



44 201

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"EFECTO DE LA FERTILIZACION ORGANICA-MINERAL
EN EL CULTIVO DE NOPAL DE VENDURA (Opuntia
ficus-indica), DURANTE EL PERIODO OTOÑO-INVIERNO
EN SAN FRANCISCO TECOXA, MILPA ALTA, DISTRITO
FEDERAL."

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A

JORGE ALBERTO VILLALOBOS LOPEZ

Director: M.C. MARIO RAFAEL FERNANDEZ MONTES

Coasesor: Q. CELIA ELENA VALENCIA ISLAS



V N A M

Cuatitlan local, Edo. de Méx.

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pág.
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	i
CUADROS Y FIGURAS DEL APENDICE	iii
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS	3
3. REVISION DE LITERATURA	4
3.1 Historia	4
3.2 Origen y distribución	5
3.3 Importancia económica	7
3.4 Características botánicas	10
3.4.1 Clasificación taxonómica	10
3.4.2 Descripción botánica	11
3.4.2.1 Sistema radicular	11
3.4.2.2 Tallo	12
3.4.2.3 Hojas	12
3.4.2.4 Flor	13
3.4.2.5 Fruto	14
3.4.2.6 Semillas	14
3.5 Características morfo-fisiológicas	14
3.5.1 Características morfológicas	15
3.5.2 Características fisiológicas	15
3.6 Variedades cultivadas	17
3.7 Condiciones ecológicas	19
3.7.1 Temperatura	19
3.7.2 Humedad	20
3.7.3 Luz	20

3.7.4	Suelo	21
3.7.5	Altitud	22
3.7.6	Clima	22
3.8	Propagación	23
3.9	Plantación	24
3.9.1	Selección del terreno	24
3.9.2	acondicionamiento del terreno	24
3.9.3	Tratamiento del material vegetativo	25
3.9.4	Época de plantación	26
3.9.5	Método de plantación	27
3.9.6	Densidad de plantación	28
3.10	Fertilización y abonado	29
3.10.1	Fertilización química	29
3.10.2	Abonado	31
3.10.3	Fertilización experimental	36
3.11	Labores de cultivo	39
3.12	Plagas y enfermedades	41
3.13	Cosecha	43
4.	MATERIALES Y METODOS	46
4.1	Descripción de la zona de estudio	46
4.1.1	Ubicación	46
4.1.2	Características generales	46
4.1.3	Condiciones climáticas	48
4.1.4	Condiciones edáficas	50
4.2	Localización del sitio experimental	50
4.2.1	Muestras de suelo	51

4.3	Diseño experimental	51
4.4	Parámetros de medición	53
4.5	Descripción del experimento	53
4.6	Desarrollo del experimento	54
4.6.1	Cultivo	55
4.6.2	Cosecha	55
4.7	Análisis estadístico	56
5.	RESULTADOS Y DISCUSION	58
5.1	Análisis de suelo	58
5.2	Análisis de los resultados	61
5.2.1	Número total de brotes producidos	61
5.2.2	Peso de brotes producidos	66
5.2.3	Área foliar	70
5.3	Discusión general	71
6.	CONCLUSIONES	75
7.	BIBLIOGRAFIA	76
8.	APENDICE	80

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros		Pág.
1	Superficie y producción del cultivo de nopal para verdura (riego y temporal). Año agrícola 1985	8
2	Áreas productoras de nopal de verdura, en Milpa Alta, Distrito Federal . . .	9
3	Tratamientos de fertilización de nopal de verdura (<i>Opuntia ficus-indica</i> , Mill, var. Tlacocopal) en condiciones de riego y temporal. Palma de la Cruz. Sociedad Días Gutiérrez, S.L.P., primavera-verano, 1986	37
4	Temperaturas y precipitaciones medias mensuales de la Delegación Milpa Alta, D.F. (Período 1966 - 1984)	49
5	Fuentes y niveles de fertilizantes empleados en el experimento	53
6	Análisis físico del suelo	59
7	Análisis químico del suelo	60
8	Análisis de varianzas para el número total de nopalitos producidos	62
9	Número de nopalitos comerciables y no comerciables producidos durante siete meses, en otoño-invierno, en San Francisco Tecoxpa, Milpa Alta, D.F. (1987-1988)	65
10	Análisis de varianzas para el rendimiento de nopalitos	67

Pág.

11	Rendimiento de nopalitos (kg/ha) producido durante siete meses, en otoño-invierno, en San Francisco Tecoxpa, Milpa Alta, D.F. (1987 - 1988)	69
12	Coefficiente de correlación (r) entre área foliar y número total de nopalitos producidos	70

Figuras

1	Ubicación y límites de la Delegación Política de Milpa Alta, en el Distrito Federal	47
2	Localización del sitio experimental en la Delegación de Milpa Alta, D.F. . .	52

CUADROS Y FIGURAS DEL APENDICE

Cuadros		Pág.
1A	Lista de tratamientos empleados en el experimento	81
2A	Análisis de sales solubles en extractos de saturación de las muestras de suelo del sitio experimental	84
3A	Elementos menores en ppm de las muestras de suelo del sitio experimental	84
4A	Análisis de varianzas para el número total de nopalitos producidos, del 1 ^o al 7 ^o corte	85
5A	Análisis de varianzas para el número total de nopalitos producidos, del 1 ^o al 14 ^o corte	86
6A	Análisis de varianzas para el número total de nopalitos producidos, del 1 ^o al 21 ^o corte	87
7A	Análisis de varianzas para el rendimiento de nopalitos, del 1 ^o al 7 ^o corte	88
8A	Análisis de varianzas para el rendimiento de nopalitos, del 1 ^o al 14 ^o corte.	89
9A	Análisis de varianzas para el rendimiento de nopalitos, del 1 ^o al 21 ^o corte.	90
10A	Número de nopalitos comerciables producidos por corte, durante otoño-invierno, en San Francisco Texcopa, Milpa Alta, D.F. (1987 - 1988)	91

		Pág.
11A	Número de nopalitos no comerciables producidos por corte, durante otoño-invierno, en San Francisco Tecoxpa, Milpa Alta, D.F. (1987 - 1988)	92
12A	Rendimiento de nopalitos (kg/ha) producido por corte, durante siete meses, en otoño-invierno, en San Francisco Tecoxpa, Milpa Alta, D.F. (1987 - 1988) . .	94
13A	Relación del área foliar de las pencas productoras con el número de nopalitos producidos por tratamiento	98

Figuras

3A	Descripción de la parcela experimental.	82
4A	Distribución de los tratamientos en el sitio experimental; Diseño trifactorial con arreglo combinatorio y distribución en bloques al azar	83
5A	Rendimiento de nopalitos (ton/ha) producido por tratamiento, durante otoño-invierno, en San Francisco Tecoxpa, Milpa Alta, D.F. (1987 - 1988)	93
6A	Respuesta de la brotación del cultivo de nopal para verdura a la aplicación de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, durante otoño-invierno en Milpa Alta, D.F.	95

7A	Respuesta del peso de brotes producidos del cultivo de nopal para verdura a la aplicación de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, durante otoño-invierno en Milpa Alta, D.F.	96
8A	Fluctuación mensual de la producción de nopalitos, dada por las condiciones climáticas de Milpa Alta, para el tratamiento testigo (0-0-0), durante otoño-invierno	97

RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron tres fuentes y tres niveles de fertilización orgánico-mineral, empleándose como fuentes: el estiércol de bovino semiseco y fertilizantes químicos a base de nitrógeno y fósforo. Con la finalidad de promover la producción de nopalitos por medio de la fertilización durante la época de menor oferta del producto, que es cuando presenta los mejores precios en el mercado. Los tratamientos fueron determinados con base en las dosis recomendadas por García (1972) y encuestas en la zona de estudio.

