
2.13.1 Tipos de Producción de nopales	30
2.13.2 Establecimiento de Huertas Cultivadas	31
2.13.3 Variedades para plantaciones en terrenos de agostadero o tierras marginales	32
2.13.4 Variedades para plantaciones en terrenos agrícolas.....	33
2.13.5 Métodos de propagación.....	35
2.13.7 Comportamiento del Nopal de Acuerdo con la Disponibilidad de Agua y Nutrientes	36
2.13.8 Plagas y enfermedades	37
2.13.9 La poda.....	38
2.14 Tipos de cosechas	39
2.14.1 Cosecha por el animal	40
2.14.2 Cosecha intensiva.....	40
2.14.3 Cosecha en ganadería extensiva	40
2.14.4 Despunte del nopal	40
2.14.5 Chamuscar en pie	40
2.14.6 Quema en pie	41
2.14.7 Corte y chamusque <i>in-situ</i>	41
2.15 Almacenamiento	42
2.16 Consumo del nopal forrajero.....	42
2.17 Valor nutritivo del nopal	43
2.18 Contenidos de minerales.....	45

2.20	Aportación Nutrimental del Nopal a la Dieta Animal	47
2.21	Digestibilidad	49
2.22	Usos del nopal en la producción animal	49
2.22.1	Ganado bovino productor de leche	50
2.22.2	Ganado bovino productor de carne	51
2.22.3	Nopal en la alimentación de caprinos.....	51
2.22.4	Nopal en la alimentación de ovinos.....	52
2.23	Implicaciones del nopal en las características químicas de la carne y la leche de rumiantes	53
2.24	Consumo de nopal sobre cambios en el pH ruminal	53
2.25	Concentración de AGV	53
2.26	Efectos laxantes.....	54
2.27.1	Bloques Multinutricionales (BM)	55
2.27.2	Nopal Fermentado	57
2.27.3	Producción de etanol	57
2.28	Comparación del nopal con otros forrajes	58
2.29	Ventajas y desventajas que tiene el uso del nopal como forraje	60
2.30	Desventajas	60
2.32	Problemática.....	62
3.	Conclusiones	63
4.	Literatura citada	64

Índices de cuadros

Pág.

Cuadro 1 Clasificación taxonómica de las cactáceas (Bravo 1978)	16
Cuadro 2 Distribución geográfica del nopal y sus usos en México	17
Cuadro 3 Superficie cultivada con nopal en países productores y sus diferentes usos	18
Cuadro 4 Composición química del nopal en diferentes épocas del año	23
Cuadro 5 Análisis bromatológico de cuatro especies silvestres usadas con fines forrajeros y comparados con una variedad de (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	33
Cuadro 6 Análisis bromatológico de especies de nopal (<i>O. ficus-indicata</i>) sin espinas	35
Cuadro 7 Principales plagas del nopal	38
Cuadro 8 Composición mineral del nopal opuntia ficus-indica	46
Cuadro 9 Contenido de agua entre especies y variedades de nopal forrajero en saltillo, coah, México	47
Cuadro 10 Análisis bromatológico de especies y variedades de nopal, expresados en % en base en materia seca.....	48
Cuadro 11 Variación en el contenido de nutrientes digestibles de nopal.....	49
Cuadro 12 Coeficiente de digestibilidad del nopal (opuntia spp) en porcentaje.....	49
Cuadro 13 Composición química de los cultivos del nopal: redonda, gigante y ipa-20 (<i>Opuntia ficus-indica</i>) y miúda.....	59
Cuadro 14 Niveles de calcio, fosforo y potasio para el nopal y ensilados de sorgo y maíz	60

Índices de figuras

Pág.

Figura 1 Nopal cacanapo (<i>O. lindheimer</i>) -----	24
Figura 2 Nopal cuijo (<i>O. cantabrigiensis</i>)-----	24
Figura 3 Nopal mina (<i>O. rastrea</i>) -----	25
Figura 4 Nopal cegador (<i>O. microdasys</i>)-----	26
Figura 5 Nopal duraznillo (<i>O. leuotricha</i>) -----	26
Figura 6 Nopal coyonoxtle (<i>O. imbricata</i>)-----	27
Figura 7 Vacas lecheras alimentadas con una dieta de nopal -----	51
Figura 8 Cabras lecheras alimentándose con nopal-----	52
Figura 9 Borregos comiendo nopal -----	52
Figura 10 Bloques multinutricionales -----	55

Resumen

El nopal (*Opuntia spp*) pertenece a la familia de las *Cactáceas*, originarias de América, que es de las familias de plantas de más amplia distribución. Debido a la gran superficie árida de la república mexicana, los nopales se pueden encontrar prácticamente en todo el país tanto de manera silvestre como cultivada. El nopal es frecuentemente utilizado como forraje en las zonas áridas de México.

El uso del nopal forrajero, en los animales domésticos y en la de la fauna silvestre, ha sido muy importante sobre todo para las regiones áridas del norte de México. Debido a que es altamente eficiente en el uso del agua. Cuenta con una amplia diversidad genética. Tiene un amplio rango de adaptación a las condiciones de clima y suelo. Es un forraje de alta productividad. La composición química del nopal es variable en función de la especie, edad de las raquetas y época del año, independiente de la especie presenta bajo niveles de materia seca y proteína cruda.

Aunque la calidad alimenticia del nopal se cuestiona sobremanera, pues se considera un alimento pobre en nutrientes y fibra, pero rico en agua. El nopal se caracteriza por ser un forraje succulento, bien aceptado por el ganado, con un elevado contenido de agua (83 a 92%) y un valor nutricional muy variado. El contenido de materia seca varía de 8 a 17 %, el cual contiene de 4 a 12 % de proteína cruda, 1.9 a 2.6 Mcal/Kg de energía digestible, 35 a 45 % de fibra cruda, 29 µg/100g de carotenos, 13 mg/100g de ácido ascórbico. Los valores de digestibilidad son del 72 % para proteína, y 65 a 80% para la materia orgánica.

El contenido de proteína del nopal (4 a 12 %) es menor al de leguminosas forrajeras como la alfalfa (16 %), pero similar al de los pastos (6 a 8 %), mientras que su elevado contenido de energía digestible (1.9 a 2.6 Mcal/Kg) lo hace comparable con el de los pastos (2.0 Mcal/Kg) y la alfalfa (2.646 Mcal/Kg).

Palabras claves: Nopal, *Opuntia ssp*, *Cactácea*

Correo electrónico; Armando Hernández Rosas, armando852@live.com.mx

1. Introducción

El nopal ha acompañado a los pobladores de México a través de la historia y está ligado a su idiosincrasia de los mexicanos, desde antes de la fundación de la gran Tenochtitlán, que significa “nopal sobre piedra” (Velázquez, 1998), desde antes de la conquista el nopal ha estado ligado a la vida de los mexicanos, su cultivo en México data desde la época prehispánica, durante el proceso de sedentarización en México las nopaleras están consideradas como un recurso natural trascendental, nos es tan familiar y forma parte del paisaje mexicano y uno de los símbolos de identidad de los mexicanos (Anaya, 2001).

En las zonas áridas del mundo el nopal ha constituido una alternativa de cultivo para la obtención de frutos para consumo humano y para la alimentación de ganado ya que además de adaptarse a condiciones de humedad deficiente, soporta bajas temperaturas (Snyman, 2007).

Aprovechando ventajas del nopal, tales como su alta resistencia a condiciones de aridez, su capacidad de producción de biomasa en condiciones de escasa precipitación, y la constitución de reservas forrajeras para la fauna silvestre y el ganado, se han usado especies del género *Opuntia* para controlar la erosión ya que por la presencia permanente de sus raíces y de la parte aérea de la planta modifican el microclima del área que ocupan (Mulas y Mulas, 2004).

En los agostaderos del Norte de México se ha proporcionado nopal forrajero al ganado ya sea cuando andan en pastoreo libre o estabulado, el cual constituye un buen forraje que proporciona agua e hidratos de carbono al ganado. Los análisis bromatológico de muchas especies de nopal indican que el agua es el elemento más abundante, lo cual es muy importante en las zonas áridas y semiáridas donde en ocasiones es el único forraje disponible para alimentar el ganado, convirtiéndose en alimento de subsistencia siendo consumido en algunas regiones todo el año. Como forraje en las épocas de estío, disminuye en el ganado la necesidad de beber agua, a la vez que satisface su apetito.

El nopal es un forraje complementario o de emergencia, especialmente en épocas de intensa sequía o cuando escasean o son antieconómicos otros forrajes, por eso en la producción de leche, representa un recurso importante por su volumen de consumo. Los forrajes como la alfalfa son caros por sus costos de producción, y más cuando se presenta escasez de agua para riego. Además de que el nopal proporciona una fuente de agua en los lugares áridos, también existen casos en que se reporta al nopal como el único alimento por periodos prolongados de tiempo.

1.1 Objetivo

Documentar información bibliográfica sobre el nopal forrajero, para elaborar el presente documento.

2. Características del Nopal forrajero

2.1 Generalidades del nopal forrajero

El nopal (*Opuntia spp*) pertenece a la familia de las Cactáceas, originarias de América, que es de las familias de plantas de más amplia distribución. Y que ha acompañado a los pobladores de México a través de la historia y está ligado a su idiosincrasia de los mexicanos, desde antes de la fundación de la gran Tenochtitlán, que significa “nopal sobre piedra” (Velázquez,1998), desde antes de la conquista el nopal ha estado ligado a la vida de los mexicanos, durante el proceso de sedentarización en México las nopaleras están consideradas como un recurso natural trascendental, nos es tan familiar y forma parte del paisaje mexicano y uno de los símbolos de identidad de los mexicanos (Anaya, 2001).

Se reportan 258 especies de nopal en el mundo, en México se tiene una gran variación de nopales adaptados a diversas condiciones ambientales y distribuidos en su mayoría en las regiones áridas, en nuestro país se encuentran

más de 100 especies del genero *Opuntia* por lo que los botánicos lo consideran el centro de origen de los nopales (Ríos y Quintana, 2004).

Los nopales son plantas arbustivas, rastreras o erectas, que pueden alcanzar de 3 a 5 m de altura. El sistema radical es muy extenso, densamente ramificado, rico en raíces finas absorbentes y superficiales en zonas áridas de escasa pluviometría. La longitud de las raíces está en relación con las condiciones hídricas y con el manejo cultural, especialmente el riego y la fertilización (Villegas y de Gante, 1997; Granados Sánchez y Castañeda Pérez, 2000; De la Rosa y Santana, 2001). Su tronco es leñoso y mide entre 20 y 50 cm de diámetro. Sus ramas están formadas por cladodios de 30 a 60 cm de largo x 20 a 40 cm de ancho y de 2 a 3 cm de espesor. El cladodio fresco recibe el nombre de nopalito y el adulto de penca.

En las pencas, de color verde opaco, se realiza la fotosíntesis, pues éstas remplazan a las hojas con esa función. Se encuentran protegidas por una cutícula gruesa que, en ocasiones, está cubierta de cera o pelos que disminuyen la pérdida de agua, ya que poseen abundante parénquima. En este tejido se almacenan considerables cantidades de agua lo que permite a las plantas soportar largos periodos de sequía.

Sobre ambas caras del cladodio se presentan las yemas, llamadas areolas, que tienen la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces aéreas según las condiciones ambientales (Granados Sánchez y Castañeda Pérez, 2000). Las areolas presentan en su cavidad espinas, que generalmente son de dos tipos: algunas pequeñas, agrupadas en gran número (gloquidios) y las grandes que son hojas modificadas (Granados Sánchez y Castañeda Pérez, 2000).

Presentan pocas estomas por unidad de superficie, con la particularidad de permanecer cerrados durante el día y abiertos en las noches. Esto evita la pérdida de agua por transpiración durante el día y permite, durante las horas nocturnas, la entrada de anhídrido carbónico, materia prima indispensable para la fotosíntesis.

La hidratación normal del cladodio alcanza hasta un 95 % de agua en peso. Las flores, de 7 a 10 cm de largo, son sésiles, hermafroditas, solitarias y de diversos colores y se desarrollan normalmente en el borde superior de las pencas (Granados Sánchez y Castañeda Pérez, 2000). Su fruto carnoso, llamado tuna, es una falsa baya oval de 5 a 10 cm de largo x 4 a 8 cm de diámetro y su color puede ser amarillo, anaranjado, rojo o púrpuro. La pulpa del fruto presenta numerosas semillas y es dulce, mientras que su epidermis es parecida a la de los cladodios. En terrenos con pH neutro puede llegar a vivir hasta 80 años.

