

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Efecto de la forma de plantación en surcado Lister,
en la producción de nopal rastrero (*Opuntia
rastrera* Weber).

Por:

HERNÁN DE JESÚS GARCÍA JOVEL

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Abril del 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES

Efecto de la forma de plantación en surcado Lister, en la
producción de nopal rastrero (*Opuntia rastrera* Weber).

Por:

HERNAN DE JESÚS GARCIA JOVEL

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA

Asesor principal

M. C. Juan José López González.

1er Vocal

M. C. Víctor M. Rodríguez Carreon.

2do Vocal

M. C. Myrna Julieta Ayala Ortega.

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Ing. Rodolfo Peña Oranday

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

DEDICATORIA

A DIOS por darme la oportunidad de la vida, de la cual siempre estaré agradecido.

A MIS PADRES:

DONATILO GARCÍA REYES Y MARGARITA JOVEL PEREZ:

Un pequeño tributo a todos sus esfuerzos por educarnos y guiarme por el buen camino del cual siempre estaré agradecido. Gracias por tanto amor.

CON CARIÑO PARA MIS HERMANOS:

LUCI YESENIA, JULIO CESAR Y LUSVI HIDEI:

Que con su esfuerzo, paciencia y comprensión ayudaron a que yo culminara mis estudios.

A MIS ABUELOS:

JESÚS JOVEL QUIÑÓNEZ, ADELA PEREZ GARCÍA, NATALIO GARCIA SANTIAGO (+), ERNESTINA REYES LÓPEZ.

A MIS TIOS, TIAS, MADRINAS Y PADRINOS:

Que siempre me apoyaron y por sus consejos que siempre fueron tomados en cuenta.

A MIS PRIMOS:

Con gran cariño para todos mis primos especialmente Saúl, Kevin y Deisi Adelita.

AGRADECIMIENTOS

Al M. C. Juan José López González por su ayuda en la culminación de este trabajo y por su paciencia. Por dedicarnos tanto tiempo en la practica de campo, por su amistad. Gracias.

Al M. C. Víctor M. Rodríguez Correón por sus consejos y por su ayuda en la revisión de este trabajo y hacer que este trabajo llegara a su culminación.

A la M. C. Myrna J. Ayala Ortega, por la ayuda en la revisión de este trabajo y por sus consejos que siempre fueron tomados en cuenta.

A todos los profesores que de alguna manera hicieron que culminara con mis estudios.

A mi ALMA TERRA MATER por cobijarme y darme la oportunidad de realizar una carrera.

INDICE DE CUADROS

INDICE	Pág.
Cuadro 2.1.- Porcentaje de utilización de las <i>Opuntias</i> en el Sur de Coahuila.....	18
Cuadro 3.1.- Descripción de los tratamientos utilizados en el experimento.....	28
Cuadro 4.1.- Análisis de varianza de los tratamientos en surcado Lister de 1997–2001.....	29
Cuadro 4.2.- Prueba de medias Duncan de los tratamientos en surcado Lister para los años de 1997 a 2000.....	30
Cuadro 4.3.- Daños causados por liebre y roedores.	32
Cuadro 4.4. Por ciento de plantas muertas de los ocho tratamientos en los años 1997-2002.....	33
Cuadro 4.5.- Kilogramos por hectárea de cada uno de los tratamientos prevalecientes, producidos a los seis años de su establecimiento.....	34

INDICE DE GRÁFICAS

INDICE	Pág.
Gráfica 4.1.- Comportamiento de las medias de cada uno de los tratamientos para los años 1997 – 2002.....	31
Gráfica 4.2.- Comportamiento de los daños ocasionados por liebres y roedores.....	32

	INDICE	Pag.
1	INTRODUCCIÓN	1
	Objetivo general.	3
	Objetivos específicos.....	3
	Hipótesis.	3
2	REVISION DE LITERATURA	4
	2.1.- Descripción botánica del género <i>Opuntia</i>	4
	2.1.1.- Descripción botánica de <i>Opuntia rastrera</i>	5
	2.2.- Clasificación taxonómica de las <i>Opuntias</i>	5
	2.3.- Origen y distribución geográfica de las <i>Opuntias</i>	6
	2.3.1.- Distribución geográfica de <i>Opuntia rastrera</i>	6
	2.4.- Importancia como forraje.....	7
	2.5.- Importancia del nopal con fines de reforestación.....	7
	2.6.- Métodos de propagación.....	8
	2.6.1.- Propagación por medio de pencas o cladodios.....	9
	2.6.2.- Propagación por medio de fracciones.....	10
	2.6.3.- Propagación por medio de cultivo de tejidos.....	11
	2.6.4.- Propagación por medio de injertos.....	11
	2.7.- Época de plantación.....	11
	2.8.- Densidad de plantación.....	12
	2.9.- Aspectos generales del nopal.....	12
	2.9.1.- Precipitación.....	12
	2.9.2.- Temperatura.....	13
	2.9.3.- Suelos.....	14
	2.9.4.- Altitud.....	14
	2.9.5.- Latitud y Longitud.....	15
	2.9.6.- Humedad.....	15
	2.9.7.- Vientos.....	16
	2.10.- Usos del Género <i>Opuntia</i>	16
	2.11.- Inconvenientes del nopal forrajero.....	18
	2.12.- Trabajos afines.....	19

2.13.- Arado de vertedera o surcado Lister.....	19
3 MATERIALES Y METODOS.....	21
3.1.- Área de estudio.....	21
3.1.1.- Ubicación.....	21
3.1.2.- Clima.....	21
3.1.3.- Geología.....	22
3.1.4.- Vegetación.....	22
3.2.- Área de establecimiento.....	23
3.2.1.- Suelos.....	23
3.3.- Selección del sitio.....	24
3.4.-Selección del material vegetativo.....	24
3.5.- Sistema de plantación.....	25
3.5.1.- Plantación con surcado Lister.....	25
3.6.- Época de plantación.....	26
3.7.- Evaluación de establecimiento.....	26
3.8.- Análisis estadístico.....	27
4 RESULTADOS.	29
5 DISCUSIÓN.	35
6 CONCLUSIÓN.	37
7 LITERATURA CITADA.	39
ANEXOS.....	43

1.- INTRODUCCIÓN.

México ocupa, en el mundo, el onceavo lugar en extensión y el decimocuarto más poblado, en el cual la ganadería es una de sus actividades productivas; sin embargo, se tiene un panorama desalentador en cuanto a eficiencia productiva se refiere, esta situación es más prevalente en las zonas áridas y semiáridas, las cuales ocupan el 52.2% del territorio nacional, donde el nopal se encuentra en 324,000 Km² Vázquez y De La Garza, (1999).