Se empleó un diseño estadístico factorial completo (3^3) con un arreglo combinatorio y una distribución en bloques al azar, utilizándose como parámetros de medición: el número de brotes comerciables y no comerciables producidos, el peso total de brotes y el área foliar.

El análisis de varianzas para ambos parámetros muestran que no existió diferencia significativa entre las fuentes y dosis de fertilización estudiadas, tanto en forma independiente como interaccionando entre sí, resultando estadísticamente iguales todos los tratamientos. Sin embargo, se observó una ligera tendencia positiva del cultivo en el número de brotes producidos y en el peso de los mismos, a la aplicación de nitrógeno mineral. Esta respuesta estuvo determinada aparentemente por las condiciones edáficas que se presentan en el sitio experimental, en donde el contenido de materia orgánica y nutrientes minerales primarios, secundarios

y micronutrientes, se encuentran en proporciones adecuadas.

Los resultados de campo indican que el tratamiento -- 100-0-0 (100 toneladas de materia orgánica - 0 de N - 0 de P), fue el que obtuvo el mayor número de brotes producidos (257) y el más alto rendimiento (25.5 ton/ha), mostrando que la materia orgánica posiblemente sea el factor que proporciona al nopal las condiciones necesarias para su desarrollo.

Basándose en el análisis físico-químico del suelo y en los resultados de campo obtenidos, se puede inferir que no es conveniente agregar grandes cantidades de estiércol (600 a 1,000 ton/ha) a las huertas nopaleras, debido a que se requiere de una gran inversión económica en esta práctica del cultivo. Siendo probablemente más adecuado reducir la cantidad de abono y complementarlo con fertilizantes químicos - principalmente a base de nitrógeno en épocas de lluvias.

1. INTRODUCCION

México es sin duda el país que mayor cantidad de especies del género Opuntia presenta y el nopal es el que ha tenido mayor importancia alimenticia, social y cultural a través del desarrollo histórico del pueblo mexicano (Bravo, 1978).

Su centro de distribución se localiza en la Altiplanicie, y debido a su capacidad adaptativa y a sus cualidades morfofisiológicas, es una planta que forma parte de la vegetación nativa de las zonas áridas y semiáridas. Sus frutos y sus tallos son un producto alimenticio indispensable en la dieta de los campesinos de esas zonas marginadas, y además constituye un valioso sustituto forrajero para el ganado en épocas de sequía.

Esta especie ha tenido tal importancia, que en la actualidad se le impulsa significativamente en huertos familiares y comerciales, principalmente en áreas del país con temporales regulares o malos. Las plantaciones grandes son escasas y se dedican a la explotación de tuna, del nopalito como verdura, o la combinación de ambas, de acuerdo con las condiciones climáticas del lugar (Agrosintesis, 1983).

Siendo Milpa Alta, D.F., la región donde se encuentra la mayor superficie cultivada de nopal para verdura y donde se obtiene la más alta producción a nivel nacional, es de mucha importancia contar con la información técnica necesaria para el óptimo manejo de los huertos: en el control de male-

mas, control de plagas, fertilización, poda, etc., ya que no recibe la atención necesaria por parte de los productores. A su vez éstos no reciben aún el apoyo técnico especializado de las instituciones oficiales correspondientes a este sector productivo, a pesar de que el cultivo cobró auge desde el año de 1955 y que aproximadamente un 70% de sus habitantes viven de su explotación.

Por tal razón se planteó realizar un trabajo enfocado a un aspecto técnico del cultivo, como es la fertilización, la cual es la práctica agrícola que mayor inversión requiere - una vez establecida la plantación, debido a que se realiza varias veces durante los 8 ó 10 años productivos de las plantas de nopal.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Los objetivos para el presente trabajo fueron:

- a) Evaluar el efecto de la fertilización orgánica, mineral y orgánica-mineral, en la producción de brotes e nopalitos durante la época de otoño-invierno.
- b) Determinar la(s) fuente(s) y dosis de fertilización más adecuada para el área de estudio, que abata los costos de producción en esta práctica de cultivo para el nopal de verdura.
- c) Iniciar las investigaciones de fertilización en la principal región productora de nopalitos, con el propósito de explorar las dosis que reduzcan las grandes aportaciones de materia orgánica al suelo y que éstas favorezcan la producción del cultivo.

Hipótesis.

Reduciendo la cantidad de abono orgánico proporcionalmente y aplicando fertilizante químico a base de nitrógeno y fósforo, se obtiene una mejor dosis de fertilización, que realizando adiciones aisladas de abono orgánico o fertilizantes químicos.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Historia.

En México la primera obra occidental en que se hace alusión al género Opuntia, es la "Historia general y Natural de las Indias" escrita en 1535 por Hernández de Oviedo, pero los primeros estudios botánicos se hicieron en el siglo XVII (Bravo, 1978).

Estas plantas tenían importancia económica, social y religiosa entre los aztecas, a tal grado que el emblema de la Gran Tenochtitlan ostentaba airesamente un nopal, por lo que le llamaron nopantli, que significa mi bandera, y del cual derivó nopalli, el nopal de nuestros días (Bravo, 1978; Sánchez, 1982). Además, utilizaron el símbolo del nopal en todas sus manifestaciones artísticas; joyería, pintura, plumería, bordado, etcétera (Sodi Palladares, citado por Sánchez, 1982).

El nopal es una planta que ha tenido importancia dentro de la dieta alimenticia del pueblo mexicano a través de su desarrollo histórico. En épocas precolombinas se le consideró un recurso alimenticio básico para las tribus nómadas y sedentarias del Andhuac, desempeñando un papel importante en el desarrollo de estas culturas. En excavaciones arqueológicas realizadas en el Valle de Tehuacán (Puebla) y en Tamaulipas, se descubrieron vestigios de semillas, frutos y pencas de nopal con una antigüedad aproximada de 6,500 años A.C., lo cual permite creer que junto con el maíz formaba parte de

la alimentación de los habitantes de esa zona (Mac Neish, citada por Grajeda, 1978).

Los aztecas utilizaban una nomenclatura para designar a las cactáceas, dentro del cual había dos grupos bien definidos: 1) el de los nochtli integrado por las especies de tallos articulados, discoides y aplanados, conocidos también como nopalli que significa nopal. Las plantas de este grupo son las que actualmente están incluidas en los géneros Opuntia, Mopales y Epiphyllum; y 2) el grupo de los comitl, que incluía los cactos provistos de tallos esferoidales (Bravo, 1978).

Los españoles, durante la conquista de México, observaron todas las bondades del nopal, por lo cual lo llevaron a España, de ahí se propagó a todas las costas del Mediterráneo, adaptándose con mayor facilidad a las condiciones ecológicas de Portugal, Italia, Grecia y el Norte de África (SARR, -- 1984).

3.2 Origen y distribución.

La familia de las cactáceas a la cual pertenece el género Opuntia es originaria del nuevo mundo. Este género al parecer tuvo su centro de diversidad genética en México por lo cual se la reporta como centro de origen primario, donde es ampliamente usado (FROMAN, 1987; Russell and Walker, 1987).

