

**SAGARPA**



SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN

ISBN 978-607-425-048-0

**inifap**

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
FORESTALES, AGRICOLAS Y PECUARIAS  
CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE  
CAMPO EXPERIMENTAL SAN LUIS

# NOPAL PARA FORRAJE EN EL ALTIPLANO POTOSINO



**SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA,  
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACION**

Ing. Alberto Cárdenas Jiménez  
**Secretario**

Ing. Francisco López Tostado  
**Subsecretario de Agricultura**

Ing. Antonio Ruiz García  
**Subsecretario de Desarrollo Rural**

Lic. Jeffrey Max Jones Jones  
**Subsecretario de Fomento a los Agronegocios**

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES,  
AGRICOLAS Y PECUARIAS**

Dr. Pedro Brajcich Gallegos  
**Director General**

Dr. Salvador Fernández Rivera  
**Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación**

Dr. Enrique Astengo López  
**Coordinador de Planeación y Desarrollo**

Lic. Marcial A. García Morteo  
**Coordinador de Administración y Sistemas**

**CENTRO DE INVESTIGACION REGIONAL DEL NORESTE**

Dr. Sebastián Acosta Núñez  
**Director Regional**

Dr. Jorge Elizondo Barrón  
**Director de Investigación**

M.C. Nicolás Maldonado Moreno  
**Director de Planeación**

M.A. José Luis Cornejo Enciso  
**Director de Administración**

**CAMPO EXPERIMENTAL SAN LUIS**

M.C. José Luis Barrón Contreras  
**Director de Coordinación y Vinculación en San Luis Potosí**

**INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES FORESTALES,  
AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL  
NORESTE**

**CAMPO EXPERIMENTAL SAN LUIS**

**NOPAL PARA FORRAJE EN EL  
ALTIPLANO POTOSINO**

**JAVIER LUNA VAZQUEZ**  
Investigador del Nodo Regional de la Red de Frutales  
Caducifolios

**JORGE URRUTIA MORALES**  
Investigador del Nodo Regional de la Red de Ovinos y  
Caprinos

**Folleto para Productores Núm. 49  
San Luis Potosí, S.L.P., México.**

# **NOPAL PARA FORRAJE EN EL ALTIPLANO POTOSINO**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Progreso No. 5

Barrio de Santa Catarina

Delegación Coyoacán

C.P. 04010 México, D. F.

Tel. 01 (55) 3871-8700

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

**ISBN 978-607-425-048-0**

Primera Edición 2008

Tiraje: 1,000 ejemplares

Impreso en México

Clave INIFAP-CIRNE P-116

Cita correcta:

Luna Vázquez, Javier y Jorge Urrutia Morales. 2008.

**NOPAL PARA FORRAJE EN EL ALTIPLANO POTOSINO.**

INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto para Productores No. 49. San Luis Potosí, S. L. P. México. 31 p.

# CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
Objetivo de la publicación	3
<b>IMPORTANCIA DEL NOPAL COMO FORRAJE</b>	<b>3</b>
Importancia del cultivo	3
¿Por qué establecer plantaciones de nopal para forraje?	4
<b>CARACTERÍSTICAS DEL NOPAL</b>	<b>5</b>
Valor nutritivo	5
Fuente de agua para el ganado	7
Productividad	8
Eficiencia en el uso del agua	9
Ambiente del nopal	10
<b>ESTABLECIMIENTO DEL NOPAL</b>	<b>10</b>
Selección del terreno	11
Variedades	12
Obtención de la planta	16
Preparación del terreno	17
Abonado del terreno	19
Época de plantación	20
Plantación	20
Distancia de plantación	21
Costos de producción	21
<b>MANEJO DE PLANTACIONES</b>	<b>22</b>
Poda	22
Control de maleza	22
Plagas y enfermedades	23
Protección de la plantación	23
<b>APROVECHAMIENTO DE LA PLANTACIÓN</b>	<b>24</b>
Eliminación de las espinas	24
Picado	25
Molido	27
Deshidratación parcial	27
Uso como forraje	27
Intensidad de cosecha	28
<b>LITERATURA CONSULTADA</b>	<b>29</b>

## INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

		Pág.
Figura 1	Aspecto común del cultivo de maíz en el Altiplano Potosino donde la falta de agua limita su desarrollo.	2
Figura 2	Producción de nopal en función de la cantidad de agua de lluvia.	8
Figura 3	Tapón y cardón, son algunas de las principales especies de nopal utilizadas como forraje en el Altiplano Potosino.	12
Figura 4	Tapón, nopal adaptado a las condiciones adversas de clima y suelo, característicos del Altiplano.	14
Figura 5	La variedad Cristalina es la que produce los frutos de mayor tamaño, sin embargo por su velocidad de crecimiento y rusticidad, puede aprovecharse para la producción de forraje.	15
Figuras 6 y 7	Atlixco y Copena V-1, son variedades utilizadas para la producción de verdura, pero por su alta productividad pueden ser utilizadas para la producción intensiva de forraje.	16
Figura 8	Terreno de agostadero preparado con un paso de subsuelo y listo para ser abonado y plantado.	18
Figura 9	Plantación de nopal protegida con cerco de alambre de púas.	25
Figuras 10 y 11	Aspecto del nopal picado y prototipo de una picadora de nopal.	26
Cuadro 1	Composición mineral del nopal ( <i>Opuntia Ficus-indica</i> ).	6
Cuadro 2	Estimación de la producción de forraje verde, forraje seco y Nutrientes Digestibles (TND) en toneladas por hectárea (t/ha) en tres cultivos.	9
Cuadro 3	Cantidad de agua requerida por diferentes cultivos forrajeros para producir un kilogramo de materia seca de forraje.	10

# NOPAL PARA FORRAJE EN EL ALTIPLANO POTOSINO

Javier Luna Vazquez<sup>1</sup>  
Jorge Urrutia Morales<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

La ganadería es una de las actividades rurales más comunes entre los habitantes de la región semiárida de San Luis Potosí. En los agostaderos la disponibilidad de forraje determina el sistema de manejo del ganado, debido a que este constituye la principal fuente de alimento para satisfacer la demanda nutricional del ganado en sus distintas etapas productivas.