El Norte de México se caracteriza por ser semidesértico y de condiciones climáticas extremas, con lluvias esporádicas y en formas torrenciales, suelos con poca capacidad de retención de humedad, la temperatura sufre oscilaciones diurnas y estacionales considerables. Los vientos suelen ser frecuentes e intensos Rzedowski, (1968). Por todas estas características las *Opuntias* se han adaptado muy bien a estas condiciones y han pasado a ser una fuente de alimentación para los seres humanos, animales domésticos y silvestres.

El nopal comprende a plantas de diversas especies de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*, de la familia *Cactaceae*, la cual es originaria de América,

en donde se encuentra distribuida desde Peace River, en el Norte de Canadá, a 59° de Latitud Norte, hasta la Patagonia, en Argentina, a 52° de Latitud Sur y desde el nivel del Mar, en las dunas costeras, hasta los 5,100 m de altitud en el Perú (Bravo y Sheinvar, 1995), citado por Flores, (1999).

En los últimos años se ha dedicado mucho esfuerzo, con el objeto de incrementar la productividad de las zonas áridas, pues el incremento de la población de muchas naciones hace indispensable el aumento de área disponible para alojar a sus habitantes así como el incremento de recursos alimenticios y de otro tipo Rzedowski, (1968).

En la actualidad uno de los principales problemas que presenta el Norte de México es la desertificación total de las áreas naturales, ocasionados principalmente por la ganadería, la industria y el saqueo de plantas exóticas, explotando principalmente el genero *Opuntia* para la alimentación de los animales en épocas de sequía, disminuyendo las zonas naturales.

Es por eso que en este trabajo se pretende buscar una alternativa de solución a los problemas de desertificación, evaluando una especie que por sus características de rastrera podría ser una recuperadora de suelos y, al mismo tiempo, servir como forraje para épocas críticas de sequía.

Objetivo general.

Determinar el efecto de la forma de plantación en surcado Lister, en la producción de nopal rastrero.

Objetivos específicos.

1.- Evaluar los daños ocasionados por lagomorfos y su efecto en el establecimiento en los seis años.

2.- Evaluar el efecto de la forma de plantación en el establecimiento, desarrollo y producción del nopal rastrero en surcado Lister.

Hipótesis.

1.- Los daños ocasionados por liebres y roedores afecta el desarrollo del nopal rastrero en surcado Lister.

2.- La forma de plantación afecta el establecimiento, desarrollo y producción y hubo por lo menos un tratamiento que respondió al efecto de exposición de plantación.

2.- REVISION DE LITERATURA

2.1.- Descripción botánica del genero *Opuntia*.

Según la descripción del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, (1971) incluye especies que están provistas de troncos bien definidos y casi siempre ramosas desde la base, con ramas extendidas o postradas ; por lo general sus raíces son fibrosas; artículos cilíndricos o discoideos, semejante a raquetas, carnosas, leñosas y con costillas; las areolas llevan espinas, glóquidas, pelos, yemas florales y a veces hojas pequeñas, cilíndricas caducas; las espinas son cilíndricas o aplanadas, desnudas o provistas de vaina; cada areola florífera produce por lo general una flor; los pétalos se encuentran ampliamente extendidos y son de color amarillo verdoso, rojo o púrpura, pudiendo tener todas las tonalidades de esos colores; los estambres son más cortos que los pétalos; el ovario es multiovulado y su envoltura está provista de areolas con glóquidas; el fruto es una baya carnosa, esférica y ovoide, desnuda o espinosa y contiene semillas aplanadas de testa dura de color claro.

2.1.1.- Descripción botánica de *Opuntia rastrera*.

Artículos circulares hasta abovados, los mas grandes de unos 20 cm. de diámetro, formando grandes cadenas. Espinas blancas con la base nunca oscura, varias en cada areola, la mas larga de cuatro cm. de longitud; gloquidas amarillas. Flores amarillas; fruto púrpura, ácido y abovado (Bravo, 1978).

2.2.- Clasificación taxonómica de las *Opuntias*.

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

Reino	-----	Vegetal
Sub-reino	-----	Embryophyta
División	-----	Angiosperma
Clase	-----	Dycotiledonea
Subclase	-----	Dialipétalas
Orden	-----	Opuntiales
Familia	-----	Cactaceae
Tribu	-----	Opuntias
Género	-----	<i>Opuntia</i>

2.3.- Origen y distribución geográfica de las *Opuntias*.

Las *Cactáceas* son originarias del Continente Americano y se distribuyen desde Canadá hasta la República de Argentina (Borrego, 1986).

En América del Norte se localizan 92 géneros de la familia *Cactaceae* y en América del Sur se localizan sólo 51. De los localizados en América del Norte, 61 géneros existen en México y 31 en Estados Unidos; esta distribución ubica como centro de diseminación a México Bravo, (1978). Bravo y Piña, (1979) afirman que México cuenta con más de 100 especies del género *Opuntia*.

2.3.1.- Distribución geográfica de *Opuntia rastrera*.

Para *Opuntia rastrera*, Bravo (1978) declara la distribución de esta especie en el estado de San Luis Potosí y zonas adyacentes de los estados limitiformes, considerando a San Luis Potosí como comunidad tipo.

Marroquin *et al.*, (1964) reportan al nopal rastrero (*O. rastrera*) en lo que consideran como zona difusa, (22° a 23° Latitud Norte y 98° a 104° Longitud Oeste). Así mismo establecen la localización del nopal forrajero, considerándolo a partir de San Luis Potosí y Zacatecas hacia el Norte, presentándose en

Coahuila y nuevo León mayores concentraciones, aunque no se precisan densidades.

2.4.- Importancia como forraje.

Barrientos, (1969); Flores, (1977); Rojas *et al.*, (1966) mencionan que se ha demostrado comercialmente que las plantaciones de *Opuntia spp* con fines forrajeros son costeables según trabajos realizados en México.

Rojas *et al.*, (1966) dicen que las principales especies de nopal que se utilizan como forraje en las zonas áridas son: nopal de tuna amarilla (*Opuntia chysacantha*); Nopal de penca redonda (*Opuntia lucen*); Nopal (*Opuntia tenuispina*); Nopal rastrero (*Opuntia rastrera*).

2.5.- Importancia del 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 existentes 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).

2.6.- Métodos de propagación.

El nopal, *Opuntia spp.*, puede reproducirse de dos formas: sexual y asexual.

Villareal, (1958) menciona que la reproducción 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 las mismas características de la planta madre (Bravo, 1978).

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

- a) Por medio de pencas o cladodios.
- b) Por medio de fracciones mínimas (de cladodios).

- c) Por medio de cultivo de tejidos.
- d) Por injertos.

2.6.1.- Propagación por medio de pencas o cladodios.

La reproducción más eficaz del nopal es por medio de raquetas enteras, para obtener plantas vigorosas y frutos al tercer año (Borrego, 1986).