Bravo (1978), señala que los géneros de la subfamilia Opuntioideae son escasos, pero algunos de ellos están representados, como Opuntia, por numerosas especies. Se supone

que derivaron de formas pareckioides, ya que algunos como Pareckiopsis y Oviabentia, poseen hojas más o menos decarreglladas. Los géneros actuales son en su mayoría boreales o australes, sólo Opuntia se halla presente en todo el continente, aunque las especies y los subgéneros que comprenden son en gran parte endémicos de América del Norte o de América del Sur.

Actualmente las cactáceas se encuentran distribuidas desde Canadá, a una latitud de 56°N hasta el estrecho de Maganes en América del Sur, preferentemente en todas las regiones áridas y semiáridas. Algunas especies de Opuntia se encuentran naturalizadas actualmente en la cuenca del Mediterráneo y del Mar Rojo, así como en los desiertos de Australia (Bravo, 1978).

La distribución de las cactáceas en nuestro país aún no se puede precisar con exactitud, porque todavía existen zonas poco estudiadas; de una manera aproximada se considera que la zona de las Opuntias corresponde a la Altiplanicie Mexicana, en donde predominan los climas de estepa con variaciones de temperatura bastante marcadas. El subgénero de las Flatiopuntias al cual pertenece el nopal tienen su centro de distribución en los Estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes, pero una gran cantidad se ha extendido hacia el sur, especialmente por los Estados de Guanajuato, Querétaro e Hidalgo (Brom, 1970).

3.3 Importancia económica.

El nopal, hasta hace algunas décadas era solamente una planta que formaba parte de la flora silvestre y ocupaba vastas extensiones del territorio nacional, subestimándose su gran importancia alimenticia. Aunque a la fecha todavía no se le ha dado toda la importancia que merece su cultivo, para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas esta planta ha sido un recurso natural muy valioso, económica y culturalmente, por su gran variedad de usos y sigue siendo una fuente importante de satisfactores de autoconsumo y de ingresos extra, lo cual se refleja en su abundancia en los huertos familiares de estas áreas (Colunga, 1984; SANH, 1984).

El INIA en enero de 1982 (Agrosintesis, 1983), reportó que en el territorio nacional se encuentran distribuidas diversas especies de nopal en una superficie de 2.3 millones de hectáreas, de las cuales dependen un gran número de productores que cosechan y comercializan su fruta en fresco, elaboran subproductos del mismo, aprovechan los brotes pequeños como verdura y utilizan la planta como forraje para el ganado en épocas de sequía.

La zona del país donde se presenta la mayor producción de nopal para verdura se localiza en la Mesa Central (Grajeda, 1978), destacando la Delegación Política de Milpa Alta, D.F., como la región donde se ha desarrollado el cultivo intensivo de esta planta. En 1983 se estimó una superficie cosechada de 1,200 hectáreas, con una producción de 96,000

toneladas por año de nopalitos, lo que representó el 72.82% de la producción nacional (SARH, 1983). Para 1985 la SARH en el Distrito Federal informó que la superficie sembrada aumentó a 3,380 hectáreas con una producción estimada de 202,800 toneladas (Cuadro 1).

CUADRO 1. SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE NOPAL PARA VERDURA (RIEGO Y TEMPORAL). AÑO AGRÍCOLA 1985.

Estado	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Producción (Ton)
Aguascalientes	39	4	328
B.California N.	132	54	1,479
Distrito Fed.	3,380	3,380	202,800
Guanajuato	242	109	1,420
México	97	97	135
Oaxaca	35	35	3,520
S.Luis Potosí	737	737	3,685
Sonora	509	20	20
Tlaxcala	5	2	12
Total	5,176	4,438	213,399

Fuente: Anuario Estadístico de la producción Agrícola Nacional, SARH - DGBIES, 1986.

Se calcula que el 70% de los habitantes de Milpa Alta se dedican a éste cultivo, debido a que es muy rentable, el

cuál ha desplazado a cultivos tradicionales como: frijol - maíz y haba. Además se ha adaptado excelentemente a las - condiciones ecológicas de la región (Delegación Milpa Alta, 1986).

La región productora de nopal de verdura se compone de nueve localidades y 7,567 productores (SARH, 1986) - - (Cuadro 2).

CUADRO 2. AREAS PRODUCTORAS DE NOPAL VERDURA EN MILPA ALTA, DISTRITO FEDERAL.

Poblado	Superficie (Ha)	Producción (Ton)	Particip. %
Villa Milpa Alta	2,200	132,000	65
San Lorenzo Tlacoyucan	600	36,000	18
Santa Ana Tlacotenco	180	10,800	5
San Juan Tepenahuac	100	6,000	3
San Jerónimo Miscoatlán	100	6,000	3
San Agustín Otthenco	90	5,400	2.6
San Pedro Actopan	50	3,000	1.5
San Francisco Tecoxpan	48	2,880	1.4
San Antonio Tecomitl	12	720	0.5
Total	3,380	202,800	100.0

Fuente: SARH, 1986. Información básica sobre el cultivo del nopal, en Milpa Alta, D.F.

Este cultivo, debidamente tecnificado puede ser muy importante en la economía de los agricultores temporales de la parte central del país, ya que con él se puede dar buen aprovechamiento a los suelos que no rindieron beneficios apreciables cuando se cultivan con maíz o con cualquier otro cultivo básico (SARR, 1984).

3.4 Características botánicas.

3.4.1 Clasificación taxonómica.

El nopal pertenece a la familia de las cactáceas, al género Opuntia que se encuentra formado por dos subgéneros: Cylindropuntia, de artículos cilíndricos o algo cónicos y en ocasiones globosos; y Platyopuntia, de artículos planos o casi planos, en el cual se encuentran ubicados las especies que reciben el nombre de nopales.

Se conocen hasta hoy 125 géneros de la familia cactácea, que abarcan más de 2,000 especies, y de las 253 especies del subgénero Platyopuntia 100 están representadas en México (Sánchez, 1980). Por su parte Bravo (1978), menciona que existen en México 62 especies del género Opuntia.

Flores (1983), hace mención que del género Opuntia se conocen unas 150 especies muy difíciles de distinguir y que habitan principalmente en México, Perú y Chile, algunas en Estados Unidos hasta los 30^o de latitud norte.

La clasificación botánica de las cactáceas no es sencilla, por la gran cantidad de formas de transición que posee, formación de nuevos híbridos y al constante descubrimiento de nuevas especies (SARE, 1954).

Britton and Rose citados por Bravo (1978), dan la siguiente clasificación taxonómica para esta planta:

Reino	. . . . .	Vegetal
División	. . . . .	Angiospermas
Clase	. . . . .	Dicotiledoneas
Orden	. . . . .	Opuntiales
Familia	. . . . .	Cactaceas
Subfamilia	. . . . .	Opuntioideas
Tribu	. . . . .	Opuntias
Género	. . . . .	Opuntia
Subgénero	. . . . .	Platyopuntia
Especie	. . . . .	spp.

3.4.2 Descripción botánica.

Es una planta carnosa que en estado adulto alcanza hasta cinco metros de altura y cuyas partes basales más viejas se vuelven leñosas, presenta un ciclo de vida perenne.