2.2 Origen

El nopal es originario del continente americano; se le encuentra distribuido desde Canadá hasta Argentina y preferentemente en todas las zonas áridas y semiáridas. Dadas las características morfológicas y fisiológicas que presenta esta planta, le permite soportar condiciones ambientales desde escasa precipitación hasta altas y bajas temperaturas. Los cladodios, tallos del nopal, también conocidos como palas o pencas, son articulados aplanados y con tejidos carnosos; en el centro de la penca se encuentra una red bilateral del tejido celulósico que con el transcurso del tiempo se endurece, dándole a ésta una constitución rígida; la forma y el grosor de las pencas es variable, así como su color, el mismo que varía del verde claro hasta el gris o ceniza, según la edad de la planta. Se sabe que esta planta no necesita mayores cuidados en su cultivo; los tunales pertenecen al núcleo de cultivos del futuro que han comenzado a despertar de su desértico letargo (Guzmán y Chávez, 2007).

La familia *Cactaceae* es endémica del continente Americano, lo que significa que antes que el hombre distribuyera plantas de esta familia, no existían en Europa, África, Asia ni en Australia. Las *cactáceas* prosperan sobre todo en las regiones áridas y semiáridas. En México, con el término nopales se reconoce a las plantas de la familia *Cactaceae* de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*; debido a la presencia de gran cantidad de especies. México es considerado como uno de los centros de origen (Flores y Ramírez, 1995).

2.3 Taxonomía del nopal forrajero

Cuadro 1 Clasificación taxonómica de las *cactáceas* (Bravo, 1978)

Reino	Vegetal
Subreino	Vegetal
División	Angiospermae
Clase	Dicotiledóneae
Subclases	Dialipétalas
Orden	<i>Opuntiales</i>
Familia	Cactaceae
Subfamilia	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	<i>Opuntiae</i>
Género	<i>Opuntia</i> y Nopalera

2.4 Distribución geográfica en México

Debido a la gran superficie árida de la república mexicana, los nopales se pueden encontrar prácticamente en todo el país tanto de manera silvestre como cultivada. (Granados y Castañeda 1996), mencionan 3 zonas nopaleras Propuestas por que se basa en la abundancia de nopal y su incidencia natural.

Zonas nopalera principal

Comprende Zacatecas, parte de Aguascalientes, Jalisco, Durango y Guanajuato.

Zonas nopalera del noreste

Comprende Norte de Tamaulipas y noroeste de Nuevo León.

Zona nopalera difusa

Comprende solo las partes cálidas de San Luis Potosí, Zacatecas, Nuevo León, Coahuila, las partes áridas de Durango, Chihuahua.

Las especies características son *Opuntia streptacantha*, *Opuntia leucotricha*, *O. cantabrigiensis*, *O. lindheimeri*, y *O. imbricata*. Las nopaleras silvestres son las más distribuidas en México y se encuentra principalmente en Zacatecas y San Luis Potosí. En Jalisco un ejemplo de nopalera silvestre es *Opuntia Streptacantha* y *Opuntia leucotricha* (Bravo *et al*, 1991).

Cuadro 2 Distribución geográfica del nopal y sus usos en México

Región	Estado	Especie cultivadas	Uso
Altiplano	Aguascalientes, Durango, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas	<i>O. leucotricha</i> <i>O. streptacantha</i> <i>O. robusta</i> <i>O. cantabrigiensis</i> <i>O. rastrera</i> <i>O. lindheimeri</i> <i>O. leptocaulis</i>	Forraje y tuna
Centro-Sur	Puebla, Querétaro y Oaxaca	<i>O. ficus-indica</i> <i>O. amychlaeae</i> <i>O. megacantha</i> <i>O. tomentosa</i>	Forraje, nopalitos y tuna
Golfo de México	Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas	<i>O. lindheimeri</i>	Forraje y tuna
Norte	Chihuahua, Coahuila. Durango y Zacatecas	<i>O. cantabrigiensis</i> <i>O. phaeacanta</i> <i>O. rastrera</i> <i>O. lindheimeri</i> <i>O. compressa</i>	Forraje, nopalitos y tuna

Fuente: López y Elizondo (1990) y Reyes *et al.* (2005).

2.5 Distribución geográfica mundial

El poder de adaptación que poseen las *Opuntias* les permite colonizar casi cualquier medio, su amplio intervalo para modificar su morfología al paso del tiempo, ha permitido que este género se adapta a una gran diversidad de hábitats.

Gracias a sus características que poseen se ha registrado la presencia de las *Opuntias* en gran parte del mundo. Países como Chile, Perú, Brasil, México, Argentina, Colombia, Estados Unidos de América, Italia, España, Sudáfrica, África del Norte y Medio Oriente poseen algunas especies de este género (Barbera 1999).

2.6 Importancia socioeconómica del nopal

El nopal es una especie nativa del continente americano y actualmente tiene distribución mundial. Es reconocida como la cactácea de mayor importancia económica con 3.5 millones de ha. De nopaleras silvestres y más de 1.5 millones de ha. Nopaleras cultivadas, de estas el 88.39% se destinan a la producción de forraje, 6.25% a la obtención de tuna, 4.64% a la producción de grana de cochinilla y 0.72% a la producción de nopalitos. En la actualidad, el nopal se cultiva más de 20 países entre que destacan Brasil, México y Perú.

Cuadro 3 Superficie cultivada con nopal en países productores y sus diferentes usos

País	Superficie (ha)			
	Forraje	Tuna	Nopalitos	Obtención de cochinilla
Brasil	500, 000	-	-	-
Sudáfrica	350, 000	4,500	-	100
Norte de África	250, 000	20, 000	-	-
Italia	-	3,000	-	-
México	10, 048	72,500	10, 930	10
Estados unidos	10, 000	200	200	-
Perú	-	2,974	-	70, 000
Bolivia	-	-	-	1, 000
Chile	2, 000	1,100	-	395

Fuete: Flores (2004), SIAP (2005) y Sáenz, 2006.

2.7 Los nopales (*Opuntia spp*) como recursos

El aprovechamiento y cultivo de los nopales, que pertenecen a la familia de las *Cactáceas*, se remonta a las antiguas culturas mesoamericanas y su importancia en la vida social, económica y religiosa alcanzó elevados niveles.

Los nopales tienen un variado potencial de aprovechamiento, sin embargo, con base en su importancia económica, destacan varios tipos de uso: Nopales como verdura, Nopales tuneros, Nopales forrajeros. Nopales como cerco, Nopal como sustrato para la producción de grana de cochinilla, Nopal como planta medicinal, Nopal como materia prima en la producción de cosméticos, Nopal Como materia prima industrial, Nopal como en la conservación del suelo y Nopal Para abatir la contaminación atmosférica.

2.7.1 Los nopales como verdura

Los nopales verdura, son conocidos comúnmente con el nombre de “nopalitos” y su cultivo se ha difundido en los últimos años, ya que un gran número de especies de nopal son aptas para el consumo como verdura fresca. Entre las especies utilizadas pueden mencionarse: el nopal de castilla *Opuntia ficus-indica* (*O. Robusta*, el nopal cardón) (*O. streptacantha* Lem.) y el nopal criollo (*Opuntia spp*). Esto explica que en el mercado se puedan encontrar gran diversidad de nopalitos.

2.7.2 Nopal tunero

El fruto de los nopales aplanados *O. platiopuntias* es conocido comúnmente como “tuna”. Se trata una baya carnosa cilíndrica y jugosa. Su explotación a nivel comercial se lleva a cabo en dos zonas bien definidas: la primera comprende las porciones áridas y semiáridas del centro-norte de México y la segunda, las zonas semiáridas del centro sur del país.

Las tunas eran consumidas por los indígenas como fruta fresca o secada al sol (Cruz de la, 1994). Existen evidencias de que también eran utilizadas en medicina tradicional, como material cementante en las construcciones o para purificar el agua.

2. 7.3 Nopales forrajeros

Los principales nopales utilizados como forraje son variedades de dos especies del género *Opuntia*: *O. ficus indica* y *O. robusta*, aunque Conaza ha intensificado la experimentación con fines de propagación del “nopal tasajillo” (*O. leptocaulis*), muy abundante en todo el desierto chihuahuense. La porción noreste del país, de condiciones semiáridas, es propicia para el desarrollo del nopal forrajero. Por otra parte, en las zonas áridas de Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí, donde el clima es más riguroso, existe la posibilidad de instalar plantaciones de nopal forrajero. Los nopales representan un recurso espontáneo, disponible para ser recolectado por los habitantes de esas zonas. Sus pencas son utilizadas como forraje para el ganado en época de sequía o durante el invierno.

2.7.4 Como cerco

La utilización de variedades espinosas para formar cercos en los huertos familiares y en los predios ganaderos es común y muy antigua en México (Flores y Ramírez, 1995).

2.7.5 Como sustrato para la producción de grana de cochinilla

La obtención de colorante carmín, producto de la cochinilla que parasita el nopal, está volviendo a tener importancia en los estados de Oaxaca y Chiapas. La producción de grana fue en la época de la colonia, la segunda fuente de divisas, después de la plata en la Nueva España. El mercado de grana decayó con el desarrollo de las anilinas artificiales, pero recientemente al considerarse algunas

de estas como cancerígenos se reabrió el mercado para la grana, siendo demandado por la industria de embutidos cárnicos y cosméticos. Sobre todo en el ramo de jarabes (Flores y Ramírez, 1995).

2.7.6 Como planta medicinal

El consumo de nopalitas y de tuna ácida (el xoconostle) ha probado que abate en la sangre los niveles de azúcar y colesterol, por lo que la gente los consume cocinados, así como en cápsulas y comprimidos (Flores y Ramírez, 1995).

2.7.7 Como materia prima en la producción de cosméticos

En México se fabrican jabones, cremas, champús y enjuagues, que contienen extractos de nopal (Flores y Ramírez, 1995).

2.7.8 Como materia prima industrial

En México se procesa el nopalito como alimento (en salmuera y escabeche), principalmente para el mercado de exportación; de la tuna se ha propuesto la obtención de mermelada, jugos, néctares, colorantes, pectinas y fructosa (Flores y Ramírez, 1995).

2.7.9 En la conservación del suelo

El nopal se utiliza para proteger el suelo y frenar la desertificación, es una planta que puede formar “setos” en curvas de nivel que ayudan a controlar la erosión del suelo, además de que soporta los ambientes desfavorables del desierto, caracterizados por una precipitación pobre y errática y alta oscilación térmica diaria y anual (Flores y Ramírez, 1995).

2.7.10 Para abatir la contaminación atmosférica

El nopal, como planta de tipo CAM, consume CO₂ por la noche en grandes cantidades, por lo que es recomendable su uso masivo en los camellones de las

ciudades con problemas de contaminación y aún como plantas de ornato en el interior de las casas habitación (Flores y Ramírez, 1995).

2.8 Importancia nopal con fines de reforestación

En las regiones áridas y semiáridas del Norte de México, en la época de sequía, el uso generalizado del nopal como sustituto de forraje es una de las causas por las que su explotación comercial se requiere. Por sus características de adaptación se puede cultivar con éxito, teniendo cuidado con la selección de las especies a plantar, con la estructura de captación de agua superficial así como con el establecimiento de medidas de protección y explotación racional de las nopaleras existente y el establecimiento de nuevas plantaciones, con el objetivo de evitar la erosión y recuperar tierras erosionadas o el aprovechamiento de aquellas áreas que por lo accidentado de la topografía no se pueden aprovechar con cultivos tradicionales (Borrego, 1984).

2.9 Composición química del nopal

La composición química del nopal es muy variable en función de la especie, edad de las raquetas y época del año. Por su características adaptativas a ambientes áridos el nopal independientemente del género presenta bajos niveles de materia seca, proteína cruda y valores medianos para FDN y FDA. La grande riqueza del nopal está en sus altos niveles de carbohidratos no estructurales y materia mineral.

El nopal presenta altos niveles de agua en su composición, cabe resaltar que el elevado contenido de humedad del nopal es muy importante en regiones áridas, pues atiende gran parte de los requerimientos de agua de los animales, principalmente en el periodo seco (Santos, D. C.; Santos, M. V. F 2001). Por las características presentadas el nopal no puede ser ofrecido a los animales como fuente única de alimento, pues presenta limitaciones en cuanto a proteína y fibra no consiguiendo atender a las necesidades nutrimentales del ganado. Por lo tanto se hace necesario su asociación con alimentos rico en proteína y fibra.

Cuadro 4 Composición química del nopal en diferentes épocas del año

<i>Opuntia ficus-indical</i>								
Estación	MST	C	PC	EE	FC	ELN	M O	Autor
Primavera	93.43	31.15	6.89	2.1	17.89	41.97	62.28	Gopar, 2001
Verano	91.05	27.92	8.71	1.98	14.59	46.80	65.62	Salas, 2004
Otoño	90.94	21.04	9.14	1.48	14.47	54.69	69.90	Sánchez, 2001
Invierno	94.45	28.55	8.48	2.58	16.58	56.19	65.8	Montés, 2003

MST=Materia Seca total. C= cenizas. PC= proteína cruda. EE= Extracto Eterio. ELN= Extracto Libre de Nitrógeno. MO= Materia Orgánica¹(%)

2.10 Especies y variedades de nopal forrajero

Es muy importante conocer las diversas especies de nopal para saber sus características y condiciones en que se puede establecer una variedad.