En estas regiones prevalecen condiciones de escasa y errática precipitación pluvial, vientos fuertes y secos, suelos con baja fertilidad y una drástica oscilación diaria de la temperatura del aire. En conjunto estos factores ocasionan una marcada estacionalidad en la disponibilidad de forraje. Por ejemplo el periodo de diciembre a junio se caracteriza por la escasez de alimento en el cual el ganado no logra cubrir las demandas nutricionales. Paralelamente la falta de agua para el ganado se convierte en un problema central, que obliga a los animales a caminar grandes distancias para llegar a los abrevaderos. Esto conlleva a un gasto de energía y a un excesivo pisoteo excesivo de la vegetación cercana a los cuerpos de agua. Ambos problemas interaccionan no sólo en la disminución de la producción de forraje, sino también en la pérdida de peso del ganado y, en casos extremos, la muerte.

<sup>1</sup> Ing. Investigador del Nodo Regional de la Red de Frutales Caducifolios.  
Campo Experimental San Luis, CIRNE-INIFAP.

<sup>2</sup> Dr. Investigador del Nodo Regional de la Red de Ovinos y Caprinos.  
Campo Experimental San Luis, CIRNE-INIFAP.

El período descrito, es conocido también como estiaje, el cual es constante año tras año, con duración e intensidad variable, lo cual obliga al productor pecuario a tomar medidas preventivas para afrontarlo. Desde tiempos antiguos, el nopal ha sido utilizado como forraje para los animales. Debido a que el nopal está adaptado a dichas zonas, constituye una de las pocas opciones de forraje para estas áreas. La disponibilidad de nopal en los años más secos puede representar la diferencia entre mantener vivo al ganado o perderlo por falta de agua y alimento.

La falta de agua limita el éxito de las actividades agropecuarias de temporal en la región, ocasionando frecuentes pérdidas (Figura 1). Sin embargo, el nopal es una planta capaz de prosperar donde los cultivos tradicionales tienen serias limitaciones por esta causa. Así, el nopal es una planta de fácil propagación y con buen rendimiento de forraje, capaz de prosperar en tierras marginales, con la ventaja adicional de que esta planta produce frutos y verdura para consumo humano.



Figura 1. Aspecto común del cultivo de maíz en el Altiplano Potosino donde la falta de agua limita su desarrollo.



A pesar de la sequía recurrente, los productores pecuarios mantienen prácticamente el mismo número de animales y tienden a incrementarlo año tras año, por lo que constantemente aumenta la demanda de nopal como forraje. En consecuencia, la presión sobre las nopaleras silvestres se ha incrementado, reduciendo su extensión y densidad y por lo tanto, ha disminuido su disponibilidad.

El establecimiento de plantaciones de nopal para la producción de forraje constituye una opción para disminuir la presión sobre las poblaciones silvestres. También, mediante un manejo especializado de plantaciones, podrán mantener la producción por periodos largos, y así atenuar los efectos negativos de las sequías recurrentes y prolongadas sobre las actividades pecuarias. Por otra parte las plantaciones de nopal tienen un efecto ecológico benéfico, ya que las plantas protegen al suelo contra la erosión hídrica y eólica.

## **Objetivo de la publicación**

El objetivo de la presente publicación es dar a conocer la importancia del nopal para su uso como forraje, así como algunas sugerencias para el establecimiento y manejo de plantaciones de nopal para la producción de forraje.

## **IMPORTANCIA DEL NOPAL COMO FORRAJE**

### **Importancia del cultivo**

El nopal se ha introducido en diversas partes del mundo (Brasil, Sudáfrica, Marruecos, Túnez, etc.), con el fin de utilizarlo como un forraje estratégico para la dieta de los animales a lo largo de todo el año. En estos países existen plantaciones de nopal especializadas para la producción de

forraje, destinando en algunos casos hasta el 20% de la superficie de los ranchos con este propósito. En contraste, en México el nopal silvestre se utiliza como forraje de recolección y de forma emergente, pero no se considera dentro de las estrategias nutricionales en los sistemas pecuarios de producción. Por esta razón, son pocas las plantaciones establecidas con nopal para la producción de forraje. Esto ha ocasionado una sobre explotación de las nopaleras silvestres de nopal.

### **¿Por qué establecer plantaciones de nopal para forraje?**

El nopal es una planta altamente eficiente en convertir el agua en materia verde, sin embargo su valor nutritivo es bajo, en comparación con otros cultivos forrajeros tradicionales de temporal. El nopal es un recurso importante por su disponibilidad y por la habilidad para desarrollarse en las áreas donde los cultivos tradicionales no logran producir o sus rendimientos son muy bajos. Las ventajas de cultivar nopal para la producción de forraje son:

- Es una fuente de alimento en la época de sequía, cuando otras están poco disponibles.
- Alto contenido de agua, que ayuda a cubrir las necesidades hídricas del ganado, conformándose como una reserva de agua, la cual permite la sobrevivencia de los animales.
- Es muy bien aceptado por el ganado, por lo que logra consumir grandes cantidades.
- Es un forraje siempre verde que se puede aprovechar en cualquier época del año.
- Está adaptado a las condiciones de clima y suelo de la región.
- Produce altos rendimientos por hectárea, que pueden ir de las 20 hasta las 120 toneladas de material fresco por hectárea (entre 2 y 15 toneladas de materia seca) cuando la precipitación varía de 150 a 550 mm.
- Es de fácil propagación.

- Tolera podas frecuentes.
- Si las pencas no se cosechan oportunamente, estas conservan la calidad forrajera en pie por tiempo largo, a diferencia de otros forrajes.
- Mantiene alta digestibilidad en pencas maduras.

## **CARACTERÍSTICAS DEL NOPAL**

### **Valor nutritivo**

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/100 g 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 (2.64 Mcal/Kg).

El nopal aporta cantidades importantes de diversos minerales, con excepción del cobre, que es baja, y del fósforo y sodio cuyos contenidos son muy bajos. En cambio, aporta grandes cantidades de calcio, lo que hace que la relación calcio:fósforo sea muy elevada (15:1). Esta situación obliga a suplementar fósforo para mejorar la relación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición mineral del nopal (*Opuntia Ficus-indica*).

Mineral	Valor
Calcio (g/kg MS)	42.0 – 52.1
Fósforo (g/kg MS)	1.0 – 18.0
Sodio (g/kg MS)	0.6
Potasio (g/kg MS)	12.0 – 26.0
Magnesio (g/kg MS)	11.0 – 14.0
Cobre (mg/kg MS)	6.5
Hierro (mg/kg MS)	170.8
Manganeso (mg/kg MS)	170.0 a 248.9
Zinc (mg/kg MS)	10.0 a 31.0

Se ha observado que el contenido de proteína cruda es mayor en pencas de menos de un año, reduciéndose éste 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 F1 (*O. ficus-indica*) y rastrero (*O. rastrera*) son las que tienen mayor contenido de proteína y las de mayor digestibilidad.