3.4.2.1 Sistema radicular: La raíz principal y las secundarias tienen casi el mismo desarrollo, o bien las secundarias se extienden ampliamente, son numerosas y ramificadas, de consistencia calcárea, muy largas, horizontales y coloca-

das a muy poca profundidad, alcanzando a los cuatro años - hasta cinco metros (Villarreal, 1958). Por otra parte Lorenzo, citado por Hernández (1974), observó que las raíces desarrollan hasta 10 m longitudinalmente.

3.4.2.2 Tallo: Es grueso, las plantas son arbustivas si están provistas de un tronco bien definido, o rastreras si carecen de él; el tronco es más o menos cilíndrico y multiarticulado. Los artículos o ramas a que da origen son espigados y discoides, tienen forma de raqueta, con cutículas gruesas, adaptados para almacenar agua en sus tejidos, reciben el nombre particular de "pancacas" y botánicamente son llamados "cladodios" (Bravo, 1978; Ruiz, 1979).

Este tallo modificado es el órgano de la planta en donde se realiza la fotosíntesis, a través del parenquima clorofiliano situado bajo la epidermis y tejido suberoso; sustituye en sus funciones a las hojas, las cuales son muy pequeñas y se desprenden del cladodio; además éstos sirven para el transporte de la savia ascendente y descendente (Bravo, 1978).

En el nopal existe la capacidad de almacenar nutrientes en los cladodios, se atribuye al hecho de que en esta especie los órganos fotosintéticos son fijos y persistentes, lo cual ocasiona que con el tiempo en ellos se acumulen elementos minerales (Nobel, citado por Ramírez, 1986).

3.4.2.3 Hojas: Se presentan en los renuevos o pancacas tiernas, son caducas y herbáceas. En las axilas de las hojas

están las aréolas, que morfológicamente deben considerarse como botones atrofiados en los cuales existen las espinas y los gloquidios o ahuyates, agrupándose en regiones espaciadas de la superficie caulinar. Las hojas desaparecen completamente en unos cuantos días, quedándose en su lugar las espinas que se consideran como el producto de la acción del medio en que viven estas plantas (Ochoterena, 1922; Ruiz, -- 1979).

3.4.2.4 Flor: Nace en las aréolas floríferas y cada una emite una sola flor que aparece generalmente en las aréolas jóvenes, localizadas principalmente en la parte terminal de los tallos. Los sépalos y los pétalos son libres y no están bien delimitados, sino que hay piezas de transición entre ambos. Los pétalos poseen colores vivos; purpúreos, amarillos, carmesíes, etc. Por lo general las flores son grandes, de ovario ínfero, unilocular, formada por varios carpelos soldados en donde existen muchos óvulos en placentación parietal, provistos de un largo funículo, los lóbulos del estigma varían de 5 a 10; el androceo posee gran cantidad de estambres. Son hermafroditas, sin embargo algunas por atrofia del androceo o del gineceo son unisexuales (Ochoterena, 1922; Bravo, 1978).

La floración tiene lugar en la primavera, durante los meses de marzo, abril y mayo, aunque hay entidades en que se realiza en otras épocas del año (Bravo, 1978).

3.4.2.5 Fruto: Es una baya ovoide a esférica, comúnmente denominado "tuna", el mesocarpio es carnoso y la pulpa está integrada por los funículos, que cuando se llenan de azúcares, es comestible; el pericarpio está provisto de aréolas que llevan glóquidos dispuestos en pequeños grupos y que pueden caer cuando el fruto está maduro (Bravo, 1978; Ruiz, 1979).

3.4.2.6 Semillas: Son numerosas, lenticulares, con testa clara y arilo ancho, embrión curvo, cotiledones grandes y perisperma bien desarrollado; están rodeadas de una cubierta funicular, que constituye la parte comestible de la pulpa del fruto (Colunga, 1984).

3.5 Características morfo-fisiológicas.

Los nopales, son plantas xerófilas, esculentas y tolerantes a la sequía, las cuales han desarrollado a través de la evolución, características morfológicas y fisiológicas adaptadas a la escasa disponibilidad del agua, a las variaciones extremas de temperatura, a los suelos calcáreos y pobres en su cubierta vegetal y en general a las diversas condiciones que se presentan en las zonas áridas y semiáridas, a pesar de que algunas especies han colonizado ambientes con mayor provisión de agua (Bren, 1970; Bedoya, 1984).

Entre las adaptaciones morfo-fisiológicas (estrategias) que han asumido estas plantas para sobrevivir al medio seco, Ochoterena (1922), y Bravo (1978), citan entre otras las -

siguientes:

3.5.1 Características morfológicas.

- Succulencia, que se caracteriza por el exagerado desarrollo de los elementos parenquimatosos, que permanecen distendidos y turgentes.
- Engrosamiento de la cutícula.
- Disminución y disposición hundida de los estomas, formando una especie de microclima húmedo cerca de ellos.
- Aréolas hundidas.
- Eliminación de las hojas en la planta adulta.
- Atrofia hasta estados vestigiales del limbo de las hojas o su transformación en escamas, espinas y gloquidios.
- Gran desarrollo del sistema radicular cuyos pelos absorbentes se forman al principio de lluvias.

3.5.2 Características fisiológicas.

- La reducción de la cantidad de agua en la célula, abajo de cierto límite, determina la conversión de los polisacáridos con débil capacidad de inhibición en pentosanas que, al combinarse con sustancias nitrogenadas, forman compuestos que adquieren gran capacidad de hidratación (elaboración de mucilagos).
- Producción de sustancias higroscópicas (capacidad osmótica) a partir de ácidos orgánicos libres que existen en el

jugo celular y que son abundantes en el nopal.

- Propiedades del protoplasma para subsistir en estado de anhidrobiosis durante la sequía.
- Capacidad de las raíces de suspender las corrientes osmóticas y pasar sus células al estado de vida latente, y capacidad para absorber el agua con rapidez debido al aumento de la presión osmótica.
- Savia viscosa que cierra rápidamente las heridas.
- Baja percepción transpiratoria en los períodos secos.
- Adaptación de algunas especies, debido a su alta presión osmótica, a los suelos salinos.
- Otra adaptación fisiológica que ofrece alta eficiencia fotosintética a las plantas, es su "metabolismo ácido craso" (plantas CAM). Estas cierran sus estomas durante el día para no perder tanta agua por transpiración, pero se enfrentan al problema de fijación de CO_2 . Para resolverlo abren sus estomas durante la noche y fijan el CO_2 en ácidos orgánicos, especialmente ácido málico. Durante el día, el ácido málico es liberado de la vacuola, descarboxilado en el citoplasma, generando CO_2 que es fijado y reducido finalmente en los cloroplastos de las mismas células de la corteza. Este tipo de metabolismo, da como resultado ganancia neta de carbón con pérdida mínima de agua, a través de una fijación eficiente de CO_2 durante la noche cuando la pérdida de agua por evaporación es baja. Por este motivo las plantas CAM, se consideran resistentes a la sequía, debido a que tienen la habilidad de

colectar agua en los períodos de tiempo en que está disponible, almacenando ésta en tejidos especializados durante los períodos de escasez (Kluge y Ting; Osmond, citado por Ramírez, 1986).

Las especies del género Opuntia se consideran como plantas CAM obligadas. Esta aseración está basada en la observación de que estas plantas no cambian de metabolismo en respuesta a la aplicación de agua de riego o lluvia (Nascom y Ting; Osmond, citado por Ramírez, 1986).