No es aconsejable usar material con dos o más raquetas, porque siempre el desarrollo corresponderá al número de pencas utilizadas y a que las necesidades de nutrición aumentarán en razón a la cantidad de raquetas no enterradas (Sec. De Des. Agrop., 1982).

Narro, (1970) y Rojas, (1961) manifiestan que sembrar por medio de pencas enteras es el método más empleado, pues el peligro de pudrición es mucho menor, el porcentaje de planta enraizada es del 95% y la primera fructificación es a los 3 ó 4 años.

Después de sembradas se observó, experimentalmente, que enraízan a los 12 ó 15 días Martínez, (1968) y Rojas, (1968).

2.6.2.- Propagación por medio de fracciones.

Se propone la plantación de fracciones de pencas en aquellos lugares alejados de los sitios de siembra y con escaso material de propagación, a fin de reducir costos de transporte (Borrego, 1986).

Se dejarán las pencas 10 días bajo sombra, después del tratamiento con un fungicida, luego se fraccionarán las pencas; los cortes se harán tomando en consideración el tamaño de éstas y se tratarán con una pasta bordelesa para luego dejarlas durante una semana a la sombra (Borrego, 1986).

Transcurrido este tiempo, se construirá un almácigo a fin de obtener el suficiente material de propagación. Las medidas más comunes de los almácigos son de 1.0 a 1.25 m. de ancho, por el largo que sea necesario.

Los brotes permanecerán en el almácigo unas seis semanas, después de los cuales estarán listos para ser implantados en el lugar definitivo CODAGEM, (1979).

2.6.3.- Propagación por medio de cultivo de tejidos.

Jhonson y Emino, (1979) informa sobre la propagación de ocho especies de *Cactus* realizada exitosamente por medio de cultivos de tejidos y usando el medio de propagación de "Murashige y Skoog", con varios reguladores de crecimiento.

2.6.4.- Propagación por medio de injertos.

Maldonado y Zapien, (1977) indican que en Ramos Arizpe, Coahuila se realizaron injertos sobre nopal rastrero con especies de mayor rendimiento, tanto de forraje como de frutos; se tomó en cuenta también la producción de cladodios para consumo humano (nopalitos) y llegaron a la conclusión de que aprovechando el vigor que caracteriza a *Opuntia rastrera* para la zona, pueden injertarse especies más productivas, tanto de forraje como de fruto y, recomiendan el método de injerto de cuña o púa, realizado en primavera en yemas de 1° y 2° orden.

2.7.- Época de plantación.

Proman, (1987) indica que la plantación puede realizarse durante todo el año, pero la época más adecuada es en los meses que se inicien las lluvias,

según la región donde se establezcan. De esta manera garantizamos un buen enraizamiento y emisión de brotes tiernos.

2.8.- Densidad de plantación.

Barrientos, (1972) señala, que al igual que cualquier otro cultivo, el nopal también tiene variación en cuanto a la densidad, ya que está directamente relacionada con la capacidad de retención de humedad del suelo, fertilidad de éste, tipo de planta, precipitación, objeto de la explotación, etc. Por lo cual existe variación en el número de plantas a utilizarse por hectáreas.

2.9.- Aspectos generales del nopal.

2.9.1.- Precipitación.

De Dock, (1967) citado por Flores, (1977) señala que en la República de Sudáfrica se recomienda el cultivo del nopal, de acuerdo a la precipitación pluvial, de la siguiente forma:

- a) Áreas con 375 a 500 mm, siembras de nopal como reserva para años de sequía.

b) Áreas con 250 mm, es el hábitat natural para el nopal.

c) Áreas con 100 a 250 mm, es posible cultivar nopal si se cuenta con irrigación limitada.

Rojas, (1961) afirma que los lugares con nopales tienen una precipitación media anual entre 116 y 1805 mm., aunque se puede prosperar en condiciones de aridez.

Se dice, asimismo, que las poblaciones silvestres de nopal se encuentran en zonas con precipitación media anual de 150 mm o más, en climas semiáridos o esteparios, donde se manifiesta escasez de lluvias durante la estación del año (CODAGEM, 1979).

2.9.2.- Temperatura.

Narro, (1970) indica que la temperatura media que se debe tener, para el nopal, fluctúa entre 18° a 26° C y que se estima una temperatura mínima de 6°.

Rojas, (1961) señala el mismo rango de temperatura media, pero señala que las heladas con temperaturas muy bajas (-10°C) lo afectan, principalmente si las plantas son muy jóvenes.

Martínez, (1968) dice que en una evaluación de 15 especies de nopal, en 1961, en Saltillo, Coahuila, 45 plantas soportaron temperaturas hasta de 16°C.

2.9.3.- Suelos.

El nopal, de preferencia, requiere de suelos areno-calcáreos, poco profundos y pedregoso (SAG, 1973).

El nopal no muestra adaptabilidad a los suelos arcillosos, compactos ni húmedos; prefiere los arenosos-calcáreos, sueltos y poco profundos (Lozano, 1958).

2.9.4.- Altitud.

Varía en su disposición, aunque en la mayoría de las especies comerciales va de 800-2500 msnm., siendo, en general, la mayor altura de 1000–2500 msnm. (Rojas, 1961; Narro, 1970; Ramírez, 1972; Rzedowski; 1978).

2.9.5.- Latitud y Longitud.

Lozano, (1958) considera que la latitud no debe pasar de los 40°. En nuestro País las *Cactáceas* se encuentran desde los 22° de Latitud Norte y los meridianos 100°00' y 102° 30' de Longitud Oeste, variando en altura de 2000 a 2300 msnm. (Marroquin *et al.*, 1964; Borja, 1962 y Piña, 1970).

2.9.6.- Humedad.

El nopal crece en la mayor parte de los terrenos, con tal de que tengan alguna humedad, aunque sea profunda (Blanco, 1957).

El empantanamiento del agua vuelve enano y clorótico al nopal y muy susceptibles al ataque de plagas; cuando el terreno se afloja mucho por exceso de humedad, las raíces no pueden sostener la planta y ésta cae. La abundancia moderada de humedad, por riegos o lluvias, determina un mayor desarrollo vegetativo, pero disminuye la producción de fruto en forma considerable (Lozano, 1958).

La humedad relativa es factor importante. Si es alta, la planta se calienta menos, resiste más a las heladas, tiene más humedad, aunque es más susceptible al ataque de plagas y enfermedades. Si es baja, la planta se deshidrata y es más susceptible a heladas (Instituto de Investigaciones Desérticas, 1971).

2.9.7.- Vientos.

El nopal es muy susceptible a los vientos intensos, pues debido a la debilidad del sistema radicular puede llegar a caer. Las corrientes de viento cálido afectan al nopal, deshidratándolo y desecan el suelo; los mas graves son los vientos fríos y los salitrosos, que proceden del mar.

2.10.- Usos del Genero *Opuntia*.