2.10.1 Nopal Cacanapo(*Opuntia lindheimeri*)

Se describe como una planta arbustiva, sub erecta a postrada, de 1 a 3m de altura, artículos obovados a orticulares o raramente alargados, normalmente de 15 a 25 cm de longitud, generalmente de 12 a 20 cm de ancho, de color verde y que tiende a verde azulado, más intenso conforme aumenta la latitud hacia el oeste. Hojas angostamente cónicas, de 3 a 9 cm de largo. Espinas presentes en la mayoría de las areolas del artículo, salvo en las más basales, amarillas o a veces blanco amarillentas, en ocasiones la base negra, morena o roja, de una seis por areola , generalmente una de ellas extendidas, tubulada, de 12 a 38 o hasta 50mm de longitud, base de 0.7 cm de ancho. Flores de 5 a 8 de diámetro, segmento exteriores del perianto obovados de 0.6 a 3.5 cm de largo, mucronatos de color amarillo a verde rojizo, estilo de 1.2 a 2 cm de longitud, de color amarillo verdoso, lóbulo del estigma de 6 a 8 y de 4.5 a 6mm de longitud. Fruto carnoso, obovado o alargado de 3 a 7cm de longitud por 2.5 a 3 y hasta 3.8 cm de diámetro. Semillas

de color bayo claro, asimétricamente elípticas de 3 a 4 mm de largo, 2.5 a 3 mm de ancho y 1.5 mm de espesor. La distribución de esta especie es muy variable y está ampliamente extendida con sus muchas formas en algunos estados de EE.UU.: al suroeste de Luisiana, al noreste de Nuevo México, al suroeste de Arizona, al sureste y suroeste de Texas. En la República Mexicana se encuentra distribuida principalmente en los estados de Tamaulipas, nuevo león, Coahuila, Durango, Chihuahua (Britton y Rose, 1973; Bravo 1978; Lamb y Lamb, 1983).



Figura 1 Nopal cacanapo (*O. lindheimeri*)

2.10.2 Nopal Cuijo (*O. cantabrigiensis*)

Es un arbusto con tronco bien definido y espinas abundantes, usado principalmente para alimentar caprinos. Se encuentra ampliamente distribuido a altitudes de 1 500 a 2 200 m, a densidades relativamente bajas, sobre suelos calcáreos en los estados de Nuevo León, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Hidalgo, Aguascalientes, Durango, Jalisco, Querétaro y Guanajuato.(Britton y Rose, 1973; Bravo 1978; Lamb y Lamb, 1983).



Figura 2 Nopal Cuijo (*O. cantabrigiensis*)

2.10.3 Nopal Mina (*Opuntia rastrera*)

Arbusto de hábito rastrero, menor a 1 m de altura, ampliamente usado como forraje para vacas lecheras en los estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Durango y Aguascalientes. Crece bien en un amplio rango de tipos de suelo, desde delgados hasta profundos, rocosos y calcáreos. Algunas veces es encontrado formando densas comunidades (Britton y Rose, 1973; Bravo 1978; Lamb y Lamb, 1983).

Artículos circulares hasta obovados, los más grandes de unos 20cm de diámetro, formado grandes cadenas. Espinas blancas con base oscura, varias en cada areola, la más larga de 4cm de longitud: gloquidas amarillas. Flores amarillas. Fruto púrpura, ácido, obovado.



Figura 3 Nopal Mina (*O. rastrera*)

2.10.4 Nopal Cegador (*Opuntia microdasys*)

Plantas bajas y cespitosas que forma matorral, de 40 a 60 cm de altura, a veces arbustos bajos y muy ramosos que llegan a un 1m de altura. Artículos oblongos u orbiculares, de 8 a 15 cm de longitud, de color verde pálido. Areolas conspicuas, grandes, circulares muy próximas entre sí, provistas de numerosas gloquidas de color amarillo oro o castaño. Espinas, ninguna, rara vez una, amarilla. Flor de 4 cm de diámetro; pétalos amarillo con tinte rojizo, filamento blancos; lóbulos del estigma de seis a ocho, verdes. Fruto globoso. Rojo oscuro, con areolas numerosas que llevan abundantes gloquidas amarillas. Semillas pequeñas, de 2 a 3 mm de diámetro. Está distribuida en el desierto chihuahuense

y llega hasta el estado de Hidalgo. Es una planta ornamental, aunque ocasionalmente se aprovecha como forraje.



Figura 4 Nopal Cegador (*O. microdasys*)

2.10.5 Nopal Duraznillo (*O. leucotricha*)

Es la especie más ampliamente distribuida en la región Zona del altiplano. Que se ubica principalmente en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, pero que también comprende partes de Aguascalientes, Durango, Guanajuato, y Jalisco. Incluye vegetación arbórea de *O. leucotricha* (nopal duraznillo), se encuentra a altitudes entre 1 500 y 2 500 m.s.n.m. con una lluvia anual que varía de 220 a 450 mm. Las poblaciones silvestres han sido severamente afectadas por el crecimiento continuo del área cultivada con maíz y frijol.



Figura 5 Nopal Duraznillo (*O. leucotricha*)

2.10.6 Nopal coyonoxtle (*O. imbricata*)

(*Nopal coyonoxtle*, *xoconoxtle*, *cardenche* o *choya*) exhibe una gran variabilidad y se encuentra ampliamente distribuido en los estados de Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Chihuahua, Aguascalientes, Durango, Jalisco y Guanajuato. Crece bien en suelos relativamente pobres y es una planta invasora típica de pastizales con manejo deficiente. Usado como forraje de cabras y ovejas después de chamuscar las espinas *in situ*.



Figura 6 Nopal coyonoxtle (*O. imbricata*)

2.11 Aprovechamiento de Nopaleras Silvestres

En México se tiene reportes del uso de nopal como forraje desde la época de la colonia, principalmente en las regiones áridas del norte del país. Según diferentes reportes consignados en México el género *Opuntia* se encuentra en diferentes composiciones florísticas como el bosque espinoso, matorral subtropical, sabana, pastizal, matorral xerofito, matorral micrófilo.

En el norte de México, dentro de las especies de nopal silvestre que se usan como forraje, (De la Rosa y Santana 2000), mencionan al nopal rastrero (*O. Rastrera*, *O. lindheimeri*), al cubijo (*O. Cantabrigiensis*), al duraznillo (*O. leucotricha*), al coyotillo (*O. azurea*), al nopal tapon (*O. robusta*) y al nopal cardón (*O. Estrepttacantha*), otras especies como duraznillo, cardón, tapón, cuijo (*O. cantabrigiensis*), rastrero, cacanaipo (*O. lindheimeri*, *subarmata* y *tricolor*), morado (*O. violacea*), (*O. Phaecantha*), (*O. engelmannii*), xoconoxtle (*O. imbricata*), (*O.*

microdasys), también incluyen otras especies como serrano (*O. stenopetala*), cardenche (*O. imbricada*), choya (*O. fulgida*), chivero (*O. macrocentra*), espina amarilla (*O. chrysacantha*), penca redonda (*O. lucens*), Durango (*O. duranguensis*) y azul (*O. tenuispina*).

2.12 Características del Nopal como Planta forrajera

En las zonas áridas y semiáridas se han utilizado plantas nativas manejadas agronómicamente para producir forraje, de ellas el nopal el más ampliamente usado por las características que posee y entre las cuales destacan.

2.12.1 Es altamente eficiente en el uso del agua

El nopal se adapta a condiciones de precipitación de 200 a 1800 mm; sin embargo, cuando la precipitación es muy alta se presentan problemas de enfermedades fungosas y pudriciones bacterianas (De la Rosa y Santana, 1998), el rango de precipitación donde mejor se comporta el nopal es de 200 a 850 mm. Es más eficiente en el uso de agua que los cultivos forrajeros tradicionales, es de tres a cuatro veces más eficiente que especies como el maíz y sorgo y hasta cinco veces más que la alfalfa o trigo, consigna que el nopal utiliza 267 litros de agua/kg de materia seca comparados con 500,666 y 1000 litros que usan la cebada, el sorgo y la alfalfa respectivamente (López *et al* 2001; Martínez y Lara, 2003).

2.12.2 Cuenta con una amplia diversidad genética

La amplia base genética de la especie se adapte en gran parte del país. México cuenta con 104 especies reportadas, de ellas 60 % se encuentran ampliamente distribuidas en la zona árida y semiárida de México (López *et al.*, 2001).

2.12.3 Tiene un amplio rango de adaptación a las condiciones de clima y suelo

El nopal se encuentra en un amplio rango de altitud, se le encuentra desde el nivel de mar hasta 2675 msnm y su óptimo está entre 800 y 2500 msnm. El rango de temperatura para el crecimiento del nopal es de 6 a 36 °C y la temperatura óptima es de 15 a 16 °C. Su tolerancia a heladas varia con la especie y variedad, (Valdez et al. 2001), reportan que a temperaturas de -11 °C, el nopal duraznillo (*Opuntia leucotricha*) y tapón aguanoso(*Opuntia robusta*) no presentaron mortalidad de cladodios, en tanto que las variedades de COPENA (*Opuntia ficus-indicus*) fueron muy sensibles, presentando daños de entre 80 y 100 % de cladodios muertos. Se adapta a una amplia variedad de texturas y profundidades de suelo, aunque prospera mejor en suelos calcáreos profundos con buen drenaje de textura arenosa a franca y sin problemas de salinidad y con un pH entre 6.8 a 8.2 con un óptimo de 7.5 (FAO, 2009).

2.12.4 Es un forraje de alta productividad

El rendimiento potencial del nopal es de 39 a 55 ton/ha de forraje seco en el quinto año de establecida la nopalera; en sistemas intensivos de cultivo bajo irrigación el rendimiento puede llegar hasta más de 100 ton/ha (López *et al.* 2002; Martínez y Lara, 2003).

2.12.5 Calidad del forraje

La calidad del forraje difiere entre las especies, pero en promedio se puede indicar que el contenido de materia orgánica es 84 %, la digestibilidad de la materia orgánica 78.9 %, la proteína cruda va de 4.1 % a 14 %, la fibra detergente neutro 23.8 %, la fibra detergente ácido 14.7 % y el contenido de materia seca 9.1 % (Guevara *et al.*, 2004, Fuentes, 2003).

2.13 Aspectos técnicos

2.13.1 Tipos de Producción de nopales

2.13.1.1 Producción en nopaleras naturales

En el Noreste de México el nopal forrajero utilizado para la alimentación de ganado proviene de nopaleras naturales que existen, en forma abundante, en muchas regiones. Estas nopaleras se distribuyen en una superficie de 282,984 km² y son explotadas en forma irracional. La producción de los nopales naturales es variable y su recuperación va a depender del manejo a que se someta, así como a las condiciones climáticas subsecuentes. Recuperándose las poblaciones naturales incrementando la producción de biomasa en pie. Las producciones pueden variar de 25 a 125 toneladas por hectárea después del quinto año de plantada o de descanso, dependiendo del manejo que se le haya dado, de la especie utilizada, la densidad de plantas por ha, de las condiciones del clima, de si es de riego o de temporal, si se fertilizo y de que se encuentra protegida. Es importante resaltar que la extracción del nopal forrajero generalmente se hace con todo y raíz lo que hace poco probable su rehabilitación (Medina, 1990).

2.13.1.2 Producción en nopales antropogénicas

Este sistema de establecimiento de plantaciones para producción de nopal forrajero no es muy usado, aun cuando el gobierno federal ha implementado programas de rehabilitación de agostaderos con nopal y maguey forrajero. Actualmente se han estado evaluando los factores que han influido en el establecimiento y producción de estas plantaciones bajo condiciones de aridez. Este sistema de plantación se debe promover ya que impacta de buena manera en el aspecto social, económico y ecológico. Con estrategias de plantaciones de 2500 plantas por hectárea, es factible obtener rendimientos superiores a 100 toneladas por hectárea a partir del quinto año de su establecimiento. El séptimo año puede llegar a producir un promedio de 160 ton por ha. Para una producción sostenida se requiere de una cosecha escalonada de las nopaleras establecidas. Sin embargo, esta producción puede variar dependiendo de la densidad. En

densidades de 40 000 plantas por ha, bajo buenas condiciones, con riego y fertilizadas, se pueden obtener producciones de 400 ton por ha. En nuestra región la producción es más reducida, debido a las condiciones ambientales, que generalmente son adversas la producción en algunos casos puede llegar a las cinco a 15 toneladas de base real al quinto año de establecida la plantación (Medina, 1990).