El nopal usado como complemento en la dieta del ganado mejora 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 solubles, 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 aún jóvenes, lo cual se debe posiblemente al elevado contenido de sales. Su sabor agradable y la elevada digestibilidad de la materia seca (50 al 70%) originan consumos elevados de nopal. El rápido paso por el sistema digestivo combinado 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 pajas o rastrojos 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.

## **Fuente de agua para el ganado**

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 distancia para acceder a las fuentes de agua, invirtiendo cantidades importantes de energía. Asimismo, el sobrepastoreo 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.

## Productividad

La producción de nopal depende de la cantidad de agua de lluvia y espaciamiento de la plantación, por lo que el rendimiento puede variar entre 20 y 120 toneladas de forraje fresco por hectárea por año (Figura 2). En cladodios frescos el contenido de materia seca varía entre 8 y 17%, por lo que se esperaría obtener un rendimiento entre 1.6 y 15 toneladas de materia seca por hectárea.

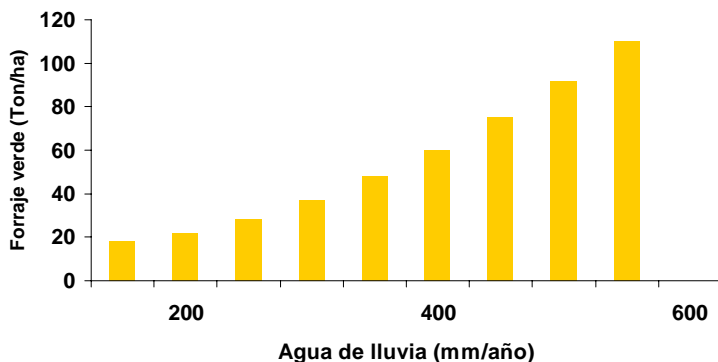


Figura 2. Producción de nopal en función de la cantidad de agua de lluvia.

Debido a la alta productividad que tiene el nopal, la producción de nutrientes digestibles por unidad de superficie, cuando las condiciones de precipitación son del orden de los 550 mm, es tanto o más elevada que la de otros forrajes. En el Cuadro 2 se hace una comparación de la producción de forraje y la de nutrientes digestibles del nopal producido en condiciones de temporal con una precipitación de 550 mm, en comparación con el maíz ensilado y alfalfa henificada producidos en condiciones de riego.

Cuadro 2. Estimación de la producción de forraje verde, forraje seco y Nutrientes Digestibles Totales (TND) en toneladas por hectárea (t/ha) en tres cultivos.

Cultivo	Forraje verde (t/ha)	Forraje seco (t/ha)	TND (t/ha)
Nopal	120	12	8.6
Maíz	65	18.2	11.1
Heno de alfalfa	70	14	7.7

\* Se consideró que el ensilaje de maíz y el heno de alfalfa se produjeron en condiciones de riego, mientras que el nopal se consideró en condiciones de temporal con una precipitación de 550 mm.

## Eficiencia en el uso del agua

El nopal tiene diversas adaptaciones que le permiten sobrevivir a las condiciones adversas que prevalecen en las regiones semiáridas. Una de las más importantes es que cuenta con raíces superficiales que le permite la absorción de agua de lluvia por ligera que esta sea. Además, el nopal puede formar raíces nuevas absorbentes dentro de las 24 horas posteriores al humedecimiento del suelo, lo cual contribuye significativamente en la absorción del agua y posterior conversión en materia seca a través de la captación de la luz. Por otro lado, la penca del nopal tiene una capa de cera y una epidermis gruesa que reducen la evaporación del agua contenida en la penca, reduciendo la deshidratación de la planta.

Se ha estimado que el nopal es 1.4 veces más eficiente en el uso del agua que los cultivos forrajeros tradicionales, como el maíz y el sorgo, y hasta tres veces más eficiente que la alfalfa. Su eficiencia es similar a la de plantas arbustivas forrajeras de la región semiárida, como el chamizo, y sólo es superado por el maguey para transformar el agua en materia seca (Cuadro 3). De esta forma, se puede decir que el nopal es capaz de producir una cantidad similar de forraje seco que la alfalfa, utilizando un tercio o menos del agua requerida por la alfalfa, aunque los

nutrientes del nopal estarán contenidos en mayor volumen de materia verde que los de la alfalfa.

Cuadro 3. Cantidad de agua requerida por diferentes cultivos forrajeros para producir un kilogramo de materia seca de forraje.

<b>Especie</b>	<b>Cantidad de agua (kg de agua / kg de M.S.)</b>
Magüey	93
Nopal	267
Maíz	367
Alfalfa	750

Con base en la eficiencia en el uso del agua de los cultivos, el regar una plantación de nopal puede resultar más eficiente para la producción de forraje que regar un cultivo de alfalfa.

## **Ambiente del nopal**

Las especies de nopal se distribuyen en diferentes sistemas ecológicos en función de sus características anatómicas y morfológicas. Por ejemplo, las especies silvestres prosperan en condiciones ecológicas marginales, mientras que las especies sin espina prosperan en sitios con condiciones de mejor humedad y suelo y con protección contra los animales. En la sección sobre la selección de variedades, se amplía esta información.

## **ESTABLECIMIENTO DEL NOPAL**

Para el establecimiento de plantaciones de nopal para la producción de forraje, se sugiere seguir los siguientes pasos:



## Selección del terreno

La selección del terreno es el primer paso en el establecimiento de una plantación de nopal, pues de ello depende su preparación, la selección de la variedad y el manejo de la plantación. Las plantaciones se pueden establecer tanto en áreas de agostadero como en áreas abiertas al cultivo, sin embargo, al igual que todas las plantas, el nopal se desarrolla mejor en suelos con buena fertilidad, por lo que es recomendable el abonado para mejorarla.