Los nopales, de los subgéneros *Nopalea* y *Opuntia*, también han sido utilizados como forraje en América, África y Europa, ya que en las zonas áridas y semiáridas es la única fuente de agua para el ganado durante la época de sequía González, (2001).

Algunos otros usos de las especies del Género *Opuntia* (Bravo y Scheinvar, 1995): citado por González, (2001).

1.- Como combustible: se utilizan los troncos secos de algunas especies de choyas y clavellinas (Subgénero *cylindropuntia*).

2.- Las semillas que quedan después de la elaboración de dulces y bebidas se muelen y se usan como forraje para cerdos. También se utilizan como sustituto de la semilla de calabaza en el pipián.

3.- El mucílago de los tallos es usado como anticorrosivo, adherente, pegamento y para preparar paredes donde pintar murales.

4.- Como setos o cercos vivos para la delimitación y protección de terrenos.

5.- Los frutos para la extracción de colorantes.

6.- En Italia se utilizan los cladodios cortados como abono.

7.- Los cladodios machacados y revueltos con lodo se usan para la fabricación de adobes.

López, (2003) menciona que generalmente los ganaderos utilizan los nopales que encuentran en sus predios, siendo las de mayor importancia forrajera el nopal rastrero (*Opuntia rastrera*) y el nopal cacanapo (*Opuntia linheimeri* y sus variedades) tanto para el ganado vacuno como para el caprino y ovino.

A continuación se mencionan los porcentajes de utilización de las diferentes especies y variedades de nopal forrajero (*Opuntia spp.*) por los bovinos, caprinos y ovinos en el estado de Coahuila:

Cuadro 2.1.- Porcentaje de utilización de las *Opuntias* en el Sur de Coahuila (López, 2003).

Nombre científico	Nombre común	Porcentaje
<i>Opuntia rastrera</i>	Nopal rastrero	40
<i>Opuntia linheimeri</i> var. <i>Linheimeri</i>	Nopal cacanapo	20
<i>Opuntia linheimeri</i> var. <i>Tricolor</i>	Nopal cacanapo	10
<i>Opuntia imbricata</i>	Nopal coyonoxtle	10
<i>Opuntia aciculata</i>	Nopal soldado	10
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	Nopal cuijo	5
<i>Opuntia leptocaulis</i>	Nopal tasajillo	5
<i>Opuntia glaucescens</i>	Nopal arrastradillo	4
<i>Opuntia microdasys</i>	Nopal cegador	2
<i>Opuntia rufida</i>	Nopal cegador	2

2.11.- Inconvenientes del nopal forrajero.

El ganado no acostumbrado al nopal y el que lo consume en grandes cantidades (60 a 90 Kg.) está expuesto a sufrir timpanitis, lo que se evita proporcionándole rastrojo o heno. También pueden producirse bolas de fibra en el estómago de los animales, cuando consumen nopal sin picar y no tienen acceso a zacate u otro alimento tosco por temporadas largas (Lozano, 1958).

Lozano, (1958) citado por Flores y Aguirre, (1992) menciona que cuando el ganado consume variedades espinosas del nopal sin chamuscar, se clavan las espinas en su lengua y paladar, lo que provoca que permanezca con la boca abierta sin poder comer y si no se le atiende pueden morir de hambre Flores y Aguirre, (1992).

2.12.- Trabajos afines.

Becerra, (1975) citado por Borrego y Burgos, (1986) menciona que en la orientación N-S, a diferencia de la exposición E-O, hay una mayor captación de luz solar directa, que acelera la síntesis de carbohidratos y auxinas.

2.13.- Arado de vertedera o surcado Lister.

El arado de vertedera es el apero para labores profundas mas extendido en nuestro país. Son implementos de labranza básica que se componen de superficies combadas con bordes afilados que desmoronan e invierten el suelo. Este implemento proporciona la mejor incorporación de residuos y una pulverización superior bajo condiciones ideales.

Las labores que realiza son: inversión de la capa arable y pulverización de la misma cuyos efectos agronómicos pueden resumirse en:

- Aumento de poros.
- Mayor capacidad de almacenamiento de agua.
- Enterrado de restos orgánicos.
- Enterrado de parásitos.

Otro efecto de volteo es el de elevar a la superficie las capas inferiores y, por lo tanto, los microorganismos que éstas contienen Ortiz, (1995).

3.- MATERIALES Y METODOS.

3.1.- Área de estudio.

El trabajo de investigación se realizó en el Campo Experimental Forestal de Zonas Áridas “La Saucedá”, ubicado en el municipio de Ramos Arizpe, Coahuila.

3.1.1.- Ubicación.

Este campo se localiza a 100 Km. de la ciudad de Saltillo, Coahuila, sobre una brecha de 16 Km. hacia el Sur, a partir del Km. 94.4 de la carretera 57 Saltillo–Piedras Negras. En las coordenadas 25° 51’ 01” Latitud Norte y 101° 19’ 30” Longitud Oeste. Altitud de 1120 msnm.

3.1.2.- Clima.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García, (1964). El clima de La Saucedá es de categoría BWw (X’) h (e), muy árido, con régimen de lluvias de verano, semi-cálido y extremo. La

precipitación media anual oscila entre los 200 y 300 mm., presentándose en forma torrencial; en primavera y verano se ha observado que la precipitación es menor. En esta región es frecuente tener años con precipitaciones menores de 100 mm (Pérez, 1964). La temperatura de esta región es muy variable, presentándose máximas extremas hasta de 45° C en primavera y verano y mínimas absolutas que han rebasado los 12° C. La temperatura media anual ha sido evaluada a 18°C. Las heladas ocurren desde los primeros días de Noviembre hasta fines de Marzo. La mayor frecuencia de heladas se presenta en los meses de Diciembre y Enero. (De la Cruz y Zapien, 1974).

3.1.3.- Geología.

Los suelos de la región se formaron en el cretácico inferior, cretácico superior y cenozoico, predominando las rocas calizas, las que por la acción del integrismo presentan diferentes coloraciones. Los suelos de “La Sauceda” lo integran dos formaciones: a).- la constituida por la caliza y dolomita, que contiene micro y macro fauna; b).- la formada por caliza y lutitas, con contenido mínimo de yeso (Pérez, 1964; Reynaga, 1976).

3.1.4.- Vegetación.

El área de estudio está constituida por una comunidad de *Larrea-Flouencia* característica del Desierto Chihuahuense, siendo las especies

dominantes en este sitio la gobernadora (*Larrea tridentata*), Lechuguilla (*Agave lechuguilla*), Nopal (*Opuntia spp*), Palma (*Yucca spp*), Mezquite (*Prosopis spp*), Guayule (*Parthenium argentatum*) entre otras (De La Cruz y Zapien, 1974).

3.2.- Área de establecimiento.