3.6 Variedades cultivadas.

México es el país más rico en especies de Opuntia y debido a esta gran diversidad es muy difícil realizar una descripción de cada una de ellas. Sin embargo, si se clasifican por su importancia económica, social y alimenticia el número es mínimo, sobretudo si se trata de especies cultivadas a nivel comercial para la producción de tana, forraje o wax dura.

Las especies más ampliamente cultivadas son: O. ficus-indica (nopal común o de castilla), O. mesocantha (nopal negro o blanco), O. streptacantha (nopal cardón), O. robusta var. lurroyi (nopal tepón) y O. jocosilla (xococostle). Las tres primeras según Britton y Rose (1963) y Bravo (1978), citados por Colunga (1984), cuentan con diversas variedades hortícolas. Pero se puede afirmar que todas las especies de nopal silvestre o cultivado son aptas para el consumo como verdura fresca (López y Mejía, 1988).

En la actualidad existe un gran número de variedades - comerciales de nopal, pero la mayoría de ellas son destinadas para la producción de tuna; solamente unas cuantas variedades son obtenidas para la producción de verdura (nopalitos).

Variedad Italiana (Opuntia ficus-indica), es una variedad exclusiva para la producción de verdura, presenta muy pocas espinas, los brotes son delgados, poco fibrosos por lo cual son muy digeribles, contienen poca baba o mucílago y no son ágricos. Esta variedad es la que se cultiva en toda la región de Milpa Alta, D.F., y se puede decir que es una variedad obtenida por selección natural en México.

Tlaconopal: (Opuntia ficus-indica), esta variedad se seleccionó en el Colegio de Postgraduados de Chapingo, solamente es para verdura, produce brotes carnosos con muy pocas espinas y su sabor no es ágrico (García, 1972).

Copema V-1: Se seleccionó en el C.F. de Chapingo, para la producción de verdura, principalmente por su buena capacidad para la producción de brotes suculentos y sin problemas de acidez, además presenta una mínima cantidad de espinas. Esta variedad es muy susceptible al "engrosamiento de cladodios" (Barrientos, 1981).

Copema F-1: Es de triple propósito (fruto, forraje y verdura), cuyos brotes son delgados con pocas espinas, baja cantidad de mucílago y no son ágricos. Esta variedad tiene la ventaja de que produce nopalitos de excelente calidad - (García, 1972).

Variedad Atlixco: El tamaño de la peca es mucho más grande que las variedades mejoradas, alcanza una medida aproximada de 45 a 50 cm de largo por 35 a 40 cm de ancho, de forma casi romboidal; brotes succulentos y muy fibrosos, poco ácidos; tiene pocas espinas (menor a la Italiana) y de buena apariencia comercial. Se cultiva en la localidad de Tlaxca lancings, Distrito de Atlixco, Puebla, y también se encuentran plantaciones en San Martín de las Pirámides, Edo. de México (López y Mejía, 1988).

3.7 Condiciones ecológicas.

Los nopales son plantas que se encuentran distribuidos en diferentes condiciones ecológicas del país, donde pueden soportar desde las condiciones ambientales de escasa precipitación, hasta altas y bajas temperaturas (SARR, 1984). Además, las poblaciones silvestres, se encuentran prácticamente en cualquier tipo de topografía, con excepción de las laderas con demasiada pendiente (CONASA-INIF, 1981).

3.7.1 Temperatura: La temperatura óptima para su cultivo es la que queda comprendida entre 15 y 25 °C como media anual, llegando a soportar temperaturas mínimas de hasta -10 °C y máximas de 35 °C, siempre y cuando éstas no sean muy prolongadas (CONAFRUIT, 1973).

Brom (1970), señala que la temperatura de 10 °C resulta demasiado baja y afecta notablemente sobre todo si se trata de plántulas jóvenes. La temperatura es un factor que

influye directamente en el desarrollo de la planta, ya que puede estimular la brotación de nuevos vástagos o brotes - (Grajeda, 1978).

3.7.2 Humedad: A pesar de que los nopales son resistentes a los períodos largos de sequía, requieren de las lluvias anuales para reponer el agua que pierden sus tejidos, debido a que son entre todas las cactáceas las más afectadas, ya que sus tallos se adelgazan, arrugan, y aún se desprenden de los troncos (Bravo, 1978).

Por lo que se refiere a la precipitación pluvial es poco exigente, ya que se encuentran plantaciones silvestres en áreas hasta con precipitaciones de 125 mm anuales; en cambio, los excesos de humedad pueden provocar enfermedades fúngicas y daños por insectos (Bautista, 1982).

Blanco (1966), menciona que se han localizado cultivos en zonas con precipitaciones medias anuales de 116 mm (Ixmiquilpan, Hgo.), hasta zonas con una precipitación media -- anual de 1,805 mm (Texiutlán, Pue.).

3.7.3 Luz: El género Opuntia spp. requiere de mucha iluminación, ya que es indispensable para la brotación de nuevos cladodios, por lo cual es conveniente determinar correctamente la orientación de las pencas en la plantación, asegurando la mejor iluminación de las plantas.

Debido a la forma aplanada de los cladodios, la capta-

ción de luz directa realizada por ellos depende en gran parte a su orientación, y que los cladodios orientados norte-sur (caras al E - O) captan mayor cantidad de luz y obtengan así un incremento en su eficiencia fotosintética, favoreciendo de la producción de materia seca y la producción y calidad de frutos (Barrientos, 1981). Esta misma situación se presenta con respecto a la producción de brotes tiernos, ya que se ha observado que cuando las pencas patronas no se plantan en posición correcta, la mayor cantidad de brotes sale por el lado más acolado de las plantas (SAS, 1969).

En un estudio realizado en el Centro Regional de Saco-tecas del Colegio de Postgraduados, se probó el "Efecto del fotoperíodo en la brotación vegetativa de dos especies de mopal silvestre (*Q. robusta* y *Q. girardiniana*), bajo condiciones de invernadero." Obteniéndose que existe respuesta al fotoperíodo de las dos especies. El fotoperíodo largo (16 y 24 horas luz) promueve la brotación vegetativa, los fotoperíodos cortos (8 y 12 horas luz) inhiben la brotación (Aquino y Figueroa, 1987).

3.7.4 Suelos: No es muy exigente a las condiciones edáficas ya que se desarrolla bien en casi todos los tipos de suelos del país (Agrosintesis, 1983), a excepción de los suelos húmedos y flocos, porque debido a la debilidad de su sistema radicular y al peso de los cladodios, en ellos se caen la mayor parte de las plantas adultas (Flores, 1983).

Para la producción comercial los suelos que presentan

condiciones óptimas para el desarrollo y los mejores rendimientos del nopal son aquellos de origen ígneo o calcáreos, con una textura arenosa y arena-arcillosa (bien drenados), de profundidad media y un pH de preferencia neutro (6.8) o ligeramente alcalino (7.5), nunca ácido (CONAZA-INIF, 1981). Asimismo, pueden ser aprovechados suelos de poca profundidad, duros y pedregosos que prácticamente no pueden ser utilizados para otros cultivos (CONAPHUT, 1983).