Con el fin de reducir los costos de establecimiento y obtener un mejor desarrollo de la plantación, es necesario elegir las porciones de terreno con mejor calidad de suelo (profundos y de mejor fertilidad), preferentemente planas y, de ser posible, en zonas que tengan posibilidades de ser preparadas con maquinaria y que reciban escurrimientos. Por otro lado, es conveniente que las plantaciones se ubiquen en sitios cercanos a los corrales de los animales, pues ello reducirá el esfuerzo y los costos que implican el acarreo del forraje. Pueden establecerse las plantaciones en tres condiciones:

***Plantaciones en agostadero.*** Con el fin de incrementar la población de nopal para su uso como forraje en los agostaderos, se elegirán los sitios que permitan causar el menor disturbio de la vegetación nativa. Es decir, en las áreas del agostadero en las que haya poca vegetación nativa presente y que sean relativamente planos o que permitan trazar curvas de contorno.

***Plantaciones en suelo agrícola de temporal.*** Grandes áreas destinadas a la producción de cultivos agrícolas de temporal, como maíz y frijol, frecuentemente se siniestran por falta de agua. En estos sitios es posible cambiar el uso del suelo mediante el establecimiento de plantaciones de nopal para forraje, debido a que el requerimiento de agua es inferior al de esos cultivos. Estas áreas son ideales, pues se ayuda a resolver un doble problema, el de la falta de agua y

forraje y la continua erosión del suelo, causada por mantener el suelo sin vegetación.

**Plantaciones para producción intensiva en áreas de riego.** En algunas áreas productoras de hortalizas, la extracción continua de agua para riego ha ocasionado el abatimiento de los mantos acuíferos. Estas áreas con poca disponibilidad de agua pueden destinarse a la producción de nopal para forraje, con lo cual pueden obtenerse altos volúmenes de producción.

## Variedades

Todas las especies de nopal se utilizan como forraje, sin embargo, por su mayor disponibilidad en las poblaciones silvestres, las más comúnmente utilizadas son nopal cardón (*O. streptacantha*), tapón común (*O. robusta*), duraznillo (*O. leucotricha*), nopal rastrero (*O. rastrea*) e incluso el cardenche o choya (*O. imbricata*) (Figura 3).



Figura 3. Tapón y cardón, son algunas de las principales especies de nopal utilizadas como forraje en el Altiplano Potosino.

El nopal es una planta que puede destinarse a diversos usos y existe la posibilidad de aprovechar las nopaleras destinadas a la producción de tuna y verdura para la producción de forraje. En las primeras, los desechos de poda pueden representar cantidades significativas de forraje, podando principalmente las pencas sombreadas o parasitadas desde mediados de febrero. Estas pencas pueden mantenerse en un lugar sombreado y utilizarse de acuerdo a las necesidades de forraje. En el caso del nopal para verdura, el precio del nopalito disminuye a partir del mes de marzo por lo que su comercialización es poco atractiva. A partir de este mes, la falta de agua y forraje se agudiza, por lo que los brotes pueden dejarse en la planta hasta el mes de mayo para permitir su maduración y posteriormente proporcionárselos al ganado en la época más seca del año.

Si bien todas las especies de nopal pueden ser utilizadas como forraje, para la producción intensiva deben utilizarse variedades sin espinas, plantados en alta densidad para obtener la máxima productividad. Solamente se tiene reportada la variedad Copena F-1 como producto del mejoramiento genético para la producción de forraje. En las condiciones de temporal del Altiplano Potosino es preciso seleccionar cuidadosamente el nopal para fines forrajeros, ya que el grado de rusticidad varía con la especie y, por lo tanto, su respuesta a las condiciones de clima, suelo y manejo de cada sitio.

Las especies silvestres son más rústicas y prosperan en condiciones más críticas de clima y suelo, por lo que deben seleccionarse para su establecimiento en el ambiente marginal del altiplano. Cuando las condiciones son mejores, es posible utilizar variedades para fruto o verdura. Las variedades seleccionadas para fruto requieren de mejores condiciones para su desarrollo y de áreas con mayor precipitación. Finalmente las especies sin espinas, generalmente utilizadas para la producción de verdura, son preferidas por el ganado y la fauna silvestre y son aptas para la producción intensiva, con altas dosis de abono orgánico, riego y protección contra los animales. La

selección de la especie o variedad se hace tomando en cuenta el tipo de suelo, pendiente, precipitación y temperaturas mínimas extremas.

A continuación se mencionan las variedades que se recomiendan para tres condiciones de plantación.

***Plantaciones en agostadero.*** En suelos de poca profundidad, terrenos de agostadero, y en las áreas más críticas por falta de agua, se recomienda establecer especies silvestres las cuales tienen un alto grado de rusticidad, como tapón común (Figura 4), cardón y duraznillo, y en situaciones aun más difíciles recurrir a otras especies como cardenche o choya. Estas especies se encuentran en sistemas agroecológicos extremos (falta de agua, suelos superficiales, bajas temperaturas, etc.), y además poseen espinas que las protegen parcialmente de los animales tanto domésticos como silvestres.



Figura 4. Tapón, nopal adaptado a las condiciones adversas de clima y suelo, característicos del Altiplano.

***Plantaciones en suelo agrícola de temporal.*** En suelos agrícolas de áreas de temporal pueden utilizarse variedades con espinas que tradicionalmente son para fruto, entre ellas Cristalina (Figura 5), Bola de Masa y Chapeada, las cuales

presentan un rápido desarrollo vegetativo. Entre las variedades sin espina, se ha observado que la variedad Atlixco es una de las que mejor soportan las condiciones de falta de agua y tiene un crecimiento rápido y vigoroso.



Figura 5. La variedad Cristalina es la que produce los frutos de mayor tamaño, sin embargo por su velocidad de crecimiento y rusticidad, puede aprovecharse para la producción de forraje.

***Plantaciones para producción intensiva en áreas de riego.*** Cuando se dispone de agua para riego y con la aplicación de abono orgánico, es posible producir grandes cantidades de forraje verde. En este caso, las variedades que se sugiere utilizar son Milpa Alta, Copena V-1, Atlixco (Figuras 6 y 7) y Copena F-1. La variedad Copena F-1 es el único material que se tiene registrado como mejorado para la producción de forraje y es mejor consumido por el ganado que otras variedades, sin embargo es menos vigoroso y su capacidad de recuperación después de la poda es menor que el de las otras tres variedades.



Figuras 6 y 7. Atlixco y Copena V-1, son variedades utilizadas para la producción de verdura, pero por su alta productividad pueden ser utilizadas para la producción intensiva de forraje.