El trabajo se estableció en la parte de la meseta y bajos, formada por suelos de origen aluvial, donde predominan arbustos de hoja pequeña, llegando a constituir, de acuerdo a COTECOCA, (1968), una vegetación denominada Matorral Parvifolio Inerme, formado principalmente por gobernadora (*Larrea tridentata*); asociada entre otras con hojasén (*Flouencia cernua*), tasajillo (*Opuntia leptocaulis*), nopal rastrero (*Opuntia rastrera*), nopal cacanapo (*Opuntia lindheimeri*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), sangre de drago (*Jatropha dioica*), candelilla (*Euphorbia anthisyphilitica*) y algunas gramíneas como zacate borreguero (*Erioneuron pulchellum*), zacate navajita anual (*Bouteloua trifida*), zacate temprano (*Setaria macrostachya*), entre otras (Reynaga, 1976).

3.2.1.- Suelos.

Los suelos son de origen aluvial, de color café o gris, con tonalidades claras cuando secos y café o café amarillento cuando húmedos; las profundidades son variables de 0.25 a 0.70 m.; de acuerdo al porcentaje de

arena, limo y arcilla se clasifican como migaron arcillosos o francos; el drenaje interno es medio en los primeros estratos y lento en aquellos estratos donde existen capas de caliche; son suelos alcalinos, con un pH entre 7 y 8.5 (Pérez, 1964).

3.3.- Selección del sitio.

El sitio seleccionado es representativo de las zonas áridas de la región además de tener poblaciones naturales de nopal rastrero que utilizan en forma intensiva los establos lecheros de la ciudad de Saltillo, Coahuila.

3.4.-Selección del material vegetativo.

En este trabajo se seleccionó material vegetativo de la región, dicho material se cosechó cerca del área de establecimiento, con las características climáticas y edáficas más semejantes. El material seleccionado tiene más de un año de crecimiento y menos de cuatro, que no presente daño alguno, por plagas, lagomorfos, enfermedades, libre de malformaciones o daños causados por heladas, granizo, animales domésticos, etc. El corte de la planta se realizó en el punto de unión de las pencas (cladodios), con un machete y un cuchillo filoso para evitar daños al momento del corte. El material cosechado se puso en la sombra durante 12 días, para que cicatrizaran las heridas causadas durante el corte.

3.5.- Sistema de plantación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los trabajos realizados por Zapien y De La Cruz, (1974); Torres, (1990) y Zapata, (1992) y Rodríguez, Ayala y López, (1996, inédito) se seleccionaron las acciones más apropiadas para obtener un mayor éxito en el establecimiento de nopales forrajeros, por lo cual se escogieron diferentes factores experimentales:

3.5.1.- Plantación con surcado Lister.

Se plantaron una y dos pencas a una distancia de dos metros entre plantas y dos metros entre surcos; se plantaron un total de 50 plantas por tratamiento y cinco variantes: la primera variante consistió en dos líneas de 50 plantas de una penca, una con exposición Este-Oeste y otra con exposición Norte-Sur, se enterró el 50% de la penca; la segunda variante fue de dos líneas de 50 plantas de dos pencas, con una exposición Este-Oeste y otra con exposición Norte-Sur, la posición de las pencas en forma vertical, enterrándose el 75% de la primera penca; la tercera variante fue de dos líneas de 50 plantas de dos pencas, una con exposición Este-Oeste y otra con exposición Norte-Sur, la posición de las pencas en forma horizontal, enterrándose el 50% de las dos pencas; la cuarta variante fue de una línea de 50 plantas, tiradas sobre el terreno barbechado; y la quinta variante fue una línea de 50 plantas con dos pencas tiradas sobre el terreno barbechado.

Se evaluaron las variables de respuesta: porcentaje de daño por liebres y roedores sobre la penca-base establecida y sobre los renuevos.

3.6.- Época de plantación.

La plantación se llevó a cabo en el mes de octubre de 1996, siguiendo las recomendaciones de De La Cruz y Zapien (1974), Lozano (1958) y López (1997) que la plantación se efectúe al principio de la época de lluvia.

3.7.- Evaluación de establecimiento.

La metodología propuesta para estimar el establecimiento se planteó con la finalidad de evaluar las condiciones de la plantación en el transcurso de un año para cada uno de los tratamientos. Los criterios de estimación que se tomaron en cuenta para evaluar fueron los siguientes:

1. Evaluación de producción de biomasa. Ésta se estimó contando el número de pencas que se lograron al final de cada ciclo. Del un total de 400 plantas se muestrearon 84 cladodios obteniendo de cada uno la altura, el largo y ancho. Con estos se sacó el volumen mediante la siguiente fórmula $V = \pi (a/2)(b/2)(h/2)$. Una vez obteniendo el volumen se procede a sacar el peso mediante la siguiente fórmula $Y = 0.9334 X^{0.9859}$, se sustituye el volumen en la letra "X", luego se saca el valor en

gramos, si queremos transformar los gramos a kilogramos se hace una regla de tres simple.

2. Daños por plagas, roedores y lagomorfos. Se realizó una evaluación de los daños ocasionados por estas plagas, en su época de rebrote y al final del ciclo de crecimiento. Esta evaluación consistió en observar que tan dañado estaba el cladodio, si tenía la mitad de la penca dañada se evaluaba en un cincuenta por ciento y así sucesivamente.
3. Establecimiento de pencas. Al año de ser plantadas se realizó un recuento de todas las plantas. Consistió en hacer un recuento de todas las plantas vivas para cada año y mediante una regla de tres simple se obtuvo el porcentaje.

3.8.- Análisis estadístico.

Los resultados obtenidos de los ocho tratamientos serán analizados mediante un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones con ocho tratamientos y cinco repeticiones.

Cuadro 3.1 descripción de los tratamientos utilizados en el experimento.

T	DESCRIPCIÓN
T ₁	1 penca plantada con exposición Este-Oeste (E-O)
T ₂	1 penca plantada con exposición Norte-Sur (N-S)
T ₃	2 pencas plantadas en forma vertical con exposición Este-Oeste (E-O)
T ₄	2 pencas plantadas en forma vertical con exposición Norte-Sur (N-S)
T ₅	2 pencas plantadas en forma horizontal con exposición Este-Oeste (E-O)
T ₆	2 pencas plantadas en forma horizontal con exposición Norte-Sur (N-S)
T ₇	2 pencas tiradas
T ₈	1 penca tirada

Cada año se contará el número de cladodios que surgieron de las pencas madres, se contarán las cincuenta plantas de cada uno de los tratamientos. Para obtener el número de repeticiones las cincuenta plantas se dividirán en cinco secciones.

Se utilizó una prueba de comparación de medias (Duncan).

4.- RESULTADOS.

En el cuadro 4.1., se muestran los análisis de varianza efectuados para los años 1997–2002. Los tratamientos resultaron totalmente diferentes en cada uno de los seis años, con una diferencia altamente significativa ($\alpha= 0.00001$)

Cuadro 4.1. Análisis de varianza de los tratamientos en surcado Lister de 1997–2001.