2.13.2 Establecimiento de Huertas Cultivadas

El deterioro de las nopaleras silvestres y el incremento de los costos de acarreo del nopal han propiciado el cultivo de nopal forrajero en áreas aledañas a los establos o corrales de manejo del ganado en donde se han establecido huertas de nopal forrajero.

Las sequías provocan una escasez de alimento para el ganado en algunos países lo que a su vez provoca un incremento en la alimentación del ganado en donde los forrajes y sus subproductos son las principales fuentes de energía, proteínas, minerales y vitaminas para el ganado; sin embargo volumen disponible no satisface en muchos casos las necesidades nacionales y el nopal puede contribuir a suplir esas deficiencias en algunos ambientes específicos (Cuevas *et al.*, 2006).

En países como Argentina, Brasil, Estados Unidos de América y México, gran parte del área plantada con nopales tiene destino forrajero, el uso principal del nopal es como forraje para alimentación animal, en Sudáfrica, la superficie actual cubierta con nopales cultivados para la producción de fruta ocuparía cerca de 2,000 ha y para la producción de forraje aproximadamente 525,000 ha; en Etiopía la superficie que cubre es cercana a las 355,000 ha de las que, cerca de 30,000 ha son cultivadas un gran número de familias cuentan con al menos una pequeña plantación, su uso actual se limita al consumo del fruto fresco; los nopalitos, pero los cladodios sirven de sustento al ganado y las pencas viejas y leñosas se utilizan como combustible, en Eritrea a Noreste de África una especie

silvestre y se utiliza como cerco vivo, para el control de la erosión y para la alimentación de camellos, cabras y ovejas (Sáenz C. 2006.)

El establecimiento de huertas de nopal forrajero en México se registra a principios de los años 1960's del siglo veinte, desde entonces se ha venido realizando cada vez con mayor frecuencia. En comparación con las especies silvestres de *Opuntia*, que generalmente están provistas de espinas, *Opuntia ficus-indica* que está considerada como una especie de crecimiento rápido por lo que se ha preferido su uso en huertas cultivadas en diversos países como México, Brasil y norte de África sobre todo dándole preferencia a las variedades sin espinas (Guevara *et al.*, 2009).

2.13.3 Variedades para plantaciones en terrenos de agostadero o tierras marginales

El aprovechamiento y cultivo de los nopales, que pertenecen a la familia de las *Cactáceas*, se remonta a las antiguas culturas mesoamericanas y su importancia en la vida social, económica y religiosa alcanzó elevados niveles.

Si la plantación de la nopalera se va a establecer en tierras marginales o en agostadero es más recomendable usar especies y variedades silvestres con espinas porque estas tienen mayor rusticidad y la presencia de espinas en sus cladodios sirven de defensa contra el consumo no deseado por parte de animales silvestres (roedores y lagomorfos) y domésticos, los cuales en ocasiones pueden dañar severamente la plantación. Estas especies, además de su aclimatación a condiciones poco favorables de clima y suelo, son precoces, presentan gran desarrollo vegetativo que se traduce en más forraje, tienen buena resistencia a plagas y enfermedades y su valor nutritivo es alto (Arechiga *et al.*, 2007).

Para condiciones de agostadero o tierras marginales las especies que se recomiendan son: cardón (*O. streptacantha*), duraznillo (*O. leucotricha*), tapón (*O. robusta*), cuijo (*O. cantabrigiensis*), rastrero (*O. rastrera*), cacanapo (*O. lindheimeri*),

rastrero (*O. engelmannis*), cegador (*O. microdasys*), coyotillo (*O. azurea*) y *O. phaeacanta* (López *et al.*, 1996; Flores y Aranda, 1997ab; Luna y Urrutia, 2008).

La calidad del forraje que producen las especies silvestres es comparable a la de las especies cultivadas. En general el nopal se considera como forraje de emergencia o de mantenimiento porque su calidad, particularmente el contenido de proteína cruda, no es tan alta como la de otros forrajes.

Cuadro 5 Análisis bromatológico de cuatro especies silvestres usadas con fines forrajeros y comparados con una variedad de (*Opuntia ficus-indica*)

	Opuntia rastrera	Opuntia cantabrigensis	Opuntia lindheimeri	Opuntia robusta	Opuntia Ficus-indica
Materia seca	14.41	11.86	11.57	10.38	11.29
Proteína cruda	2.78	4.79	4.15	4.43	3.81
Extracto Etéreo	0.76	1.09	1.03	1.73	1.38
Fibra cruda	6.18	3.71	3.02	17.63	7.62
Cenizas	40.11	31.54	25.50	18.59	13.07
EIN	43.32	58.87	66.25	57.61	74.13

Fuente: Vázquez *et al.* (2007).

2.13.4 Variedades para plantaciones en terrenos agrícolas

Para establecer nopaleras en terrenos agrícolas con mejores condiciones de suelo y humedad y con un manejo agronómico más intensivo, se recomienda usar variedades sin espinas por: ser más productivas, tienen una alta tasa de rebrote; son más palatales y más digestibles, lo que se traduce en mayor aceptación y consumo por el animal; y su manejo y utilización es más fácil por no poseer espinas. Por otra parte, las desventajas que tienen en relación a las especies silvestre es que son más susceptibles a daños por roedores y lagomorfos y tienen menos resistencia a las heladas (Aréchiga *et al.*, 2007).

Actualmente existe un amplio número de variedades de nopal forrajero sin espina, las cuales por lo general pertenecen a la especie *Opuntia ficus-indica*. De las variedades disponibles, indican que las más apropiadas para producir forraje en condiciones cultivadas intensivas son la Pabellón y COPENA F-1, Bajo condiciones de temporal estas variedades producen 75 y 118 t ha de forraje verde, respectivamente. La variedad COPENA F-1 es la única reconocida como una variedad mejorada para producción de forraje y se ha observado que su palatabilidad es mayor que la de otras variedades (Borrego y Burgos, 1986; de la Rosa y Santana, 1998).

Otro factor a considerar en la selección de la variedad es la ocurrencia de heladas en el área de la plantación ya que existe diferencia entre especies y variedades de nopal con respecto a su tolerancia a frío, esto es especialmente crítico en lugares donde las heladas son frecuentes. Reportan que las variedades liso forrajero y Pabellón muestran más tolerancia a las bajas temperaturas que la COPENA F-1 y COPENA V-1 (Borrego y Burgos, 1986; de la Rosa y Santana, 1998).

Respecto a la calidad de las variedades sin espinas utilizadas para forraje. Reportan contenidos de proteína cruda y fibra cruda mayores que las reportadas en las variedades silvestres (Vázquez *et al.* 2007), y menores contenidos de ceniza. Sin embargo indica lo contrario, que las variedades criollas tienen mayor contenido de proteína cruda que las variedades mejoradas, pero al chamuscar las criollas para usarlas disminuye la cantidad de este nutriente en el forraje. Esta discrepancia en los resultados es debido a que la calidad nutricional del nopal varía ampliamente entre especies, como las variedades, la etapa de madurez de la penca y factores de fertilidad del suelo.

Cuadro 6 Análisis bromatológico de especies de nopal (*O. ficus-indicata*) sin espinas

	Italiana	Conafrut	Chicomostoc	Esmeralda	San Lorenzo
Materia seca	9.25	10.0	11.0	10.4	8.7
Proteína cruda	6.86	6.86	8.79	6.65	8.83
Extracto Etéreo	1.25	1.07	1.58	1.10	1.62
Fibra cruda	9.57	10.02	9.60	11.54	10.25
Cenizas	22.69	14.40	18.97	18.64	17.22

Fuente: (Gutiérrez, 2008).

2.13.5 Métodos de propagación

El nopal *Opuntia SPP*, puede reproducirse de dos formas: sexual y asexual. (Villareal 1958), menciona que la producción asexual permite lograr en menor tiempo los objetivos además de proporcionar material completamente uniforme. Señala además que la reproducción sexual se utiliza únicamente para obtener nuevas variedades y en la búsqueda de nuevos individuos que sean más vigorosos, que observen mayor producción y mejor calidad.

La reproducción asexual es la más usada en la propagación comercial, puesto que el desarrollo de las plantas es más rápido, conservando su descendencia la misma características de la planta madre.

Burgos, (1983), señala que la reproducción asexual se puede realizar, en nopal de las formas siguientes:

- Por medio de pencas o cladodios.
- Por medio de fracciones mínimas (de cladodios).
- Por medio de cultivo de tejidos.

- Por injertos.

2.13.6 Ambiente del nopal

Las especies de nopal se distribuye en formas en diferentes anatómicas y morfológicas. Por ejemplo de sus características silvestres prosperan en condiciones ecológicas marginales. Mientras que las especies sin espinas prosperan en sitios con condiciones de mejor humedad y suelo y con protección contra los animales.

2.13.7 Comportamiento del Nopal de Acuerdo con la Disponibilidad de Agua y Nutrimentos

El cultivo del nopal como forraje se ha realizado en condiciones de temporal y en condiciones de riego, en condiciones de temporal se ha establecido con éxito con precipitaciones menores a los 200 mm anuales, pero se tienen evidencias del incremento del rendimiento al incrementar la precipitación. También se tienen evidencias del impacto de la densidad de población sobre el rendimiento en condiciones de temporal.

Se ha demostrado la respuesta del nopal forrajero al manejo agronómico, reportándose beneficios del manejo de las densidades de plantación, de la aplicación de fertilizantes o abonos orgánicos y del suministro de agua a través del riego.

En plantas de nopal de 5.4 años de edad se obtuvo una acumulación de materia seca anual de 13 toneladas por hectárea con tres riegos de 80 mm cada uno durante la temporada seca y con 300 mm de precipitación media anual en Chile, en donde se pudo notar que con el uso del riego se puede mantener la tasa de asimilación neta del cultivo durante todo el año (Acevedo *et al.*, 1983).

Se ha demostrado el potencial de productividad de biomasa de *Opuntia amyoclea* Tenore y *Opuntia ficus-indica* en condiciones cultivadas lo que ha servido como criterio para incrementar su cultivo en regiones áridas y en otro tipo de regiones. En condiciones cultivadas con aplicación constante de fertilización y

agua de riego, el rendimiento de material seca fue 50 % superior, con rendimientos de 47 t ha⁻¹ año⁻¹, que en plantas en condiciones de temporal en *Opuntia ficus-indica* en Coahuila.

México, un comportamiento similar se obtuvo con *Opuntia amyoclea*. En un estudio de la eficiencia de uso del agua en *Opuntia ellisiana* en condiciones de campo del estado de Texas, Estados Unidos de América, se observó que se requiere de 162 litros de agua para producir un kilogramo de materia seca, lo cual sitúa a esta especie como superior a otras plantas, en cuanto a eficiencia en el uso del agua (Guzmán y Chávez 2007). Menciona que el nopal tiene una eficiencia de uso del agua de 267 litros para producir un kilogramo de materia seca y al compararlo con el sorgo, el trigo y la alfalfa, entre otras especies, determina que *Opuntia* es más eficiente que estos que necesitan 666,750 y 1000 litros de agua para producir un kilogramo de materia seca.

2.13.8 Plagas y enfermedades

En general las plagas que se presentan en el nopal son controladas por medio de la poda frecuente que se realiza al cosechar para forraje, ya que periódicamente se elimina toda la parte más suculenta, quedando en el campo las parte fibrosa de la planta y menos apetecida por las plagas. En caso de presentarse enfermedades en la plantación es conveniente eliminar las plagas completas para evitar su diseminación. El conocimiento de las plagas y enfermedades es clave para evitar sus daños y generalmente el tratamiento es preventivo, dando prioridad a cosechar las pencas parasitadas o enfermas.

Cuadro 7 Principales plagas del nopal

Nombre común	Nombre científico
Picudo barrenador	<i>Cactophagus spinolae</i>
Picudo de la espinas	<i>Cylindrocopturus birradiatus</i>
Gusano blanco del nopal	<i>Laniferaciclades</i>
Gusano cebra	<i>Olycellanephelepsa</i>
Chinche gris	<i>Chelinidaetabulata</i>
Chinche roja	<i>Hesperolabops gelastops</i>
Mosca del nopal	<i>Dasiops bennetti</i>
Trips del nopal	<i>Sericotrips opuntiae</i>

Fuente: Lozano (1958)

2.13.9 La poda

El nopal soporta podas fuertes y continuas. En localidades libres de heladas, la poda puede ser efectuada en cualquier época. Los huertos dedicados a la producción de fruta son podados después de cosechar, al final de la estación de crecimiento. La emergencia de yemas es mayor si la poda se efectúa durante la estación de crecimiento. En la mayoría de los cultivares, la brotación vegetativa supera a la reproductiva. La planta puede ser mantenida en estado juvenil por tiempo indefinido con poda continua, esta práctica es básica en la utilización de nopal como verdura (Pimienta, 1990).

Si no se podan, los cladodios continúan creciendo hasta el otoño, diferenciando flores al inicio de la primavera siguiente. El desarrollo de yemas florales es observado principalmente en cladodios maduros de al menos seis meses de edad (Pimienta, 1990).