3.7.5 **Altitud:** La altitud más propicia resulta ser la comprendida entre los 800 y los 1,800 metros sobre el nivel del mar (Bren, 1970), aunque algunas especies se desarrollan muy cerca del nivel del mar como Q. stricta y otras como Q. streptacantha se desarrollan hasta los 2,700 mm (Badg ya, 1984). Cabe mencionar que en Teotihuacan, Méx. el nopal tunero Q. amyclaea y Q. megacantha, se cultiva entre los 2,200 a 2,300 mm, y en Milpa Alta, D.F. el nopal de verdor Q. ficus-indica var. italiana, se cultiva entre los 2,300 y 2,800 mm. Puede decirse que existen especies cuyos rangos altitudinales son amplios a diferencia de otras especies que tienen rangos más estrechos.

3.7.6 **Clima:** Se desarrolla bien en climas semisecos o esteparios con lluvias de verano (BSw); semisecos o esteparios con lluvias escasas en todo el año, sin una estación bien definida (BSx) y en climas desérticos con lluvias en verano, en cualquier época del año o en invierno (BWs, Bx y BWs) (CONAZA-INIF, 1981). Aunque puede adaptarse a otros climas

existentes en el país, como son los templados y tropicales.

3.8 Propagación.

La propagación puede hacerse por semilla y por pencas o fracciones de pencas.

En la propagación por semilla o sexual, las plantas tardan más tiempo en iniciar su producción y requieren de cuidados más intensivos, además, resulta heterogénea en todas sus características por ser de polinización cruzada (SARR, 1984). Este sistema tiene mucho valor en la producción de nuevas variedades y en la producción de individuos más vigorosos con tendencia a producir más frutos y de mejor calidad (Villarreal, 1958), sin embargo, no se utiliza para establecer plantaciones comerciales.

La propagación por pencas o asexual, también llamada - vegetativa es la más recomendable y la más usual, tiene la ventaja de que la planta alcanza su objetivo más rápidamente y mediante este sistema se logran conservar las características fenológicas de la especie o variedad escogida. - Mientras que el uso de fracciones de pencas no es muy recomendable, debido a que las plantas tienen un desarrollo muy lento (Villarreal, 1958; SARR, 1984).

3.9 Plantación.

3.9.1 Selección del terreno.

No es indispensable una selección cuidadosa del terreno, pero deben desecharse aquellos que tengan mucha humedad o se inundan (Agrosintesis, 1983). Una vez localizado el terreno en donde se va a llevar a cabo el establecimiento de la huerta es necesario eliminar la maleza, arbustos y árboles existentes, con el objeto de evitar la competencia de nutrientes y luminosidad. El acondicionamiento del terreno debe realizarse de acuerdo a la pendiente: si es ligera (menor del 12%), pasando una niveladora; si es mayor al 20% se recomienda la construcción de terrazas, bordes o curvas de nivel, y en el caso de suelos tepetatescos o rocosos, lo más recomendable es la formación de cepas individuales con un diámetro de 50 cm, agregando al mismo tiempo materia orgánica en forma de estiércol y fertilizantes (Brom, 1970; CONA FEFF, 1983).

Bautista (1982), menciona que en la región de Milpa Alta no hay una selección del terreno muy rigurosa, ya que por el tipo de suelos y la topografía existente, las nopaleras comúnmente se establecen en laderas y suelos pedregosos, haciéndose necesario en muchos casos la formación de terrazas.

3.9.2 Acondicionamiento del terreno.

Debido a la rusticidad y resistencia del cultivo, su-

chos productores consideran que no es necesario realizar - una adecuada preparación del terreno cuando se va a plantar (Guz, 1982). Pero es bien sabido que un terreno adecuadamente preparado favorece el establecimiento, crecimiento y producción de las plantas (CONAZA-INIF, 1981).

Los pasos a seguir en la preparación del terreno no difieren en nada de la tradicional para otros cultivos, estos serían: subsoleo, barbecho, rastreo y nivelación.

En terrenos con pendiente mediana o fuerte no deberá removerse demasiado el suelo para evitar la erosión de éste (CONAFRUT, 1983).

En Milpa Alta, la preparación del terreno para cultivo generalmente se realiza con junta y con áperos de labranza, cuando se trata de predios de poca extensión (huertas semi-comerciales), o bien utilizan maquinaria cuando la superficie laborable es relativamente grande y plana.

3.9.3 Tratamiento del material vegetativo.

El propágulo o cladodio que formará una nueva planta debe seleccionarse de plantas recias y adultas que tengan aproximadamente de 3 a 5 años de edad, libres de enfermedades y daños por plagas, que además manifiesten mayor vigor o volumen de producción, utilizándose los cladodios de seis meses a dos años de edad o bien de 40 a 50 cm de longitud (SARR, 1979; CONAFRUT, 1983).

Para la elección del material se tomará en cuenta que las condiciones climatológicas y edafológicas, sean lo más semejante posible al sitio donde se piensa establecer la nueva plantación y que éste vaya de acuerdo a las necesidades de producción, ya sea para tuna, verdura o forraje (CONASA-INIF, 1981).

Una vez escogidos los cladodios que reúnan las condiciones necesarias, se cortan aproximadamente 15 ó 20 días antes de realizar la plantación, dejándose secar durante estos días a la sombra para que cicatrizen las heridas y evitar que se deshidraten completamente, impidiendo así que se pudran cuando ya estén en el terreno. El corte puede protegerse con un poco de pasta bordellesa aplicada sobre la región de la herida (García, 1972). En caso de no realizarse la plantación en este período, las pencas pueden durar en buen estado un lapso hasta de dos meses.

El corte de la peca puede realizarse en tres diferentes partes; a 2 cm por encima de la articulación (SAG, - 1969); en la base de la peca, donde se une a la otra (PEQ MAN, 1987), ó se cortan un poco abajo de la coyuntura de la raqueta inferior para que la cicatrización sea más rápida (SARH, 1984).

3.9.4 Época de plantación.

La plantación puede realizarse durante todo el año, pero la época más adecuada es en los meses antes de que se -

inicien las lluvias, según la región donde se establezca ésta. En algunas regiones es de marzo a mayo; en otras, de abril a junio. Algunos investigadores sugieren que se puede realizar durante los meses de agosto y septiembre (sequía intraestival), aunque existe el riesgo de que la planta sufra de sequía en los primeros meses del año siguiente (SARH, 1984). Por otro lado, se ha observado que durante la época de lluvias o con buena humedad en el suelo, las raíces crecen más rápido, aunque hay mayor riesgo de pudriciones (Pimenta, 1986).

3.9.5 Método de plantación.

La plantación se realiza colocando la mitad inferior de la penca en la tierra (Graz, 1982), o bien enterrando un tercio de la penca y orientándola de norte a sur, es decir que las caras quedan a donde sale el sol una, y a donde se mete, la otra (SAG, 1969).

Las pencas se orientan de norte a sur cuando el terreno es plano o con poca pendiente, en caso contrario el trazo de los surcos deberá realizarse en sentido perpendicular a la pendiente.

En las regiones con heladas frecuentes debe tomarse en cuenta la orientación con que se planten las raquetas, procurando que el filo de la penca quede en la dirección que soplan los vientos dominantes (SARH, 1979).

3.9.6 Densidad de plantación.

García (1972) menciona que para la producción de nopales la densidad de población debe ser de 40,000 plantas por hectárea o sea un metro entre surcos, y 25 cm entre plantas dentro del surco.