F.V	G.L	CUADRADO MEDIO					
		1997	1998	1999	2000	2001	2002
TRATAMIENTO	7	81.68	118.8	208.5	286.8	1,187.20	32,965.8
EROR	32	10.48	12.8	15	20.9	127	15,168.8
TOTAL	39	92.16	131.6	223.5	307.7	1314.2	48,134.6
SIGNIFICANCIA		0	0	0	0	0	0

Donde: F. V = Fuente de variación; G. L = Grados de libertad.

En el cuadro 4.2 se muestran las pruebas de comparación de medias para los seis años. Se observa que sembrar una penca con exposición N–S (Norte-Sur) (T_2) produjo más número de pencas que el tratamiento uno (T_1) con exposición E–O.

Cuadro 4.2. Prueba de medias Duncan de los tratamientos en surcado Lister para los años de 1997 a 2000.

TRAT.	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	2.5 cd	3.3 b	3.5 c	3.9 d	7.22 c	7.2 c
2	3.1 cd	3.5 b	4.5 bc	5.3 c	10.4 bc	10.4 bc
3	5.4 a	5.4 a	6.5 ab	7.4 ab	14.7 ab	16 ab
4	5.0 ab	6.0 a	7.2 a	8.3 a	17.0 a	18 a
5	4.2 abc	5.3 a	5.7 b	6.9 b	12.2 ab	12 ab
6	3.7 bc	5.4 a	5.6 b	6.6 b	12.1 abc	11 bc
7	2.2 cd	2.4 b	1.1 d	1.2 e	1.9 d	0 d
8	0.8 e	0.7 c	0.6 d	0.7 e	0.8 d	0 d

Literales iguales no difieren significativamente.

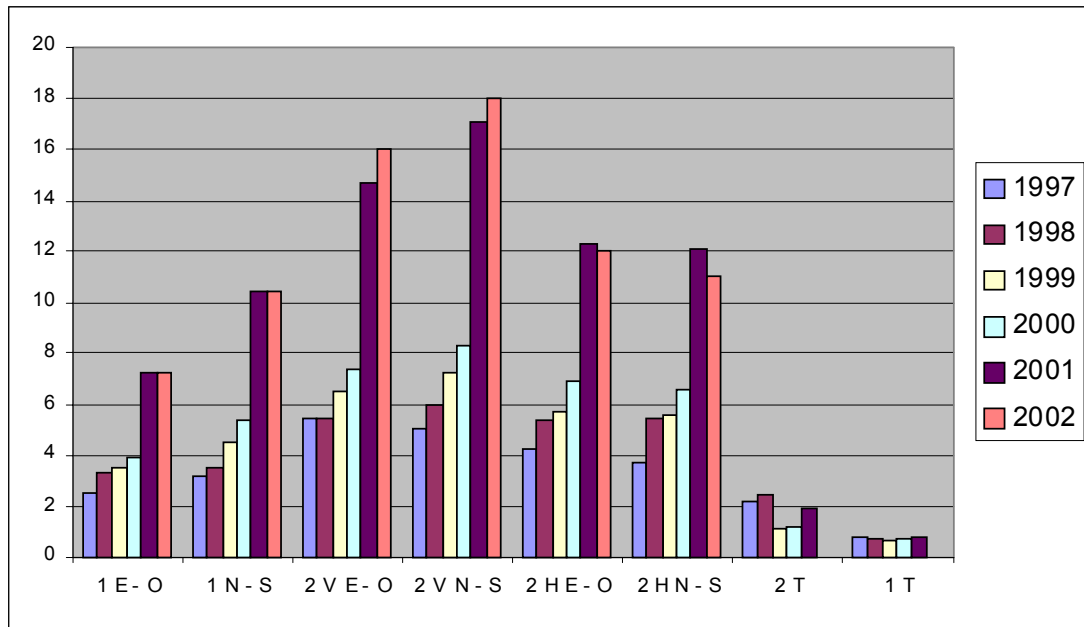
Al comparar la plantación de una penca contra dos pencas, se obtuvo que la plantación de dos pencas dio mejores resultados en el último año de muestreo (2002). Plantar dos pencas en forma vertical con exposición N-S (T₄) produjo más número de pencas que el tratamiento tres con dos pencas en forma vertical con exposición E-O, dando una respuesta positiva desde el segundo año.

Comparando los tratamientos donde se plantan dos pencas en forma vertical con exposición E-O y N-S contra los tratamientos cinco y seis, con dos pencas plantadas horizontalmente con exposición E-O y N-S, se obtuvieron mejores resultados en los tratamientos tres y cuatro, ya que produjeron mayor cantidad de pencas por planta.

Plantar dos pencas (T_7) y una (T_8) no dio buenos resultados, ya que no lograron establecerse adecuadamente los primeros años, tendiendo a desaparecer al último año de muestreo.

El tratamiento uno (T_1) con una penca plantada N-S resultó estadísticamente igual al tratamiento cinco (T_5), con dos pencas plantadas en forma horizontal (H) con exposición E-O y al tratamiento seis, con dos pencas plantadas en forma horizontal con exposición N-S.

Gráfica 4.1.- Comportamiento de las medias de cada uno de los tratamientos para los años 1997 – 2002.

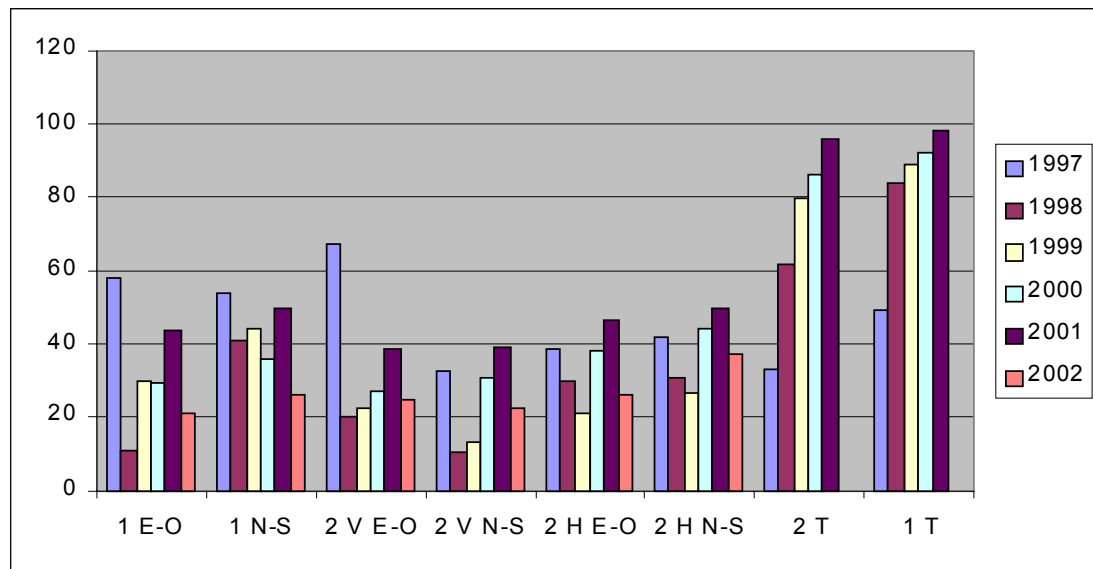


En el cuadro 4.3. Se muestra el daño en porcentajes (%) ocasionados a las pencas de cada uno de los tratamientos del año 1997–2002. Los daños que se observaron fueron ocasionados principalmente por roedores, liebres, conejos, tusos, chapulines y otros insectos.