Independientemente del sistema de producción, las plantas pueden ser podadas hasta el cladodio basal si es necesario. Sin embargo la intensidad de poda debe de ser ajustada tomando en cuenta la velocidad de recuperación, productividad futura de la planta y la calidad del forraje. La eficiencia de utilización

animal de los desechos de poda de diferente edad y calidad debe de ser balanceada con las necesidades de forraje.

El número de yemas disponible para formar nuevos cladodios depende del número de cladodios de la planta. Los sistemas de producción que mantienen las plantas a corta altura y a bajas densidades son más productivos (sobre la base de rendimiento por planta), que las plantaciones a alta densidad con plantas bajas. Las altas densidades de plantación toleran poda más severa.

En sitios con inviernos benignos, las plantas pueden ser inducidas a brotar continuamente si se provee de alguna protección, además de fertilización y riego. Esta característica es la base de la producción de nopal de verdura fuera de temporada en la región central de México y el sur de Texas. La aplicación de altas dosis de estiércol al suelo y la poda son los responsables de la alta producción, la cual puede alcanzar 400 ton/ha/año (Nobel, 1994). La producción de cladodios en general, ya sea tierno o maduro, puede ser estrechamente regulada con la poda.

El cultivo de *Opuntia* para forraje necesita una programación cuidadosa de la poda. Los cladodios “almacenados” en la planta conservan un contenido de agua más alto que los cosechados, reduciendo las necesidades de almacenamiento y mano de obra. Sin embargo, es recomendable removerlos

Antes de que empiece la nueva estación de crecimiento, para evitar la emergencia de brotes nuevos.

2.14 Tipos de cosechas

En los Estados de Coahuila, Nuevo León, Norte de Tamaulipas, Zacatecas y San Luis Potosí el uso del nopal forrajero está muy arraigado por los ganaderos (vacunos, caprinos y ovinos) y estableros (establos lecheros con bovinos y poco frecuente con caprinos), que usan diferentes métodos de cosecha, de entre los cuales los más comunes son:

2.14.1 Cosecha por el animal

Esta práctica se refiere a que los animales (vacunos, caprinos, ovinos y fauna silvestre) consumen el nopal en pie, con espinas. Se considera que el daño que se le ocasionan a la planta con esta práctica no es de consideración, ya que el animal generalmente cosecha a los cladodios más tiernos de la parte superior, y de las pencas maduras y viejas casi intactas (López *et al.* 1982).

2.14.2 Cosecha intensiva

La cual se utiliza por los estableros que compran el forraje por camiones de ocho a 10 ton. Esta cosecha es en forma intensiva en predios que les vende el nopal a intermediarios. El nopal se extrae siempre de poblaciones naturales (Maldonado, J. L.; M. Zapien B. 1977).

2.14.3 Cosecha en ganadería extensiva

Cosecha directa por los animales. En los grandes ranchos ganaderos es común la utilización del nopal forrajero por los bovinos, caprinos, ovinos y la fauna silvestre, que lo consumen con todo y espinas, lo cual les provoca serios daños en el hocico, e incluso la muerte por inanición, al no poder tragar alimentos.

2.14.4 Despunte del nopal

Este sistema de cosecha es utilizado por el vaquero y los pastores en el campo. Consiste en despuntar las pencas (corte del ápice, donde se localizan la mayor parte de las espinas) con una cuchilla, facilitándole al animal consumir las pencas con todo y espinas. Esta práctica no es recomendable ya que se desperdicia mucha planta (López *et al.* 1982).

2.14.5 Chamuscar en pie

Este sistema de utilización del nopal forrajero *in-situ* por los bovinos, consiste en chamusca en pie la planta que es cosechada por los animales, llegan a consumirlo al ras del suelo, lo cual les provoca frecuentemente la muerte. En el caso de los pastores de ganado caprino y ovino, llevan sus animales a consumir

gramíneas y arbustos, y donde localizan plantas de nopal, los chamuscan con un chamuscador de gas o petróleo, para quemarles las espinas, para que puedan ser consumidas por los animales. Estos sistemas de cosecha son destructivos, ya que la planta que queda, generalmente se pudre, lo cual provoca su muerte (López *et al.* 1982).

2.14.6 Quema en pie

El campesino o ganadero junta leña alrededor de las plantas que va a utilizar y las quema. Con este sistema los animales cosechan la totalidad de la planta, ya que el calor ablanda los tallos más macizos. Esta práctica también ocasiona muerte en la planta.

2.14.7 Corte y chamusque *in-situ*

Esta práctica consiste en cortar las pencas y chamuscarlas *in-situ*, quemándoles las espinas con leña o con un chamuscador. Se cortan las pencas con machete y se ofrecen en pequeños trozos a los animales.

Las formas de cosechar antes descritas generalmente se utilizan en las épocas de estiaje o de prolongadas sequías, por lo que se les recomienda establecer áreas con propósitos especiales, con especie nativas tales como el nopal (*Opuntia spp*), maguey (*Agave spp*), mezquite (*Prosopisspp*) y costilla de vaca (*Atriplexspp*) entre otras, que puedan producir en condiciones de extrema sequía.

En el caso de las nopaleras naturales utilizadas para proveer forraje a los establos lecheros su manejo es destructivo, ya que al ser cortadas al ras con un azadón o con un talache generalmente se extrae la planta con todo y raíz. Estas formas de explotación por lo general, propician problemas de deforestación e incrementan el proceso de desertificación, de por si grave en estas regiones (Flores V., C. A.; J. R. Aguirre R. 1992).

2.15 Almacenamiento

Las pencas frescas deben ser almacenadas en un lugar seco y sombreado. Se pueden amontonar o alinear sobre los costados. Evite sitios donde se acumule la escorrentía para minimizar el enraizamiento o la brotación. Las pencas que se encuentran en contacto directo con el suelo tienden a enraizar, lo cual se puede evitar volteándolas cada 4 a 6 semanas. El uso de una capa delgada de paja reduce los daños causados por la luz. La luz solar directa induce deformaciones de la penca y degradación de la clorofila de las áreas expuestas, reduciendo el valor nutricional. Bajo las condiciones semiáridas frescas del centro de México, los autores han almacenado pencas hasta por seis meses sin pérdidas apreciables (Flores V., C. A.; J. R. Aguirre R. 1992).

2.16 Consumo del nopal forrajero

Dependiendo de la forma que el nopal es suministrado a los animales, va a ser la cantidad de nopal consumida. Las formas más comunes dificultan la cosecha (por el número de espinas, tamaño y dureza). Se calcula que un vacuno consume entre 15 y 40 kg de nopal forrajero por día. En ovinos y caprinos se estima que el consumo varía entre 3 y 9 kg por día. Dependiendo de las condiciones del agostadero, ya que cuando llueve, la dieta es más variada, y el consumo del nopal baja. Cuando es invierno o época de sequía, el consumo de nopal se incrementa. En el caso de ovinos, (Ríos, L. A. 1954.) reportó que en los estados de Nuevo León y Tamaulipas es común alimentar el ganado con nopal. Ahí se observó que la cantidad de lanolina en la lana aumenta notablemente al consumir una ración diaria de 7 kg. En España el uso de nopal en ovinos es frecuente y se asegura que estos conservan su peso vivo y además mejora el rendimiento y la calidad de la lana (Revuelta, G. L. 1963).

Se comprobó que ovinos adultos pueden llegar a consumir de nueve a 10 kg por día de nopal como única ración, y que la planta es insuficiente para llenar los requerimientos del animal. Se considera que el consumo de nopal por ovinos

productores de leche ayuda a ser más digerible la leche por las crías, ya que contiene menos grasas, además de que conservan su peso. En ganado estabulado, en bovinos productores de leche, el consumo de nopal varía dependiendo de la ración suministrada, que puede estar compuesta por alfalfa en verde, achicalada o enficada, por sorgo forrajero o ensilado, por harinolina, cascarilla de algodón, esquilmos de los cultivos de la región como: por paja de trigo, avena y cebada, por rastrojo de maíz, tazol de frijol y en algunos casos por desechos de las agro industrias. Las raciones pueden variar de 15 a 95 kg de nopal en verde por día. Estos datos se recabaron en encuestas realizadas a los dueños de ranchos ganaderos y establos lecheros del Noreste de México.

La calidad nutritiva del nopal forrajero se considera de regular a mala, sin embargo, los altos precios de otros forrajes de mayor calidad, y la disponibilidad de este en épocas de sequía, invierno y escasez, hace que su demanda crezca año con año (De Klerk, J. C. 1960).

2.17 Valor nutritivo del nopal

El uso del nopal en la alimentación humana, en los animales domésticos y en la de la fauna silvestre ha sido muy importante sobre todo para las regiones áridas del norte de México. Aunque la calidad alimenticia del nopal se cuestiona sobremanera, pues se considera un alimento pobre en nutrientes y fibra, pero rico en agua, para los habitantes de las regiones áridas resulta una planta que les permite subsistir y mantener a sus animales, sobre todo en las épocas de sequía y en el invierno. En el caso de los animales domésticos en nopal se usa como una dieta de mantenimiento junto con esquilmos agrícolas e industriales.

El nopal se caracteriza por ser un forraje succulento, bien aceptado por el ganado, con un elevado contenido de agua (83 a 92 %) y un valor nutricional muy variado. El contenido de materia seca varia de 8 a 17 %, el cual contiene de 4 a 12 % de proteína cruda, 1.9 a 2.6 Mcal/Kg de energía digestible, 35 a 45 % de fibra

cruda, 29 µg/100g de carotenos, 13 mg/100g de ácido ascórbico. Los valores de digestibilidad son del 72 % para proteína, y 65 a 80 % para la materia orgánica.

El contenido de proteína del nopal (4 a 12 %) es menor al de leguminosas forrajeras como la alfalfa (16 %), pero similar al de los pastos (6 a 8%), mientras que su elevado contenido de energía digestible (1.9 a 2.66 Mcal/Kg) lo hace comparable con el de los pastos (2.0 Mcal/Kg) y la alfalfa (2.646 Mcal/Kg).

Se ha observado que el contenido de proteína cruda es mayor en pencas de menos de un año, reduciéndose este con la edad de la penca. En especial en pencas de más de tres años, mientras que el contenido de fibra cruda se incrementa. Por otra parte, la fertilización tiende a mejorar el valor nutricional del nopal, especialmente en lo que se refiere al contenido de proteína. Sin embargo el valor nutritivo de este forraje, varía en función de la especie de nopal, lo que ha dificultado determinar el cultivar con el mejor aporte nutricional. En general las variedades de nopal Cacanapo (*O. lindheimeri*), Copena (*O. ficus-indica*) y rastrera (*O. rastrera*) son las que tiene mayor contenido de proteína y las de mayor digestibilidad.

El nopal usado como complemento en la dieta del ganado mejorado el aprovechamiento de otras fuentes de alimento, en especial de aquellos con alto contenido en fibra, como los rastrojos de sorgo y maíz, que son de uso común en la región árida y semiárida del norte de México. Debido a su elevado contenido de azúcares soluble, de rápida y mediana velocidad de degradación, constituye un excelente complemento de alimentos altos en proteína, como el forraje de arbustivas y la pollinaza. Cuando el nopal es utilizado como complemento de arbustivas forrajeras cuyo contenido de sales es elevado, como el chamizo (*Atriplex canescens*), su elevado contenido de agua ayuda a la dilución de esas sales.

El consumo de nopal suele tener un efecto laxante en los animales, en especial cuando se consumen grandes cantidades o cuando las pencas consumidas son aun jóvenes, lo cual se debe posiblemente al elevado contenido

de sales. Su sabor agradable y la elevada digestibilidad de materia seca (50 al 70%) originan consumos elevados del nopal. El rápido paso por el sistema digestivo combinando con el bajo contenido de fibra y el desequilibrio entre los niveles de calcio y fósforo, probablemente es la causa de la diarrea en el ganado. Las pencas más jóvenes son más laxantes por lo que es conveniente utilizar pencas de dos o tres años. El suministrar paja o rastrojo antes del consumo del nopal, retarda la velocidad de paso y disminuye el efecto laxante. Se ha observado que el nopal tapón tiene un efecto laxante mayor que el de otras especies de nopal.

Una ventaja adicional del nopal para la alimentación del ganado es que es una fuente de forraje verde todo el tiempo, y a menudo constituye la única fuente de precursores de vitamina A durante la estación de sequía.

2.18 Contenidos de minerales

En el caso de las cactáceas la composición de cenizas varía en las distintas especies y también dentro de una misma especie. Sus componentes principales son: calcio potasio, pero también se encuentran algo de magnesio, sodio y pequeñas cantidades de hierro, aluminio y manganeso, los cuales predominan en forma de carbonatos, aunque también se encuentran como cloruros, sulfatos y en pequeñas cantidades de fosfatos (Granados y Castañeda, 1996).