La Promotora del maguey y del nopal (PROMAN, 1987) recomienda para fines de explotación intensiva: 20,000 plantas por hectárea y las distancias de plantación de 1.25 m entre surcos y 0.40 m entre una planta y otra, mencionando que las ventajas de la densidad de población que recomienda, es porque permiten más libremente el manejo como es la aplicación de abono orgánico, los deshierbos, la cosecha, etc.

En las huertas nopaleras de Milpa Alta la densidad de plantación es variable y depende generalmente de la extensión del terreno, si es muy reducido habrá mayor número de plantas por superficie.

La distancia de plantación en la región son generalmente las siguientes:

Dist. - surcos	Dist. - plantas	Núm. de plantas/ha.
80 cm	20 - 25 cm	62,500 a 50,000
90 cm	25 - 30 cm	55,500 a 44,400
100 cm	25 - 30 cm	40,000 a 33,300
120 cm	30 - 40 cm	27,660 a 20,750

La más recomendable por las experiencias que han tenido los productores, es la de 120 cm entre surcos y 40 cm entre plantas, observando que la planta produce más brazos laterales, de mayor tamaño y vigorosidad, y que entre más ramificaciones presente ésta, desarrolla mayor número de raíces, dándole una buena fijación en el suelo. Por otra parte permite que se realicen mejor las labores de cultivo.

3.10 Fertilización y abonado.

Se ha demostrado claramente la efectividad del uso de los fertilizantes en el desarrollo y producción de las plantas cultivadas debido a que éstas requieren de algunos elementos nutritivos en mayor o menor cantidad, tal es el caso del nopal que a pesar de ser una planta rústica responde bien a la aplicación de fertilizantes químicos o abonos (agotírcol). Aunque se tienen mejores resultados aplicando el simultáneamente los dos, en caso de que no se puedan aplicar ambos, el estiércol es más recomendable (García, 1972).

3.10.1 Fertilización química.

Los fertilizantes químicos que mayor importancia tienen para el nopal son el nitrógeno, fósforo y potasio (FRONAN, 1987); las funciones y deficiencias de cada uno son:

Funciones del nitrógeno:

- Acelera el crecimiento.

- Aumenta la producción de brotes.
- Da un color verde intenso al nopal.

Deficiencias:

- Clorosis, color verde amarillento o claro anaranjado, con raquetitas delgadas.

Funciones del fósforo:

- Estimula la pronta formación de las raíces y su crecimiento.
- Acelera la maduración de los frutos.

Deficiencias:

- Clorosis, pecanías de color verde azulado, con matiz púrpura, la parte inferior de un color bronce claro.
- Madurez y desarrollo lentos.

Funciones del potasio:

- Da vigor y resistencia a las plantas contra enfermedades.
- Mejora la calidad de frutos.
- Disminuye la pérdida de agua en forma de vapor.

Deficiencias:

- Clorosis, las pecanías muestran sus bordes pardos, chamuscos y algunas manchas.

- Desarrollo lento y escaso.

La fertilización de un cultivo, debe partir principalmente del objeto de su producción, follaje o fruto y en el caso del nopal de verdura lo que interesa son los brotes, por lo cual el fertilizante a utilizar debe ser principalmente a base de nitrógeno ya que es el elemento que promueve el crecimiento de pencas y puede utilizarse como fuente el sulfato de amonio o la urea. En el caso del primero pue de emplearse una dosis de 25 a 30 gr/planta, lo que significa ca 1.8 a 2.2 ton/ha, a una densidad de 73,656 plantas/ha, si se trata de urea la dosis debe ser de 12 gr/planta, ya que su concentración es mayor (FRUMAN, 1987). Además se considera que el nitrógeno es el elemento mineral que limita más el desarrollo del nopal en el campo, cuando es deficiente en el suelo (Nobel, citado por Ráizres, 1986). La SARN (1984), recomienda la fórmula 60-40-00 para la producción de nopal ferreaje.

3.10.2 Abonado.

Respecto a la fertilización orgánica, las plantas de nopal reaccionan favorablemente a la aplicación de abono, ya que además este incluso mejora las condiciones físicas y químicas del suelo, y retiene más la humedad.

Ortiz, V. y Ortiz, S. (1980), señalan algunas ventajas y funciones que presenta la materia orgánica en el suelo:

Propiedades físicas:

- 1.- Reduce el impacto de las gotas de lluvia y favorece la infiltración del agua, incrementando la capacidad de retención de ella.
- 2.- Disminuye las pérdidas de agua por erosión, reduciendo la erosión por lluvia y por el viento, proporcionando mayor cantidad de agua aprovechable para el mejor desarrollo de las plantas.
- 3.- Las coberturas orgánicas del suelo disminuyen las pérdidas de agua por evaporación.
- 4.- Disminuye la temperatura del suelo en el verano y conserva al suelo más caliente en el invierno.
- 5.- Favorece la incorporación de los suelos muy sueltos (arenosos) y dispersión de los suelos muy compactos (arcillosos), manteniéndose en estas formas, condiciones favorables de aireación, permeabilidad e infiltración.

Propiedades químicas:

- 1.- La descomposición de la materia orgánica produce sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura desmenuable del suelo.
- 2.- Mejora al suelo sirviendo como depósito o fuente de abastecimiento de elementos nutritivos para el desarrollo de las plantas, liberando estos nutrientes en forma gradual.
- 3.- Los ácidos orgánicos liberados durante la descomposición ayudan a disolver minerales y hacerlos más accesibles -

para las plantas.

- 4.- Ayuda en la capacidad amortiguadora de los suelos al disminuir los cambios químicos rápidos cuando se agregan los fertilizantes y/o caliza.
- 5.- Ayuda a corregir las condiciones tóxicas del suelo causadas por un exceso de fertilizantes químicos o por la presencia de residuos de aspersiones.
- 6.- Posee una habilidad potente, para absorber e retener los componentes de los fertilizantes químicos o nutrientes de los minerales del suelo, haciendo disminuir de esta forma el flujo de movimiento de agua hacia abajo, aumentando la cantidad de elementos nutritivos para la planta.

Propiedades biológicas:

- 1.- La aplicación de materia orgánica fresca suministra alimento para los microorganismos del suelo.
- 2.- Aumenta el contenido y cantidad de microorganismos del suelo.
- 3.- El estiércol fresco impide el desarrollo de malas hierbas durante un período de tiempo.

La importancia del estiércol se cifra no solamente en la cantidad de materia orgánica que contiene, sino también, en los principios nutritivos que encierra para las plantas. Debido a que el estiércol (bovino) está constituido por porcentajes diferentes de elementos minerales importantes en

la nutrición vegetal, siendo común los de 0.50% de nitrógeno, 0.25% de fósforo y 0.50% de potasa. Contiene además cantidades pequeñas de calcio, hierro, manganeso, cobre, zinc, que son requeridos para los cultivos (Tisdale y Nelson, 1982).

PHOMAN (1987), recomienda incorporar el abono orgánico al suelo antes de realizar la plantación de nopal para verdura, para lo cual aconseja la siguiente práctica:

La incorporación de abono orgánico es conveniente que se realice antes del barbecho aplicándose de 18 a 20 carros (7 ton/carro) de estiércol de bovino semiseco por hectárea, es decir, de 126 a 140 toneladas; y al mismo tiempo aprovechar esa práctica para llevar a cabo su desinfección con ETHOPROF (Mocap-10), insecticida-nematicida, a razón de 80 Kg/ha, para el control de huevos de insectos del suelo, nemátodos, ácaros, etc. Una vez que el abono permanece en el terreno por 2 ó 3 años, y que el sistema radicular está bien establecido es recomendable aplicar en la época de lluvias, fertilizantes químicos de fórmulas completas (N-P-K) que nutran y permitan desarrollar a la planta de manera óptima, obteniéndose buena producción, de calidad y en forma permanente durante todo el ciclo productivo.