### **Obtención de la planta**

Una vez elegida la especie y variedad, se localizan las poblaciones silvestres o plantaciones que tengan dicha variedad y en ella se seleccionan plantas sanas y vigorosas,

en las cuales se cortan pencas, preferentemente de dos a cuatro años de edad, libres de plagas y enfermedades. Las pencas se desprenden de su base con una herramienta afilada, cuidando de no causar daño a la planta o a las pencas. Se recomienda deshidratarlas antes de plantarlas, manteniéndolas en un sitio seco a media sombra durante 8 a 15 días para permitir la cicatrización del corte.

En la plantación se pueden utilizar pencas solas o material compuesto por más de una penca. En general, se obtiene un desarrollo más rápido utilizando material de dos o tres pencas en comparación con utilizar una sola penca. La desventaja de esta forma de plantación es el incremento en costo de manejo, transporte y trabajo al momento de plantar, por la dificultad del manejo del material, especialmente cuando se establece nopal con espinas. Por otra parte, el traslado de este tipo de plantas debe ser cuidadoso para evitar que las pencas se desprendan durante su manejo. Cuando la disponibilidad de material o las distancias de traslado son una limitante, es preciso recurrir al uso de pencas individuales para facilitar su manejo.

## **Preparación del terreno**

En terrenos de pastoreo con buena cubierta vegetal, puede aumentarse la densidad de plantas de nopal y con el fin de no perturbar la vegetación nativa, se cavan cepas anchas (50 cm aproximadamente) y de poca profundidad (25 cm) con el fin de que sirvan al mismo tiempo para captación de agua; en ellas se colocan las pencas, enterrando de un tercio a la mitad de las mismas. Si la densidad de vegetación lo permite, se da un paso con el subsuelo, como se ilustra en la Figura 8, respetando las áreas más densas de vegetación y siguiendo un trazo en curvas de nivel; posteriormente se abona como se sugiere en el apartado de abonado y se planta.



Figura 8. Terreno de agostadero preparado con un paso de subsuelo y listo para ser abonado y plantado.

En terrenos abiertos al cultivo se realiza un barbecho (o un paso con el subsuelo o el multiarado), un paso de rastra y se trazan surcos maiceros en curvas de nivel. Para conservar el agua en el suelo, a los surcos se les formarán pequeñas represas ("contras") para almacenar el agua y permitir un mayor tiempo de infiltración. La plantación se establece en hileras con separación entre cuatro y seis metros, dependiendo de la superficie y del manejo de la plantación.

Para las plantaciones intensivas con riego, además del barbecho y rastreo, es preciso nivelar el terreno para mejorar la distribución del agua. Una vez hecha esta labor, se abona, se acondiciona el sistema de riego y se procede a plantar, enterrando de un tercio a tres cuartos de la penca basal. No es necesaria la formación de camas altas para su establecimiento, sino que se planta en terreno plano y abonado.



## Abonado del terreno

El nopal tiene una excelente respuesta a la aplicación de estiércol por lo cual la producción de forraje puede ser constante durante varios años e incrementada de manera importante con la aplicación de este insumo. Es una de las plantas a las que puede aplicarse este insumo sin riesgo de dañarlo por exceso. Por esta razón, la cantidad a aplicar está más limitada por la disponibilidad del recurso que por la cantidad que la planta pueda tolerar. El abono induce un crecimiento más rápido en los primeros años, lo que incrementa la producción, aún con precipitaciones bajas.

En plantaciones extensivas se recomienda aplicar al menos 20 toneladas de estiércol seco por hectárea antes de plantar. Para esto, se aplican 800 kg de estiércol seco por hilera de 100 m de largo (cuando la plantación se hace a 4 m entre hileras). El estiércol se distribuye en las hileras en un área de 1.5 m de ancho y posteriormente se da un paso de rastra para incorporarlo y protegerlo de la acción del viento. Es importante la aplicación del abono antes de plantar, porque promueve un desarrollo vigoroso de las plantas. Una vez establecida la plantación, se aplica la mitad de la dosis entre las hileras de plantas, cada tercer año. Una vez abonado el terreno, se abren los surcos en el área abonada y se procede a plantar.

En las plantaciones intensivas para la producción de nopal de verdura se hacen aplicaciones de 200 ton/ha de estiércol, por lo cual para producir forraje de manera intensiva, de acuerdo a su disponibilidad, puede aplicarse hasta esa cantidad, no existiendo riesgo de daño a las plantas por dicho volumen. Debido a que este insumo es escaso en la región, se sugiere aplicar al menos 40 ton/ha antes de plantar y después cada año una capa de 5 cm aplicado entre las plantas. El abonado combinado con el riego y las podas frecuentes, permite obtener una producción alta y constante durante varios años.

El efecto del estiércol se relaciona con una mejoría directa en la fertilidad del suelo, además del aumento en la porosidad con lo que se mejora la infiltración y la capacidad de retención de humedad del agua de lluvia en el suelo. Es la mejor opción para mejorar la productividad de las nopaleras, ya que su efecto residual se prolonga por varios años. Puede utilizarse cualquier tipo de abono de origen animal, pero el estiércol de ganado vacuno es el de mayor disponibilidad.

La fertilidad del suelo así como la aplicación de fertilizantes químicos influyen en el mejoramiento del valor nutritivo del nopal, lo cual es un aspecto importante por la posibilidad de disminuir el costo del suplemento de proteína, pues es posible obtener incrementos de alrededor del doble en el contenido de proteína fertilizando el nopal con nitrógeno y fósforo (224 kg de Nitrógeno y 112 kg de Fósforo por hectárea). Además de mejorar el valor nutritivo del nopal, la fertilización química incrementa la brotación y el tamaño de las pencas, lo cual se traduce en un mayor rendimiento.

## **Época de plantación**

En condiciones de agostadero y de temporal, la mejor época de plantación es desde finales de febrero y todo el mes de marzo, una vez que haya disminuido el riesgo de heladas fuertes. Plantando en ésta época, se aprovechan las lluvias tempranas que lleguen a presentarse y la planta tiene tiempo de arraigarse, antes del invierno. En el caso de plantaciones intensivas bajo riego, la época de plantación se extiende hasta el mes de agosto, ya que con plantaciones posteriores se corre el riesgo de daños por bajas temperaturas, pues una planta joven es más susceptible al daño por heladas.

## **Plantación**

En el caso de apertura de cepas entre la vegetación nativa, pueden colocarse las pencas recargadas en un lado

y cubrir con tierra la parte basal de la penca. En el caso de plantaciones en suelo agrícola, pueden colocarse las pencas recargadas en el surco y posteriormente pasar el arado por el otro lado para cubrir la mitad de ellas de tierra. En el caso de plantaciones intensivas se abren surcos y se procede de la misma manera que en el segundo caso.