Cuadro 4.3.- Daños causados por liebre y roedores

TRATAMIENTO	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1 E-O	57.88	10.7	30	29.4	43.6	21.42
1 N-S	53.76	40.84	44	36.2	49.4	26.22
2 V E-O	66.86	20	22.22	27.4	39	24.66
2 V N-S	32.47	10.28	13.02	30.48	39.4	22.3
2 H E-O	38.66	30.04	21.02	37.92	46.2	26.3
2 H N-S	42.24	30.74	26.8	44	49.4	37.1
2 T	33.3	61.8	79.6	86.2	96	0
1 T	49.3	83.8	89.1	92.2	98.23	0

Gráfica 4.2.- Comportamiento de los daños ocasionados por liebres y roedores.



En el cuadro 4.4. se observa cómo el tratamiento cuatro no tiene ninguna planta muerta, mientras que los demás tratamientos si sufrieron daños. Los tratamientos siete y ocho tendieron a desaparecer para el último año de muestreo.

Cuadro 4.4. Por ciento de plantas muertas de los ocho tratamientos en los años 1997-2002.

Tratamiento	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1 E-O	0%	0%	0%	4%	4%	8%
1 N-S	0%	8%	8%	10%	10%	10%
2 V E-O	2%	2%	6%	6%	6%	6%
2 V N-S	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 H E-O	2%	2%	2%	4%	6%	6%
2 H N-S	0%	6%	8%	10%	10%	12%
2 t	16%	34%	56%	70%	76%	100%
1 t	13%	62%	70%	82%	86%	100%

El tratamiento cuatro (T_4) fue el que menos daños recibió, seguido del tratamiento uno (T_1). El año en que hubo más daños fue en el primer año (1997), resultando menos dañado el tratamiento cuatro (T_4). El tratamiento siete (T_7) y tratamiento ocho (T_8) fueron en incremento de daños en años consecutivos, tendiendo a desaparecer en el último año de muestreo.

En la tabla 4.5. Se muestra la producción del último año de muestreo de cada uno de los tratamientos, en la cual, el tratamiento cuatro es el que muestra mayor producción de kilogramos por hectárea en materia verde

Cuadro 4.5.- Kilogramos por hectárea de cada uno de los tratamientos prevalientes, producidos a los seis años de su establecimiento 1997-2002.

Trat.	% de daños	Peso □ (gr./penca)	No. de pencas	Kg./planta	Kg./Ha.
1	21.42	342.87	7.2	2.468	6,171.6
2	26.22	746.28	10.4	7.761	19,403.2
3	24.66	589.24	16	9.427	23,569.6
4	22.3	873.42	18	15.721	39,303.9
5	26.3	363.61	12	4.363	10,908.3
6	37.1	678.69	11	7.465	18,663.9
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nota: 0.0, indica que el tratamiento desapareció para el último año.

5.- DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos de los ocho tratamientos, con diferente forma de plantación, muestran que el T₄ presentó el mejor establecimiento y producción, el tratamiento consistió en sembrar dos pencas en forma vertical con exposición N-S. A diferencia de los otros tratamientos, éste, debido a la estructura de la planta, los renuevos que ésta daba no eran dañados por lagomorfos y roedores, por lo tanto, los renuevos tenían su crecimiento con menos disturbios que los otros tratamientos.

T₅ y T₆, aunque tenían mayor área de enraizamiento debido a la forma de siembra (horizontal), los rebrotes y ellas mismas estaban más accesibles a los lagomorfos y roedores. Los tratamientos uno y dos (una penca), tenían menos posibilidades de sobrevivir, comparados con los tratamientos tres, cuatro, cinco y seis (dos pencas) pues una penca tiene menor capacidad de producción que dos pencas y sus posibilidades de sobrevivir son mas bajas.

Los tratamiento siete y ocho, con pencas tiradas, fueron los peores tratamientos, teniendo los resultados menos adecuados para utilizarse en un

futuro, aunque en su estado silvestre éste es el único método de reproducción donde una planta puede crecer más rápido a diferencia de las semillas.

Utilizar el arado de vertedera (Surcado Lister) es una técnica eficaz en la captación de agua, ya que ayudó a que las plantas aprovecharan más eficazmente las lluvias, evitando que éstas se escurrieran y ayudando a que se filtrara más rápidamente el agua en el suelo. Las lluvias en esta región son muy escasas y erráticas.

En una investigación realizada por Rodríguez y Ayala, (1997) en el Campo Experimental Forestal "La Saucedá", menciona que el nopal rastrero no se recomienda sembrar en surcado Lister ya que es muy dañado por las liebres. Esto contradice a los resultados obtenidos en el mismo lugar, ya que en este experimento los resultados obtenidos son satisfactorios. Cabe señalar que estos autores no mencionan la forma de plantación recomendada.

Comparar las posiciones E-O y N-S fue importante, ya que la exposición E-O resultó menos adecuada. La exposición N-S fue la mejor en cada uno de los tratamientos donde se utilizó, con una y dos pencas en forma vertical y horizontal.

6.- CONCLUSIÓN.

De acuerdo a los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que el tratamiento cuatro (2 V N-S) fue el que produjo más cantidad de pencas y por lo tanto más kilogramos por hectárea

En base a lo anterior, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Plantar las pencas de Norte–Sur, con dos pencas en forma vertical (T₄) en surcado Lister, enterrándose el 75% de la primera penca. Este tratamiento se utiliza si en la parcela existe una alta incidencia de liebres y roedores.
2. Realizar la plantación al inicio de la época de lluvias
3. Si en su parcela existe una baja incidencia de liebres y roedores se recomienda el tratamiento seis con dos pencas plantadas en forma horizontal con exposición Norte–Sur.

4. Que el material a plantar sea de la región y por el que los animales tengan más preferencia.

7.- LITERATURA CITADA.