Cuadro 8 Composición mineral del nopal (*Opuntia ficus-indica*)

MINERAL	VALOR
CALCIO(ms/kg MS)	42.0-52.1
FOSFORO(ms/kg MS)	1.0-18.0
SODIA(ms/kg MS)	0.6
POTASIO(ms/kg MS)	12.0-26.0
MAGNESIO(ms/kg MS)	11.0-14.0
COBRE (ms/kg MS)	6.5
HIERRO(ms/kg MS)	170.8
MANGANESO (ms/kg MS)	170.0 a 248.9
ZINC (mg/kg MS)	10.0 a 31.0

Fuente: Luna Vázquez, Javier y Jorge Urrutia Morales. (2008)

2.19 Como fuente de agua para el ganado

El nopal está adaptado para ser una fuente de almacenamiento de agua, que la administra celosamente durante los meses de sequía. El contenido de agua puede variar desde un 93 % en pencas jóvenes y cultivadas menores de un año (*Opuntia ficus-indica*), hasta un 70 % en variedades silvestres (*Opuntia imbricata*) en épocas de sequía.

En las zonas áridas y semiáridas de México, la escasez de agua en los abrevaderos constituye un serio problema durante la sequía. Durante esta época, el ganado tiene que caminar grandes distancias para acceder a las fuentes de agua. Asimismo, el sobre pastoreo de los sitios que rodean a las fuentes de agua es también un serio problema. El elevado contenido de agua del nopal (83-92 %) hace que su consumo ayude a resolver el problema de ingestión de agua en estas regiones. De esta forma, en la medida en que se incrementa el consumo de

nopal, se reduce la ingestión de agua, pudiendo llegar a un nivel en el que la principal fuente de consumo de agua provenga del nopal.

El nopal es una de las principales fuentes de agua para los animales en el norte semiárido de la república mexicana. Sin embargo, la cantidad total de agua almacenada depende de la especie y la variedad.

Cuadro 9 Contenido de agua entre especies y variedades de nopal forrajero en Saltillo, Coah, México

Especie	Contenido de agua	
	Máxima	Mínima
<i>O. ficus-indica</i>	93	88
<i>O. cantabrigiensis</i>	84	68
<i>O. lindheimerivar. Tricolor</i>	86	72
<i>O. lindheimerivar. Subarmata</i>	87	76
<i>O. imbricata</i>	84	70

Fuente: López G. J. J.; J. G. Medina T. 2009.

2.20 Aportación Nutricional del Nopal a la Dieta Animal

Las características nutritivas del nopal varían de acuerdo con la edad de las pencas, característica que se debe tomar en cuenta al momento de utilizarlos en la alimentación del ganado, (Guzmán y Chávez 2007) al realizar el análisis de composición química de cladodios nopal (*Opuntia ficus-indica*) encontraron que el cladodio de un mes de edad es más rico en vitamina C, carbohidratos y proteínas, mientras que el cladodio de un año de edad presenta contenidos mayores de calcio, sodio, potasio y hierro, así como de fibra. Esta característica se ha encontrado en diversos clones de *Opuntia ficus-indica*.

El nopal se ha usado con éxito para disminuir los costos de producción de carne en ganado ovino en un 48 a 65 % con resultados exitosos cuando se incluye en proporciones que varían desde el 15 al 30 % (en base a peso seco) de la dieta como lo expresan los resultados (Aranda-Osorio *et al.* 2008) al usar dietas en las que se incluyó nopal fresco picado. El contenido de nutrientes para el ganado

depende de la especie y la variedad, así como del manejo que se dé a la planta en condiciones cultivadas, aunque su contenido de proteínas no es muy alto, el nopal constituye una fuente de alimento para el ganado a un costo relativamente bajo. Además de ser una fuente de nutrientes, el nopal constituye una fuente de agua por los altos contenidos de esta en las pencas de la planta, ya que se puede observar como el contenido de materia seca apenas llega en el mejor de los casos a constituir poco menos del 15 %, dejando el contenido de agua de entre el 85 al 90 %.

Cuadro 10 Análisis bromatológico de especies y variedades de nopal, expresados en % en base en materia seca

Especies	MS	MO	PC	GC	Fibra	Ceniza	ELN	Autor
<i>O. rastreras</i>	14.41	59.89	2.78	0.76	6.18	40.11	43.23	Palomo, 1963
<i>O. cantabrigiensis</i>	11.86	68.46	4.78	1.09	3.71	31.54	58.87	Palomo, 1963
<i>O. lindelhimeri</i>	11.57	74.51	4.15	1.03	3.02	25.5	66.25	Palomo, 1963
<i>O. robusta</i>	10.38	81.41	4.43	1.73	17.63	18.59	57.61	Palomo, 1963
<i>O. ficus-indica</i> var. <i>Amarillo</i>	11.29	86.93	3.81	1.38	7.62	13.07	74.13	Bauer y flores, 1963
<i>Nopal spp</i>	10.69	73.79	8.98	1.51	17.21	26.21	50.7	Griffiths y Hare, 1906

MS=materia seca, MO= materia orgánica, PC= proteína cruda, ELN= extracto libre de nitrógeno

Vázquez *et al.*, 2008

2.21 Digestibilidad

Es un concepto que indica la cantidad o porcentaje que de un alimento aprovecha en animal. La cantidad de nutrientes digestibles del nopal es variable en relación a la época del año. Esta relación es indirecta pues los factores ambientales y fisiológicos que determinan el crecimiento y desarrollo de las plantas en el año y a través de los años son muy variables; esto es lo que realmente afecta el valor nutritivo.

Cuadro 11 Variación en el contenido de nutrientes digestibles de nopal

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: Cottier, 1934, citado por Flores y Aguirre, 1992

Cuadro 12 Coeficiente de digestibilidad del nopal (*Opuntia spp*) en porcentaje

Proteína cruda	Grasa cruda	Fibra	E. L. N.
44	72	40	78

Fuente: Morrison

2.22 Usos del nopal en la producción animal

La información encontrada sobre la utilización del nopal forrajero en la alimentación y producción es poca pero muy variada ya que se han tenido experiencias de productores e investigadores, que nos da una idea de la importancia del nopal en algunos sistemas de producción y mantenimiento de los animales en explotaciones extensivas así como la producción de carne y leche en explotaciones intensivas. Se tienen referencias de Texas, U.S.A. y Australia que

los ovinos son capaces de sobrevivir entre 400 y 525 días sin beber agua, en épocas de sequías prolongadas, consumiendo nopal como única fuente de esta, aun cuando no hay incremento de peso por el consumo de nopal, estas se salvan de morir de hambre.

2.22.1 Ganado bovino productor de leche

Comúnmente en la alimentación de bovinos de leche se utiliza el nopal picado directamente en comedero, sin embargo en algunas explotaciones en los estados de Alagoas, Sergipe y Pernambuco utiliza el pastoreo del nopal, recordando que en Brasil todas las variedades utilizadas como forraje no poseen espinas, por lo tanto no hay necesidad de chamuscar las plantas. (Wanderley2001) utilizando dieta con 36 % nopal, 64 % ensilado de maíz y un kg de concentrado para cada 3 litros de leche en vacas Holstein en condiciones de semiárido, obtuvo producciones con promedio de 26.5 kg/leche/día con pérdidas de peso vivo de 100 gramos diario. (Santos *et al.* 1997) alimentando vacas con 75 % de nopal y 25 % de ensilado de maíz más un kg de concentrado obtuvo producciones de leche con promedio de 9.5 kg en una lactación corregida para 305 días.

Frecuentemente en las explotaciones lecheras el nopal es utilizado en asociación con otros forrajes o alimentos de bajo costo, evaluaron la combinación del nopal, poliniza, salvado de algodón, urea, bagazo de caña y minerales en 4 diferentes proporciones, llegaron a la conclusión de que la mejor combinación es 45.3 % del nopal, 30.7 % del poliniza y 13.4 % de bagazo de caña, 9.6% de salvado de algodón, 0.37 % de urea y 0.61 % de minerales.

Sobre esta proporción las vacas producirán en promedio 12 kg/ vaca/ día con un consumo de 15.8 kg MS/día. Un aporte importante del nopal para las regiones áridas es con relación a agua, estudiaran el consumo de agua por vacas lecheras (5/8 Holstein x 1/4 Gir) consumiendo nopal cultivares Gigante (*Opuntia ficus-índica*) y Miúda(*Nopalaecochenillifera*) y maíz (planta entera picada).

Constataron que los animales que se alimentaban del cultivar Miúda consumían más agua en relación a los que consumirán el cultivar gigante, los menores consumos fueron observados en las vacas que se alimentaban del cultivares Gigante asociado con maíz. Los autores resaltan un consumo de agua por las vacas más elevadas que las recomendaciones de (NRC 2001) pero sin comprometer la producción y consumo de materia seca.



Figura7 Vacas lecheras alimentadas con una dieta de nopal

2.22.2Ganado bovino productor de carne

En el semiárido de Brasil también se utiliza el nopal en la engorda de bovinos, utilizaran nopal asociado a un concentrado proteico, melaza, harina de yuca y mezcla mineral en la engorda de bovinos Holstein, obtuvieran ganancias de peso de 925 gramos al día. Lo que demuestra ser una fuente barata de alimento y adaptada a trópicos secos. En comunicación personal, utilizando nopal enriquecido más ensilado de sorgo, al tener ganancias superiores a 1,100 gramos al día en ganado Angus.

2.22.3 Nopal en la alimentación de caprinos

El nopal se utiliza en la dieta de caprinos, principalmente en la alimentación de caprinos lecheros. Así como en bovinos para caprinos el nopal es ofrecido a los animales picado aunque para los pequeños rumiantes el tamaño de las rebanadas debe ser menores, exigiendo un poco más de trabajo.



Figura8 Cabras lecheras alimentándose con nopal.

2.22.4 Nopal en la alimentación de ovinos

Substituyendo maíz por nopal en dieta para borregos (Veras *et al.* 2005) observaron que las sustitución en un 33 % promueve la disminución de los costos generales de producción.

Bajo el sistema de libre pastoreo en el campo, las ovejas consumen menos *Opuntia* que las cabras, el consumo alcanza aproximadamente 3-5 kg/día.

El consumo de *Opuntia* por ovejas es asociado con mejoramiento de la calidad de la lana, atribuido al incremento del contenido de lanolina. El efecto fue observado con un consumo diario de 7 kg/ animal en Tamaulipas y Nuevo León y hasta 9-10 kilos en otras regiones (De Klerk, 1960).

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.



Figura 9 Borregos comiendo nopal.

2.23 Implicaciones del nopal en las características químicas de la carne y la leche de rumiantes

Estudiando el efecto del uso del nopal en las características sensoriales de la leche de cabra, concluyeron que el nopal no afecta las características sensoriales de la leche, por lo tanto su uso no afecta en el sabor deseado por los consumidores. En relación a la carne de animales alimentados con nopal recientes estudios revelan que el nopal cambia la composición de ácidos grasos en la carne, principalmente en lo que responde al perfil de ácidos linoleicos conjugados, o sea, las grasas benéficas a la salud. (Salen 2007) reporta que la carne de animales alimentadas con nopal posee más 20 % de ácidos linoleicos conjugados que la carne de animales alimentados con cebada. Esto denota un potencial para la promoción de la carne de animales alimentados con nopal como un alimento benéfico a salud. Sin embargo, se hace necesario más investigaciones en este tema, afín de generar una mayor base de datos que permita validar estos resultados en escala comercial.

2.24 Consumo de nopal sobre cambios en el pH ruminal

Reporta que el pH en el rumen permanece en el rango de 6.8 a 7.3 aun cuando los animales reciben el nivel más alto de nopal (600g d⁻¹ MS), de manera que el pH del rumen no fue afectado por la presencia del nopal sin espina en la dieta. Aun cuando el nopal es rico en carbohidratos altamente fermentable, no se observan diferencias. El consumo de grandes cantidades de nopal probablemente mejoro la salivación como resultado del alto nivel de sales minerales y la abundancia de mucilago en el nopal, lo cual puede explicar la discrepancia.

2.25 Concentración de AGV

El suministro de nopal aumenta significativamente ($P > 0.001$) las concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV). Las concentraciones más altas de AGV fueron obtenidos con 300g de MS de nopal en la dieta. Las proporciones de propionato y butirato aumentaron significativamente en animales que recibieron

nopal sin espinas. El suministro de nopal resulto en una reducción ligera de la proporción de acetato en el fluido del rumen y un incremento en las concentraciones de propionato y butirato. El nopal parece tener el mismo efecto de los carbohidratos solubles en la digestión de los rumiantes (Nefzaoui y Ben Salem, 2003).