## Distancias de plantación

En **terrenos de agostadero** aprovechando los espacios libres de vegetación nativa, se procurará una distancia de plantación de 1 m entre plantas y tres metros entre hileras, en el caso de que estas puedan formarse. Estas mismas distancias, también se utilizan en terrenos donde exista la posibilidad de utilizar un paso de subsuelo en las áreas donde la vegetación nativa lo permita. En este caso, la cantidad de plantas por hectárea variará de acuerdo a la condición del terreno.

En **terrenos abiertos al cultivo** la distancia sugerida es de 1 m entre plantas y 4 o 5 m entre hileras, con el fin de permitir el paso de un vehículo para el acarreo de las pencas o el paso de una rastra para eliminar la maleza en las etapas tempranas de desarrollo del nopal. Con estas distancias de plantación, la cantidad de plantas requerida será de 2000 a 2500 por hectárea.

En **plantaciones intensivas** la distancia entre plantas e hileras será de 50 cm en dos o tres hileras y se dejan calles alternadas de 2.0 y 4.0 m de ancho para permitir el paso de vehículos para cosechar las pencas. Con dos hileras la cantidad requerida de pencas será de 11200, mientras con hileras triples la cantidad será de 15000 plantas por hectárea

## Costos de producción

Los costos para establecer una plantación de nopal son variables para cada una de las condiciones. Los más altos están representados por la preparación del terreno,

acarreo y aplicación del abono, cerco para la protección de la plantación, costo y acarreo de la planta y la plantación. Estos costos variarán además en función de la distancia del terreno a los sitios en donde se obtengan la planta y el abono. Como punto de referencia, puede considerarse un precio medio de \$1.50 por planta, independientemente de que en el caso de terrenos de agostadero, es posible obtenerla en el mismo sitio.

## **MANEJO DE PLANTACIONES**

### **Poda**

Una vez establecida la plantación, es importante eliminar el exceso de brotes para formar la planta y favorecer su arraigo, dejando tres o cuatro brotes por planta para estimular su crecimiento.

### **Control de maleza**

La aplicación de estiércol tiene como inconveniente la aportación de una gran cantidad de semillas de diferentes especies de maleza, principalmente arbustivas. La germinación de estas semillas representa una fuerte competencia para el desarrollo del nopal en todas las etapas de su desarrollo, pero sobretodo en las etapas tempranas, por lo que es necesario controlarlas.

En el caso de plantaciones en agostadero, es necesario eliminar la maleza cercana a la planta para disminuir la competencia por el agua y nutrimentos. En el caso de plantaciones intensivas el problema es mayor, ya que aprovecha las condiciones que se le proporcionan al nopal para su desarrollo. Es preciso eliminar toda maleza que aparezca en el área plantada, especialmente las arbustivas antes de que se establezcan completamente. La

maleza entre las plantas puede ser eliminada manualmente, mientras que en las calles de las plantaciones donde el trazo lo permita, puede hacerse con un paso de rastra, por lo que la plantación de nopal en superficies grandes de terrenos abiertos al cultivo, debe hacerse con distancias desde 4 hasta 6 m con el fin de permitir el paso de la desvaradora para su control.

## **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 cosecharlo para forraje, ya que periódicamente se elimina toda la parte más suculenta, quedando en el campo la parte fibrosa de la planta y menos apetecida por las plagas. En caso de presentarse enfermedades en la plantación es conveniente eliminar las plantas 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.

## **Protección de la plantación**

En la región se han realizado programas para plantar nopal tunero, sin embargo muchas de estas plantaciones no prosperaron por no haber tenido protección contra el ganado a libre pastoreo ni contra los roedores. Todas las especies de nopal son consumidas por los roedores, observándose un daño menor al nopal tapón y duraznillo. Sin importar la especie, todas las plantaciones deben ser protegidas contra los roedores y el ganado. Por otra parte, en terrenos excluidos al pastoreo, la vegetación crece significativamente lo cual induce al productor a introducir el ganado. En caso de ser necesario el pastoreo, se debe hacer durante la época de mayor disponibilidad de forraje y con animales jóvenes, para evitar daños al nopal, sobretodo en la época de establecimiento del nopal.

## **APROVECHAMIENTO DE LA PLANTACIÓN**

Debe cuidarse la intensidad de cosecha. Investigadores han encontrado que dejando todas las pencas del segundo piso (las que crecen sobre la planta madre) en la planta, la recuperación de la nopalera fue más rápida y la productividad relativamente más constante. En plantaciones de temporal, el corte debe ser en el punto de unión de las pencas, cada dos o tres años, excepto en el caso de plantaciones intensivas que puede hacerse cada año. Es necesario visitar la plantación periódicamente con el fin de detectar fallas, daños por plagas o animales y planear las actividades necesarias para el mantenimiento de la misma.

En los años en que las condiciones de precipitación no ameriten la utilización del nopal como forraje, este puede dejarse en el campo, como una forma de “almacenarlo” y acumular la producción de varios años sin que disminuya su calidad, situación que no ocurre con los forrajes tradicionales.

El nopal puede ser utilizado por medio del pastoreo directo de las especies sin espina, lo cual no es deseable porque los animales pueden consumir la totalidad de las plantas. Otra forma es cosechar las pencas y su posterior ofrecimiento en el corral. Los costos de cosechar y acarrear pueden ser elevados, pero por otro lado se evita el desperdicio y daños a la planta.

### **Eliminación de las espinas**

La presencia de espinas constituye una limitante para el consumo del nopal, por lo que los productores las eliminan chamuscándolas lo que implica un costo adicional por concepto de combustible, equipo y mano de obra.

En los agostaderos, en la época de sequía y obligados por la falta de forraje, el ganado consume el nopal con todo y espinas con mucho esfuerzo y daños en la boca. El método más sencillo de aprovechamiento utilizado por algunos productores es el chamuscado directo de la planta en pie. Sin embargo, con este método se eliminan las espinas de toda la planta, por lo que queda indefensa, siendo consumida posteriormente por el ganado y los animales silvestres en su totalidad. Por esta razón, esta práctica debe ser evitada. La forma idónea para eliminar las espinas es hacerlo una vez cortadas las pencas, pues de esta forma se evitan daños a la planta y se disminuye el desperdicio y el riesgo de sobreutilización de las plantas. Es posible que después de haber sido cortado el nopal, el ganado consuma la totalidad de la estructura de la planta que quedó en el campo, abriéndose camino a partir de las heridas del corte, ya que quedan espacios sin la protección de las espinas por lo que el acceso del ganado debe ser restringido (Figura 9).