- Barrientos P., F. 1965. El nopal y su utilización en México. Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural. México.
- . ----- . 1969. El nopal y su utilización en México. Rev. Soc. Méx. Hist. Nat. 26; México. Pp. 87 – 94.
- . 1972. Rendimiento del nopal *O. Ficus indica* Var. *Copena F-1* a diversas densidades. Rama de Genética, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Blanco M, G. 1957. El nopal como forraje para el ganado de zonas áridas; aprovechamiento de la tuna. El campo. 23 (788) 34 – 59. México.
- Borja J. A. 1962. Bosques. Conferencia para el estudio de las Zonas áridas, México. Comité Mexicano de las Zonas Áridas. México.
- Borrego E., F.; N. Burgos. 1986. El Nopal. Ed. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila. México. 202 pp.
- Bravo H., H. 1978. Las Cactáceas de México. Instituto de Biología. U.N.A.M. México. 755 pp.
- Bravo H., H.; I. Piña L. 1979. Algunos Aspectos Sobre la Industrialización del Nopal . Cact. Succ. J. XXIV 89-94. México.
- Burgos V., S. N. 1983. El nopal (*Opuntia spp.*) Tesis monográfica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.
- CODAGEM. 1979. Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal. Folleto informativo No. 158. México.
- C. O .T .E .C .O .C .A. 1968. Primera copia provisional del estudio del Estado de Coahuila. S .A .G. México.
- De La Cruz C., J. A.; M. Zapien B. 1974. El Campo Experimental Forestal de Zonas Áridas de “La Saucedá”. Ramos Arizpe, Coahuila. Línea de

investigación y resultados. Bol. Div. No. 36. I. N. I. F. – S. A. G. México.

- Flores V., C. A.; J. R. Aguirre R. 1992. El nopal como forraje. Dirección de Patronato Universitario. Segunda reimpresión. Chapingo, México, Pág. 54.
- Flores V. C. 1977. El nopal como forraje. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
- . 1999. Aprovechamiento del nopal forrajero a nivel mundial. Curso Taller sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Cd. Guadalupe, Nuevo León, México. Pág. 66.
- García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Larios. México, D. F. 246 p.
- González D. A.; M. E. Riojas L.; H. J. Arreola N. 2001. El Género *Opuntia* en Jalisco. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México. Pág. 17.
- I. I. Z. D. 1971. La tuna y sus productos industriales en San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas. México.
- Jhonson, J. L. and E. R. Emino. 1979b. Tissue Culture propagation in the Cactaceae. Cact. Succ. J. 51 (6):275-277.
- López G. J. J. 2003. Evaluación agroecológica y nutricional del nopal forrajero (*Opuntia spp*). UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México., (inédito).
- 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. Ciencia Forestal. 2(5):36-53. México.
- Marroquín S., J. G; Borja, C. Velásquez; J. A. De la Cruz C. 1964. Estudios ecológicos y dasonómicos de las zonas áridas del Norte de México. Púb. Esp. 2 INIF-SAG. México, D. F. 166 p.
- Martínez M. L. 1968. Estudios del nopal rastrero forrajero y del nopal frutal, *Opuntia spp*. Simposio Internacional Sobre el Aumento a la Producción de Alimentos en Zonas Áridas; Kesower, sesión 1 (3) a Monterrey, I. T .E .S .M., Ing. Agr., 1 (2): 14 – 20. México.

- Narro, F. E. 1970. Cultivo y aprovechamiento del nopal. Not. Agric. Ejid. Peq. Prop. 4: 71 – 73. México.
- Ortiz J. C. 1995. Las maquinas agrícolas y su aplicación. Mundi-prensa. México. 5° edición. Pág. 33.
- Pérez R. S. 1964. Los suelos y la vegetación del campo experimental “La Saucedá” en la zona árida de Coahuila. Bol. Técnico No. 16 I. N. I. F. S. A. G., México.
- Piña L., I. 1970. Región productora de tuna en el estado de Zacatecas. Cact. Succ. Méx. 15 (3): 64 – 70. México.
- Promotora de Maguey y de Nopal (PROMAN). 1987. El cultivo de nopal. Memoria del curso impartido del 25-28 de Jun. Exapusco, Estado de México. México.
- Ramírez M., E. 1972. Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal. Mundo científico. J. P. N. CONAFAA SEDICT. No. :4,10,14.
- Reynaga V., J. R. 1976. Evaluación de la fitomasa forrajera en praderas artificiales sobre curvas a nivel, alternándolas con franjas de vegetación nativa, utilizando 5 especies de gramíneas y siguiendo 4 diferentes sistemas de siembra. Tesis Profesional, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Rodríguez C. V. M. y O. U. Martines B. Comparación de diferentes estrategias de establecimiento de especies forrajeras en matorral parvifolio inerme. Campo Experimental saltillo INIFAP-SAGAR. Saltillo Coahuila, México.
- Rodríguez C. V. M. y M. J. Ayala O. 1997. establecimiento de plantas forrajeras en matorral parvifolio inerme. XXXIII reunión nacional de investigación pecuaria Veracruz. Veracruz, Veracruz, México.
- Rojas M., P. 1961. Aprovechemos las zonas áridas, cultivos del nopal tunero. El campo. XXX (878): 48 – 54. México.
- Rojas M., T.; Malo C., F. J. y Palomo, G. O. 1966. El nopal forrajero en Nuevo León. Agronomía No. 108 (sept). Esc. Agric. Gan; Ins. Tec. Monterrey. México.
- Rzedowski J. 1965. Flora fanerogámica del valle de México. C. E. C. S. A3. México.
- , 1968. Sobretipo de “BIOS”. Revista del seminario de estudios biológicos 1 (1): 4 (24). México, D. F.

-----, 1978. "Vegetación de México". Editorial LIM: 2^{da} Ed. México.
D. F.

Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Gobierno del estado de México.
1982. Cultivo, Explotación y Aprovechamiento del Nopal en el
estado de México. México. Folleto Informativo No. 12.

S. A. G. 1973. Cultivo del nopal. Dirección Gral. De Extensión Agric.,
Sección de Divulgación del Servicio de Extensión agrícola, en el
Estado de San Luis Potosí. Boletín informativo, México. 20 pp.

Vázquez A., R. E.; R. J. De La Garza V. 1999. Caracterización de cinco
cultivares de nopal forrajero. En: Memorias VIII Congreso Nacional y
VI Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal.
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

Villareal, A. 1958. El nopal como forraje para el ganado. Primer Congreso de
Investigación Agrícola en México. Esc. Nal. Agric., Chapingo,
México.

ANEXOS

Anexo 1.- Tratamiento 1 al 4 de *Opuntia rastrera* establecidos con surcado Lister en el Campo Experimental La Sauceda 1997-2002.



T₁



T₂



T₃



T₄

Anexo 2.- Tratamiento 5 al 8 de *Opuntia rastrera* establecidos con surcado Lister en el Campo Experimental La Sauceda 1997-2002.



T₅



T₆



T₇



T₈