2.26 Efectos laxantes

De acuerdo con (Gutiérrez, 2007), un problema común que se tiene cuando los cladodios o pencas del nopal son dados como alimento a las ovejas y ganado, en su severa acción laxante. Esto no se considera como un síntoma de enfermedad y no tiene efectos negativos en la salud animal. Es más bien el resultado de su paso rápido por el sistema digestivos del animal, por el alto contenido de agua y fibra. El problema puede ser detenido mediante la alimentación con forraje que contenga cal (aproximadamente el 3 por ciento de la ingesta total), para contrarrestar la acidez derivada del metabolismo del ácido crasuceláceo de la planta, se puede limitar el acceso de los animales al agua potable. Combinar los cladodios con heno, ya que esto Retarda el efecto laxante, el heno de alfalfa es considerado un suplemento excepcional en cualquier forma.

El efecto laxante aparece cuando el volumen de nopal en la dieta es demasiado alto (más del 50 o 60 % del consumo de materia seca). Este problema es fácil de resolver, el suministro de porciones pequeñas de paja o heno antes de distribuir el nopal es suficiente para conseguir un tránsito normal (Nefzaoui y Ben Salem, 2003).

2.27 USOS ALTERNATIVOS DEL NOPAL FORRAJERO

2.27.1 Bloques Multinutricionales (BM)

Son una muy buena alternativa para pequeños y medianos productores que quieren aprovechar en su rancho o unidad de producción los recursos forrajeros locales que los animales no pueden aprovechar directamente o cuando su calidad y disponibilidad son de un tiempo muy limitado. Los BM son suplementos balanceados donde se incluyen de preferencia forrajes de alta calidad, ingredientes proteicos y/o energéticos, así como minerales y vitaminas. Además se incorpora nitrógeno no proteico (NNP), principalmente en forma de urea, y los ingredientes que hacen posible la solidificación y formación del bloque (melaza, cal y cemento).

Los BM son diseñados para servir como alimento estratégico durante la época seca, resultando en un mejoramiento de la ganancia de peso vivo. En situaciones extremas evitan las excesivas pérdidas de peso en los animales y por consiguiente reducen la mortalidad. Un aspecto muy importante a considerar con los BM es que pueden ser el medio de suplementar ciertos nutrientes deficitarios, que en muchas ocasiones evitan el uso eficiente del forraje.



Figura 10 Bloques Multinutricionales

Los BM han sido usados en países y regiones tropicales, aprovechando la disponibilidad de melazas, urea y subproductos tropicales. Para el caso de zonas áridas y semiáridas su uso no ha sido tan frecuente. Sin embargo, existen los elementos básicos para aprovechar esta tecnología con los evidentes ajustes en el tipo y cantidad de ingredientes seleccionados.

De los componentes básicos de los BM, existen tres elementos importantes que pueden ser sustituidos total o parcialmente a través del nopal. El primer elemento es la melaza, el cual es un ingrediente clave para formular los bloques, ya que si bien no tiene un elevado valor nutricional, su consistencia azucarada hace posible la cohesión entre las partículas del suplemento y facilita la solidificación de los BM. Sin embargo, la melaza generalmente está alejada de las regiones áridas y semiáridas por lo que debido al transporte, su costo se vuelve muy elevado respecto a su calidad nutricional. Ingredientes locales como el nopal tienen humedad y carbohidratos (pectinas) que pueden sustituir parcialmente a la melaza a un menor precio.

Otro elemento importante en los BM son los forrajes, de preferencia de alta calidad como la alfalfa. En las zonas áridas y semiáridas existen numerosas leguminosas nativas que no han podido ser lo suficientemente “domesticadas” como para aprovechar su alto valor nutritivo en hojas y frutos (vainas). Los forrajes son los componentes fibrosos que contribuyen con la estructura de los BM pero se debe tratar de incluir forrajes de la más alta calidad y evitar las pajas y subproductos fibrosos que si bien son excelentes como estructura, su aporte de nutrientes es mínimo. En cambio el contenido de fibra y la digestibilidad de la materia seca del nopal es similar a los de la alfalfa (Shoop, 1977). Un tercer elemento considerado al fabricar BM es la inclusión de un suplemento mineral comercial en una proporción del 8 al 10%. El nopal contiene de un 20 a 30% de cenizas, lo cual representa una cantidad sustancial de minerales que pueden potencialmente sustituir a los minerales tradicionalmente incluidos en los BM, esto siempre y cuando se considere el balance del contenido mineral correspondiente. Considerando lo anterior, en la FAUANL hemos avanzado en la elaboración de BM a base de nopal nativo en una tentativa de aprovechar los forrajes locales, así

como de contribuir de manera estratégica a controlar el nopal nativo en aquellos lugares donde se le considera un invasor de la pradera de gramíneas.

2.27.2 Nopal Fermentado

La fermentación dirigida de ingredientes de alta digestibilidad como la melaza, pulpa de cítricos, subproductos de frutas etc. ha sido utilizada por muchos años en Cuba (Elías y Lezcano, 1993; Elías, 2007) y recientemente en México (Aranda, 2006). Hasta ahora, la tecnología que ha sido propuesta para su aplicación por investigadores brasileños y mexicanos involucra una tecnología laboriosa y de alto costo ya que se requiere deshidratar y moler el nopal previo a la fermentación, situación que compromete su aplicación para aquellos pequeños y medianos productores.

Existen ingredientes similares en calidad al nopal como la melaza, subproductos de manzana, cítricos etc. que pueden ser mejorados sustancialmente a través de los procesos de fermentación dirigida. (Gutiérrez *et al.*, 2007) han estado utilizando este tipo de procesos para producir un fermentado del bagazo de manzana teniendo como objetivo el obtener un producto de mayor calidad debido al aumento en el nivel y calidad de las proteínas. Lo anterior se logra a través de las levaduras y los carbohidratos que posee el bagazo, elementos fundamentales para llevar a cabo el proceso de fermentación aerobia. El proceso es sencillo y económico, ya que solo se necesita del bagazo, una superficie plana forrada de concreto, urea adicionada en una proporción del 1.5 %, sulfato de amonio en 0.4 % y sales minerales en 0.5 % (Becerra 2006). La fermentación del nopal podría contribuir a mejorar la cantidad y la calidad de la proteína para los animales.

2.27.3 Producción de etanol

La búsqueda intensiva de productos orgánicos que sean fermentables para la producción de etanol es evidente. El nopal por sus características de fácil y rápida digestión puede ser un ingrediente importante para ello. Productores de la región han propuesto y sugerido que se realicen proyectos de investigación en ese sentido, ya que, de ser exitoso dicho proceso, se pueden tener cuatro grandes productos que serían muy útiles para los ranchos ganaderos de la región, a saber.

- 1) Promover la siembra de nopal para recuperar áreas degradadas reteniendo agua y suelo, aprovechando además el forraje producido.
- 2) Producir etanol como combustible alternativo y de alta demanda en el futuro.
- 3) Aprovechar los subproductos con alto nivel proteínico en la alimentación animal.
- 4) en algunas unidades de producción sería útil para apoyar al control de las. Invasiones de nopal en praderas establecidas.

2.28 Comparación del nopal con otros forrajes

El nopal presenta menores niveles de materia seca, fibras (FDN y FDA), valores similares de proteína cruda, y calcio cuando comparado con ambos forrajes. Para fósforo y potasio el nopal posee valores similares al sorgo. En términos de carbohidratos solubles no es posible tener referencia en campo en función de ser muy variable en el ensilado, sin embargo podemos observar que para el nopal es elevado. (Faturiet *al.* 2001), observaron valores para carbohidratos solubles en ensilado de maíz de excelente calidad en ambiente controlado de 31.9 % en base seca, en el Nopal (*cochenillifera*) (López 2007), reporta valores de 57.9 % en base seca por lo tanto más del doble en carbohidratos solubles que son aquellos prontamente disponibles al animal. Cuando comparamos la digestibilidad *in vitro* observa que el nopal tiene mayores porcentajes que maíz y sorgo. Esto denota que el nopal aunque en algunos componentes posee bajos niveles y estos componentes es digerido en más de 60 %.

En este cuadro se puede observar la comparación del nopal con ensilado de maíz y sorgo.

Cuadro 13 Composición química de los cultivos del nopal: redonda, gigante y IPA-20 (*Opuntia ficus-indica*) y Miúda

	Cultivares del nopal				Ensilado	
	REDONDA	Gigante	Miúda	IPA-20	Sorgo	Maíz
Materia seca	11	10.2	15.4	10.0	37.6	35.6
Proteína cruda (%en MS)	5.0	5.3	3.5	5.5	5.5	6.5
FDA(% en MS)	22.2	22.4	23.0	20.0	31.2	48.25
FDN (% en MS)	28.1	26.9	28.4	26.0	58.9	57.18
Calcio	2.88	2.78	2.25	2.8	0.43	0.36
Fósforo	0.14	0.13	0.10	0.10	0.12	0.22
Potasio	2.45	2.11	1.50	1.70	1.18	1.57
Carbohidratos solubles (% en MS)	29.1	29.5	57.9	-	-	-

Fuente: López (2007)

Animales alimentados exclusivamente con nopal frecuentemente presentan diarrea, para solucionar este problema se recomendó el uso de pajas, henos o ensilado. El nopal es un forraje rico en minerales principalmente calcio y potasio siendo en promedio 5 veces más alto que los ensilados de maíz y sorgo. Los animales en lactancia exigen grandes cantidades de estos dos minerales, notoriamente de calcio. Muchos ganaderos de Brasil asocian el suceso del nopal en explotaciones lecheras a sus altos niveles minerales.

Cuadro 14 Niveles de calcio, fosforo y potasio para el nopal y ensilados de sorgo y maíz

variedades	Cultivares de nopal				Ensilado	
	Redonda	Gigante	Miúda	ClonelPA-20	Sorgo	Maíz
Calcio	2.88	2.78	2.25	2.80	0.43	0.36
Fósforo	0.14	0.13	0.10	0.10	0.12	0.22
Potasio	2.45	2.11	1.50	1.70	1.18	1.57

Fuente: López (2007)

2.29 Ventajas y desventajas que tiene el uso del nopal como forraje

(Lozano., 1958) indica las ventajas y desventajas del nopal forrajero

- Es una fuente de alimento en la época de sequía, cuando otras fuentes están poco disponibles.
- Alto contenido de agua, que suple al agua de bebida.
- Se puede aprovechar en cualquier época del año.
- Posee gran adaptación a climas áridos y semiárido.
- Altos rendimientos por hectárea.
- Es fácil de propagación.
- Tolera podas frecuentes.
- Conserva su calidad en pie por largo tiempo.
- Mantiene alta digestibilidad en pencas maduras

2.30 Desventajas

- Para llenar los requerimientos de un animal se necesita grandes cantidades de materia verde.
- Para que se consumido necesita de un previo chamusque lo cual limita el consumo por el animal en forma natural

- Es necesario complementar el nopal con alimentos proteicos, heno y zacate o forrajes secos.
- El consumo del nopal espinoso causa heridas internas y externas a ovinos y bovinos

2.31 Venta del nopal forrajero

Los establos utilizan una cantidad muy variada de ingresos para integrar las dietas de los animales, sin embargo, uno de los más importantes es el nopal forrajero. La mayoría de los establos compra el nopal a intermediarios que se dedican a su venta. En la práctica., los establos se proveen de este forraje de tres formas diferentes: realizan viajes con su vehículo para obtenerlo, lo compran a personas que se dedican a esta actividad y se abastecen de las pequeñas plantaciones que tienen en huertas cercanas a sus establos.

Las personas que dedican a la cosecha de nopal forrajero en ecosistemas naturales, de tal manera que se les facilite la cosecha. Una vez localizado el lugar, se entrevistan con el dueño del predio para contratar la zona de cosecha. Hecho el trato, el dueño del camión contrata a varios campesinos para que le ayuden a cosechar el forraje.

Si los establos que tienen más de 30 bovinos, generalmente compran nopal cada tercer día; si cuentan con menos lo hacen cada semana. Para trasladar, usa camiones rabones con capacidad de 8 a 10 toneladas. Cada viajes cuesta \$1,600.00 (140 dólares) (Enero 2000).

El nopal forrajero que proporcionan los establos a sus animales lo acarrear de lugares que llegan a estar a 130 km de sus explotaciones. Todo el material cosechado proviene de poblaciones naturales de nopal forrajero sobre explotados durante años. El manejo inadecuado de estas poblaciones está provocando un acelerado avance de la desertificación debido a que las plantas se extraen con todo y raíz, lo que impide la recuperación del ecosistema.

Los pequeños establos lecheros utilizan dos sistemas de cosecha de nopal: el de recolección, acarreo y chamuscado, que consiste en sustraer el nopal de los ecosistemas de donde se crece, para luego trasladarlo a los establos,

chamuscados y cortados en pequeños trozos, aunque el sistema ocasiona daños severos a los ecosistemas, ya que generalmente se extrae la planta de la raíz; el de cosechar, acarreo y picado, que consiste en obtener el nopal con espinas de las áreas naturales, para después trasladarlo a los establos donde se pica en un Molino de cuchillas y se ofrece a los animales, pero igual que el anterior, ocasiona daños al ecosistemas. (Mencionado por Juan José López G., Jorge Galo Medina T., 2009).