Figura 9. Plantación de nopal protegida con cerco de alambre de púas.

### **Picado**

El nopal se puede ofrecer cortado en trozos, variando el tamaño de acuerdo con la especie. En bovinos,

se puede utilizar un tamaño de alrededor de 4 x 15 cm (Figura 10), mientras que en cabras y borregos es preferible un tamaño más pequeño (3 x 5 cm). Esta operación se puede hacer a mano o con una picadora automática. Sin embargo, no hay en el mercado una picadora especial para nopal (Figura 11), por lo que es posible acondicionar las existentes.



Figuras 10 y 11. Aspecto del nopal picado y prototipo de una picadora de nopal.



## **Molido**

Una práctica rápida y eficiente es la utilización de una trituradora mecánica para forraje verde para moler la penca junto con las espinas, así el ganado puede consumirlo descartando las espinas. Además, el uso de este implemento aumenta la velocidad con que se procesa el forraje y disminuye el uso de combustible para el chamuscado y manejo del forraje. Existen prototipos de trituradoras que se adaptan al tractor para el molido del nopal.

## **Deshidratación parcial**

Aun cuando el alto contenido de agua en las pecas cubre parcialmente las necesidades hídricas del ganado, también, también es verdad que esto limita el consumo de nopal, sin embargo esta característica es valiosa, pues reduce las necesidades de beber agua, lo cual es de gran importancia en los sistemas pecuarios del Altiplano Potosino, especialmente en época de sequía.

Para incrementar el consumo, el nopal puede ser deshidratado parcialmente, dejándolo en un sitio sombreado. De esta forma, se concentran los nutrientes en él contenidos y se incrementa el consumo de los mismos. Esta operación puede reducir los costos de acarreo, al reducir el volumen que ha de transportarse, siempre que el deshidratado se realice al pie de la plantación.

## **Uso como forraje**

Debido al bajo contenido de proteína y fibra, el nopal no debe utilizarse como único ingrediente en la dieta, sino que debe suministrarse en combinación con otros insumos para que complementen estas deficiencias. La proteína es la deficiencia más importante del nopal, por lo que deberá complementarse con alimentos ricos en proteína, como la harina de soya, la pollinaza o alfalfa cuando el nopal se utilice como alimento principal.

Por su elevado contenido de azúcares es excelente para ser utilizado como suplemento energético para complementar dietas bajas en energía y altas en proteína, como es el caso de los forrajes de leguminosas y arbustivas, así como la pollinaza. Las arbustivas forrajeras contienen elevados niveles de proteína (entre 12 y 22%), por lo que el pastoreo en sitios con elevadas poblaciones de arbustivas, origina consumos altos de este nutriente. En estas condiciones, la complementación alimenticia con nopal resulta ideal, al equilibrar el consumo de proteína y de energía.

Cuando se utiliza para complementar el pastoreo en agostadero con elevada población de arbustivas, conviene ofrecer el nopal antes del pastoreo, pues la velocidad de degradación de los azúcares permite que las cabras aprovechen mejor la proteína soluble de las arbustivas.

## **Intensidad de cosecha**

Dependiendo del desarrollo de la plantación, la cosecha de forraje puede realizarse a partir del tercer año. El criterio que debe considerarse para iniciar el aprovechamiento de una plantación nueva, radica en que la planta debe tener por lo menos un tercer piso, aunque de preferencia cuatro pisos con el fin de dejar el segundo piso sobre la planta madre. Al cosechar, las pencas o brazos se deben cortar en los puntos de unión procurando un corte limpio, sin daños innecesarios a las plantas. La cantidad de pencas que puede ser cosechada varía con la especie, la edad y desarrollo de la plantación.

Como las pencas conservan su mayor valor alimenticio hasta el tercer año de edad, es posible cosechar cada dos o tres años. Este manejo tiene la ventaja de que con un solo corte de la planta se cosecha mayor cantidad de forraje, además de permitir la recuperación de las plantas, pues la recuperación es mejor cuando la frecuencia de corte es menor. Para lograr esto, la plantación se divide en dos o tres secciones o parcelas, y cada año se cosecha una sección, de tal forma que cada sección sea cosechada cada dos o tres años.

## LITERATURA CONSULTADA

- Beltrán L.S, Loredó O.C. y Urrutia M.J. 2005. Manejo y rehabilitación de agostaderos de zonas áridas y semiáridas. En: Loredó O.C., Prácticas para la Conservación del Suelo y Agua en Zonas Áridas y Semiáridas. Libro Técnico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental San Luis. Pp 157-187.
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Ben-Salem, L. 2002. Nitrogen supplementation improves the nutritive value of *Opuntia ficus-indica* f. *inermis*-based diets and sheep growth. Acta Hort. (581) 317-321.
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Ben-Salem, L. 2002. *Opuntia ficus-indica* f *inermis* and *Atriplex nummularia* L.: Two complementary fodder shrubs for sheep and goats. Acta Hort (581) 333-341.
- Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Ben-Salem, L. 2004. Spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) and oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L) as alternative supplements for growing Barbarine lambs given straw-based diets. Small Rumin. Res. (51) 65-73.
- Ben Salem, H., Abdouli, H., Nefzaoui, A., El-Mastouri, A., Ben-Salem, L. 2005. Nutritive value, behaviour, and growth of Barbarine lambs fed on oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) pads. Small Rumin. Res. (59) 229-237.
- Cordeiro DS. D, y Gonzaga A. S. 2003. Opuntia como forraje en el noreste semiárido del Brasil. En: El nopal (*Opuntia spp.*) para forraje. FAO. 2003. Departamento de Agricultura.

- De Kock G. 2003. El uso del nopal como forraje en las zonas áridas de Sudáfrica. En: El nopal (*Opuntia spp.*) para forraje. FAO. 2003. Departamento de Agricultura.
- Felker P. 2003. La utilización de *Opuntia* como forraje en los Estados Unidos de América. En: El nopal (*Opuntia spp.*) para forraje. FAO. 2003. Departamento de Agricultura.
- Flores, G. F. 2007. La CONAZA en Lucha Contra la Desertificación. Ponencia presentada en el Foro Nacional de Conservación de Suelos y Combate a la Desertificación, San Luis Potosí, México, mayo 2007.
- Flores V.C.A., Aranda O.G. 1997. *Opuntia*-based ruminant feeding systems in Mexico. J. PACD; 1997:3-8.
- Fuentes R.J.M., Jiménez C.L., Suárez G.L., Torres H.M., Murillo S.M.E., López G.J.J., Ortiz de la R.B. 1999. Evaluación nutricional de cuatro especies de nopal (*Opuntia spp.*) forrajero. En: memorias de la XIV Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Colegio de Posgraduados, Montecillos, Edo. De México. pp 482-488.
- González, C.F., Llamas, L.G., Bonilla, C.J.A. 1998. Utilización del nopal como sustituto parcial de alfalfa en dietas para vacas lecheras. Téc. Pecu. Méx. (36) 73-81.
- López G. J, Fuentes R, J, y Rodríguez G. A. 2003. Producción y uso de *Opuntia* como forraje en el centro-norte de México. En: El nopal (*Opuntia spp.*) para forraje. FAO. 2003. Departamento de Agricultura.
- Morlán, C.A.A., De Lucas, T.J., Valdez, L.E. 2005. Caracterización de sistemas de producción de pequeños rumiantes en Venado y Villa de Arista, San Luis Potosí. Memorias de la XX Reunión

Nacional sobre Caprinocultura, Culiacán, Sin. México. pp 625-631.

- Nefzaoui, A., Ben Salem, H. 2003. *Opuntia* forraje estratégico y herramienta eficiente para combatir la desertificación en la región Wana. En: El nopal (*Opuntia spp.*) para forraje. FAO. 2003. Departamento de Agricultura.
- Nefzaoui, A., Ben Salem, H. 2002. Forage, fodder and animal nutrition. In: Nobel, P.S. (Ed), *Cacti: Biology and Uses*, University of California Press, Berkeley, CA, USA, pp. 190-210.
- Nobel P. S. 2003. Ecofisiología de *Opuntia ficus-indica*. En: El nopal (*Opuntia spp.*) para forraje. FAO. 2003. Departamento de Agricultura.
- Pinos-Rodríguez, J.M., Duque-Briones, R., Reyes-Agüero, J.A., García-López, J.C., González-Muñoz, S. 2006. Effect of species and age on nutrient content and in vitro digestibility of *Opuntia spp.* *J. Appl. Anim. Res.* 30:13-17.
- Tegegne, F. 2002. Fodder potential of *Opuntia ficus-indica*. *Acta Hort.* (581) 333-341.
- Villegas-Díaz, J.L.O., Aguilar-Borjas, J.H., Andrade-Montemayor, H.M., Basurto-Gutiérrez R., Jiménez-Severiano, H., Vera-Ávila, H.R. 2007. Efecto del tamaño de la penca de nopal (*Opuntia ficus-indica*) sobre la degradabilidad in situ y cinética de degradación de la proteína cruda en caprinos. En: Memoria (electrónica) de la XXII Reunión Nacional sobre Caprinocultura, Zacatecas, Zacatecas.

**La información de esta publicación se generó  
con el Proyecto de Investigación:**

<b>1066045A</b>	<b>APROVECHAMIENTO Y CONSERVACIÓN DEL NOPAL EN EL ALTIPLANO POTOSINO</b>
-----------------	--

La revisión de esta publicación estuvo a cargo de la  
**Unidad de Programación y Evaluación del Campo  
Experimental San Luis**

**Revisión Técnica:**

Dr. Jorge Elizondo Barrón  
Dr. Jorge Zegbe Domínguez  
Dr. Héctor Mario Andrade Montemayor  
M.C. José Luis Barrón Contreras

**Edición:**

M.C. José Luis Barrón Contreras

Tipografía: T.S. Maria Teresa de Jesús Castilleja Torres  
Formación: M.C. José Luis Barrón Contreras  
Portada: L.D.G. Paulina del Rosario Amaya González  
Fotografía: Archivo del Campo Experimental San Luis

**SAGARPA-INIFAP-CIRNE**

**Campo Experimental San Luis**

Km 14.5 Carr. San Luis Potosí-Matehuala  
Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.  
Teléfono (444) 8 52 43 16 y Fax (444) 8 52 43 03

Oficinas: Av. Santos Degollado 1015 A  
Col. Cuauhtémoc, C.P. 78270  
San Luis Potosí, S.L.P.  
Teléfono (444) 8 13 79 23 y Fax (444) 8 13 91 51  
E mail: [funprod@prodigy.net.mx](mailto:funprod@prodigy.net.mx)

**GOBIERNO DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**C.P. Marcelo de los Santos Fraga  
Gobernador Constitucional del Estado**

**Dr. Manuel D. Sánchez Hermsillo  
Secretario de Desarrollo Agropecuario y Recursos  
Hidráulicos**

**DELEGACIÓN ESTATAL DE LA SAGARPA**

**Ing. José Manuel Rosillo Izquierdo  
Delegado Estatal en San Luis Potosí**

**FUNDACION PRODUCE DE SAN LUIS POTOSÍ, A. C.**

**Ing. Francisco Manuel Lastra Lamar  
Presidente**

**Lic. Guillermo Torres Sandoval  
Vicepresidente**

**M.C. José Luis Barrón Contreras  
Secretario**

**Ing. Baltasar Peña del Campo  
Tesorero**

**MBA. Horacio A. Sánchez Pedroza  
Gerente**



**inifap**

**LA INFORMACIÓN DE ESTA PUBLICACIÓN  
Y SU IMPRESIÓN FUERON FINANCIADAS  
POR:**

**FUNDACIÓN PRODUCE DE SAN LUIS POTOSÍ, A.C.**

**FPSLP**

**FUNDACIÓN PRODUCE DE SAN LUIS POTOSÍ, A.C.**

**AV. SANTOS DEGOLLADO No. 1015 altos**

**COL. CUAUHTEMOC, C.P. 78270**

**TEL. / FAX (444) 813- 3972 / 811-0185**

**SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.**

**fundprodsl@prodigy.net.mx**

**FPSLP**

**COORDINACIÓN REGIONAL ZONA HUASTECA**

**CARR. NACIONAL SUR No. 202, Local 5, esq. 2ª. Av.**

**FRACC. LOMAS ORIENTE, C.P. 79090**

**TEL. / FAX (481) 382-4228**

**CD. VALLES, S.L.P.**

**fundapro@prodigy.net.mx**