2.32 Problemática

Los sistemas de extracción de nopal forrajero que utilizan la mayoría de los ganaderos de las zonas áridas y semi-áridas son destructivos y contribuyen fuertemente a acelerar la desertificación, ya que ninguno de ellos contempla la rehabilitación o reforestación de las áreas utilizadas. Por lo anterior, es necesario implementar acciones que permitan la recuperación de estas áreas de utilización.

En la mayor parte de esta región existen, en las periferias de las ciudades, un número considerable de establos lecheros que utilizan el nopal en forma intensiva en la ración diaria que se les da a las vacas lecheras. Se calcula que estos establos utilizan un promedio de 200 toneladas (base real) por día de nopal forrajero, el cual es cosechado de las nopaleras naturales existentes en las regiones aledañas. Actualmente la planta se cosecha en sitios que se encuentran entre los 90 y 130 km de distancia, lo que aumenta los costos del acarreo (Malo C., F. J. 1965).

En el caso de los ranchos ganaderos no se tienen estimaciones de la cantidad de nopal que se cosecha, pero se considera que es mayor al utilizado por los establos lecheros ya que en este tipo de explotaciones su uso es constante. En la pasada sequía que azotó a todo el norte del país, la muerte de bovinos por hambre y enfermedades se incrementó considerablemente. Tan solo en los últimos años se reportó para el estado de Coahuila, la pérdida de más de 200,000 cabezas de ganado mayor, o tuvieron que vender a precios muy por debajo de lo normal (\$120.00 dólares por vaca con su becerro).

3. Conclusiones

Al haber realizado la revisión literaria se concluye que el (*Opuntia ssp*), es una alternativa viable para la alimentación del ganado, especialmente para aquellas regiones semidesérticas y desérticas de México en donde la disponibilidad de agua hace difícil la alimentación del ganado, esto es debido a su capacidad de adaptación, su resistencia a largos periodos de sequía y su rápido crecimiento.

Se debe tomar en cuenta que aunque es un alimento bien aceptado por el ganado, la calidad nutritiva del nopal forrajero se considera de regular a mala, debido al bajo contenido de proteína y fibra, por lo que no debe utilizarse como único ingrediente en la dieta, sino que debe suministrarse en combinación con otros insumos para que complemente esta deficiencias.

4. Literatura citada

- Anaya P., M. A., 2001. Historia del uso del nopal como forraje en México. pp. 1-17. In Flores V. C. A. Curso Taller El nopal Forrajero, una alternativa alimentaria para el ganado. Asociación Agrícola Local de Productores de Nopal de Nuevo León. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. Guadalupe Nuevo León 19 de abril de 2001.
- Aranda-Osorio, G., C. A. Flores-Valdez and F. M. Cruz-Miranda. 2008. Inclusion of Cactus Pear Cladodes in Diets for Finishing Lambs in Mexico. J. PACD Vol. 10:49-55.
- Aranda, O. G. 2006. Enriquecimiento del nopal para el ganado. V Simposium Taller sobre Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México. Marín Nuevo León, México.
- Aréchiga F., C.F., J.I. Aguilera S., R.D. Valdez C., F. Blanco M., J. Urista T., M. Reveles H. y F. Rubio Aguirre. 2007. El Nopal en la producción animal. Ed. Universidad Autónoma de Zacatecas, México pp. 15-31.
- Barbera G. 1999. Historia e importante económica y agro-económica. Agroecológica, cultivos y usos del nopal. FAO, Roma. Pp. 1-12
- Becerra, B. A. 2006. Aprovechamiento de subproductos de manzana mediante la producción de proteína microbiana con fermentación en estado sólido para la alimentación animal. Tesis Doctoral. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. Mex.
- Britton, N. L. y J. N. Rose. 1973. *The cactáceae*. (Reimpresion 1963), pag. 318. Dover Publ., Inc. New York.
- Borrego, E., F. y N. Burgos V. 1986. El Nopal, Ed. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. PP.
- Burgos V., S. N. 1983. El nopal (*Opuntia spp.*) tesis monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México
- Cruz C., J.A: de la, 1994 a), Nopal Verdura *Opuntia spp.* Cultivo alternativo para las zonas áridas y semi-áridas de México, CONAZA – INE, México, 31pp.
- Conde, L. f. 1975. Anatomical comparisons of five species of (*Cactaceae* Ann. Missouri Bot. GARD. 62:425-473

- Cuevas R., E. Arias, C. Mondragón, I. Higuera y C. Rosell. 2006. El desarrollo de cadenas y redes de valor en base al cultivo del nopal. In: Utilización agroindustrial del nopal. FAO. Boletín de Servicios Agrícolas 162. p. 137-148.
- De la Rosa H. J. P. y Santana A. D. 2000. EL NOPAL, Usos manejo agronómico y costos de producción en México. CONAZA-UACH-CIESTAAM. 182 p.
- De Klerk, J. C. 1960. Spineless Cactus a Succulent Supplementary Feed. Farming in South Africa. South Africa. pp. 36-37.
- Elias, A. y Lezcano, O. 1993. Efecto de la fuente de N y algunos factores de crecimiento en la población de levaduras que se establece en la Producción de Saccharina. Rev. Cubana de Cienc. Agric. 27:227.
- FAO 2009. ECOCROP. *Opuntia ficus-indica* disponible en línea:<http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/dataSheet?id=8094> (consultado el 10 de octubre de 2009).
- Faturi, C.; Restle, J.; Bernardes, R.A.C. 2001. Fuentes energéticas para termina de novillos en confinamiento. In: XXXVIII Reunión anual da sociedade Brasileira de zootecnia. C, SP. Anais.pp. 1327-1328.
- Flores V., C. A.; J. R. Aguirre R. 1992. El Nopal Como Forraje. (ed.) Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. 77 p.
- Guevara J. C.<http://www.bioone.org/doi/abs/10.2111/08-226.1> - n101#n101, P. Suassuna, and P. Felker. 2009. *Opuntia* Forage Production Systems: Status and Prospects for Rangeland Application. Rangeland Ecology & Management 62(5):428-434.<http://www.bioone.org/doi/abs/10.2111/08-226.1> - fn1#fn1
- Granados Sánchez, D. y Castañeda Pérez, A.D. 2000 El Nopal. Historia, Fisiología, Genética e Importancia Frutícola. Editorial Trillas. México.
- Granados S., D. y A.D. Castañeda. 1996. El nopal: historia, fisiología, genética e importancia. E. Trillas-UACH. México, D.F. p 227.
- Guzmán L., D. y J. Chávez. 2007 Estudio bromatológico del cladodio del nopal (*Opuntia ficus-indica*) para el consumo humano. Rev. Soc. Quím. Perú.73 (1):41- 45.

- Gutiérrez, F., C. Rodríguez, H. García, A. García, O. Ruiz y J. Jiménez. 2007. Alimento producto de la FES de subproductos de manzana en dietas para vacas Holstein en producción.
- López, G., J.J., A. Rodríguez G., L. Pérez R. Y J.M. Fuentes R. 1996. Usos del Nopal Forrajero en el norte de México. J. PACD. 1: 10.
- López, G., J. J., J. M. Rodríguez F., and A. Rodríguez G. 2001. Production and use of *Opuntia* as forage in northern Mexico In: Mondragón J., C., and Pérez G. (Eds.) Cactus (*Opuntia spp.*) as forage FAO Plant Production and Protection Paper 169. Rome, Italy.
- López, G., J.J., H. García J., M. Ayala O., G. García P. 2002. Establecimiento y producción de nopal forrajero con surcado lister en Ramos Arizpe, Coahuila. En: Resultados de Proyectos de Investigación 2002 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Coahuila. México.
- Lozano G. M. 1958. Contribución al estudio de industrialización del nopal. Mundo científico. J. P. N-COFAA SEDICT NO.4, 10- 14. México
- Maldonado, J. L.; M. Zapien B. 1977. El Nopal en México. Ciencias Forestales. Vol. 2(5). México. pp. 36-53.
- Malo C., F. J. 1965. Estudio Agroeconómico del Nopal Forrajero (*Opuntia spp.*) En el Estado de Nuevo León. Tesis Profesional. Esc. De Agr. Y Gan. I.T.E.S.M Monterrey, Nuevo León. México. 94 p. 58. López *Op. Cit.*
- Medina T., J. G.; M. E. Acuña M.; J. J. López G.; O. E. Cavazos C. 1990. Variables Críticas Ambientales para el Establecimiento de Nopal Forrajero en el Árido del Norte de México. Coahuila. México. Memorias de la 3a. Reunión Nacional y la 1a. Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 359 p.
- Nefzaoui, A. Y Ben Salem H. 2003. *Opuntia* forraje estratégico y herramienta eficiente para combatir la desertificación en la región de Wana. En Mondragón-Jacobo C Y S. Pérez-Gonzales (Eds). Estudios FAO producción y protección vegetal 169. El Nopal (*Opuntia SSP*) como forraje. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Roma, Italia. PP 99-101

- Nobel, P.S. 2001. Ecophysiology of *Opuntia Ficus indica*. In: Mondragon J., C., G. Pérez G. (Eds.). *Cactu (Opuntia spp.) as forage* FAO Plant Production and Protection Paper 169. Rome, Italy.
- Revuelta, G. L. 1963. *Bromatología Zootécnica y Alimentación Animal*. 2ª. Ed. Salvat. Madrid. España. 1044 p.
- Ríos R. J. y V. Quintana M. 2004. Manejo general del cultivo del nopal. Colegio de Postgraduados, Secretaría de la Reforma Agraria. Manual del participante. México. 81 p.
- Ríos, L. A. 1954. El Nopal y la Oveja, Una Esperanza Para la Zona Desértica Mexicanas. Secretaria de Recursos Hídricos. Memorándum Técnico. México. 6 p.
- Sáenz C. 2006. Estudios de caso sobre la utilización agroindustrial de los nopales en distintos países. In: Utilización agroindustrial del nopal. FAO. Boletín de Servicios Agrícolas 162. PP. 121-136
- Santos, D. C. et al. 1997. A palma forrajera (*Opuntia fícus indica* Mill e *Napoleacochinilífera* Salm Dyck) em Pernambuco, cultivo e utilizada. Recife, IPA, 1997. 23p.
- Salen, B. 2007. Abiddi, S. 2007 Recent advances on the potential use of *Opuntia* spp. in livestock feeding. In: VI international Congresso of Cactus and Cochineal. CD-ROM.
- Shoop, M.C., E.J. Alford y H.F. Mayland. 1977. Plains pricklypear is good forage for cattle. *J. Range Manag.* 30: 12-17
- Velázquez E. 1998. El nopal y su historia. Ed. Clío. México. 100 p.
- Véras, R. M. L. Ferreira, M. de A. Cavalcanti, C. V. de A. Véras, A. S. C. Carvalho, F. F. R. de Santos, G. R. A. dos. Alves, K. S y Maior Júnior, R. J. 2005. Substituição do milho por farelo de palma forrageira em dietas de ovinos em crescimento. Desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34 (1): 249- 256.
- Villareal, A 1958. El nopal como forraje para el ganado. Primer Congreso de investigación Agrícola en México. Este. Nal. Agric., Chapingo, México
- Villegas, C. y De Gante, M. 1997. Los Nopales (*Opuntia* spp.) recursos y símbolos tradicionales en México. pp. 271-273. In. *Memorias. VII Congreso Nacional y V VI. 212 Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.

Vázquez A., R.E, R. D. Valdez C., E. Gutiérrez O. y F. Blanco M. 2007. Caracterización e identificación de nopal forrajero en el norte de México. Memorias del VI Simposium Taller Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México. 7 y 8 de diciembre de 2007, Marín, N.L. México.

Pimienta B., E.; A. Gonzales del c; Muñoz U. M. E.; A, Ramírez Huerta M. y P. Nobel. 2004. Ecofisiología de *Opuntia robusta* en un ambiente rocoso en el Rayo, Zacatecas, México G. (Eds). El nopal.

Wanderley, W. L. 2001. Palma forrajera (*Opuntia ficus-indica* Mill) en substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) naração de vacas holandesas em lactação. Recife: UFRPE. Tese Mestrado. 41 p.

Páginas web

- 1) http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2725/Perez_Reyes_Celia.pdf?sequence=1
- 2) <http://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchszalV949.pdf>
- 3) [file:///C:/Users/CCE01/Downloads/\(13\)_aldo_torres_s.-composicion_quimica_del_nopal.pdf](file:///C:/Users/CCE01/Downloads/(13)_aldo_torres_s.-composicion_quimica_del_nopal.pdf)