CONAZA-INIF (1981), recomienda que al mes o a los dos meses de efectuada la plantación debe aplicarse una capa de estiércol de bovino, de un espesor de 3 a 5 cm sobre la hilera de las plantas, lo que equivaldría a 3 ó 4 Kg por planta.

Bautista (1982), menciona que en las huertas nopaleras de Milpa Alta la fertilización orgánica (abonado) es la que generalmente se utiliza y se realiza agregando estiércol de bovino en una elevada cantidad al momento de la plantación y después se agrega cada seis meses o cada año.

Actualmente una hectárea cultivada con nopal para verdura en la región es abonada aproximadamente con 600 a 800 toneladas de estiércol de bovino fresco ó semiseco, equivalente a 60 y 80 carros de 10 toneladas de capacidad respectivamente, lo cual depende de las posibilidades económicas del productor, ya que algunos aplican hasta 100 carros. Esta práctica se realiza cada 2 ó 3 años o bien cuando la materia orgánica ya está muy degradada en el suelo, porque los nopaleros estiman que es la que favorece a la planta en su desarrollo y producción de brotes.

Cuando una nopalera no es abonada durante varios años o varios meses después de la plantación, retarda su desarrollo y producción, además en épocas de sequía la deshidratación es tanta que las pencas se ponen flácidas y de un color verde cenizo.

Respecto a la fertilización química su uso es mínimo, siendo ésta a base de nitrógeno y empleando como fuente el sulfato de amonio, su aplicación es en forma empírica, ya que no se tiene una dosis establecida. Se utiliza en la época de lluvias, aplicándose a cherrillo a un lado de la hilera, aproximadamente en una cantidad de 500 a 800 Kg de fertilizante por hectárea.

Algunos productores aplican fertilizante químico usualmente después del primero o segundo año de haber abonado la la plantación, por un periodo de 3 años antes de la siguiente aplicación de abono al suelo.

3.10.3 Fertilización experimental.

Los estudios que se tienen sobre fertilización química y aplicación de abono orgánico en el cultivo de nopal son hasta el momento escasos, y principalmente enfocados a la producción de tuna. Mientras que los trabajos realizados para la producción de nopalitas son contados y sobre todo efectuados bajo condiciones controladas, en campos experimentales o invernaderos, lo cual proporcionan datos con menor apego a la realidad. Además, no se tiene una dosis establecida ni rangos de aplicación de acuerdo a los factores ambientales imperantes en las zonas de producción.

García (1972), en un trabajo experimental realizado en una plantación de nopal de verdura bajo condiciones de manejo controladas, en el Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, señala que es aconsejable aplicar de 50 a 100 toneladas de estiércol por hectárea y mezclarlo muy bien en los 25 cm superiores del suelo, complementándose con fertilizante químico a una dosis de 120-100-00, dividido en dos aplicaciones, a principios y fines de la temporada de lluvias.

Rodríguez (1986), en un trabajo realizado en el Campo ex

perimental de San Luis Potosí (INIPAP), probando dosis de fertilización y abonado, con y sin riego en Opuntia ficus-indica W. var. Tlaconopal, a una densidad de plantación de 133,200 plantas/ha (0.30 m entre hileras y 0.25 m entre pencas), obtuvo los siguientes resultados:

CUADRO 3. TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN DE NOPAL DE VERDURA (Opuntia ficus-indica, Mill, var. Tlaconopal) EN CONDICIONES DE RIEGO Y TEMPERAL. PALMA DE LA CRUZ. SOLEDAD DÍAZ GUTIÉRREZ, S.L.P., PRIMAVERA - VERANO, 1986.

Tratamiento	Riego	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (kg/ha)	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (kg/ha)	Etiórcol de borra- ción. g. (ton/ha)	Produc- ción. (ton/ha)
30-20-40	con	30	20	40	75.00
30-20-40	sin (t)	30	20	40	34.07
30-40-40	con	30	40	40	53.97
30-40-40	sin (t)	30	40	40	42.44
60-20-40	con	60	20	40	70.82
60-20-40	sin (t)	60	20	40	48.34
60-40-40	con	60	40	40	69.93
60-40-40	sin (t)	60	40	40	40.15
00-00-00	con	00	00	00	57.75
00-00-00	sin (t)	00	00	00	39.12

Se aplicaron 3 riegos, la lámina de riego aplicada en cada fecha fue de 2.5 cm.

Los datos muestran que las dosis que presentaron una mayor productividad fueron: la 30-20-40 en condiciones de riego (75 ton/ha) y la 60-20-40 en temporal (48 ton/ha). - Los de menor rendimiento fueron: 30-40-40 en condiciones de riego (54 ton/ha) y 30-20-40 en temporal (34 ton/ha). Los elementos minerales aplicados (N y P) registraron un mayor grado de respuesta al nitrógeno y menor al fósforo. Además señala que la evaluación global del experimento, reveló que el crecimiento y productividad fue estimado en mayor grado por la aplicación de estiércol y riego, y en menor por la fertilización química.

Otro trabajo al respecto es el efectuado por López y Mejía (1988), estableciendo lotes experimentales con plantas de Opuntia ficus-indica N. var. Italiana, bajo el sistema de explotación intensiva de microtúnel, en Camutilán, Inag III. Las variables estudiadas fueron: tamaño de la peca, profundidad de siembra y abonado. En esta última variable la fuente de estiércol que se empleó fue de bovino, con las siguientes dosis de aplicación:

- a) Sin abono (0 Kg/m^2).
- b) Con 5 cm de espesor equivalente a 25 Kg/m^2 , igual a 8.96 Kg por unidad experimental; ó 280 ton/ha.
- c) Con 10 cm de espesor equivalente a 56 Kg/m^2 , igual a 17.92 Kg por unidad experimental; ó 560 ton/ha.

- d) Con 15 cm de espesor equivalente a 84 Kg/m^2 , igual a 26.68 Kg por unidad experimental; ó 840 ton/ha.

Los resultados que obtuvieron muestran al tratamiento: peca mediana 36 cm, plantada a una profundidad de 37.5% - con un espesor de 5 cm de abono ó 280 ton/ha, como el mejor.

García (1973), citado por Barrientos (1981), inició un experimento en 1970 para estudiar la producción de forraje verde de nopal, utilizando diferentes niveles de fertilización y riego. Los niveles de 200 Kg de nitrógeno y 100 t_q toneladas de estiércol por hectárea, sin riego dieron el rendimiento máximo de 186.96 ton/ha; a los mismos niveles y con riego se obtuvieron sólo 174.98 ton/ha, el testigo produjo en promedio 81.95 ton/ha. Concluyendo que hay respuesta a la aplicación de estiércol, al nitrógeno y al fósforo combinados, y en apariencia no existe ventaja en la aplicación del riego bajo las condiciones del experimento.

3.11 Labores de cultivo.

El nopal es una planta que no requiere de un gran número de labores culturales, pero en plantaciones comerciales es necesario realizar algunas prácticas de cultivo que permitan un mejor desarrollo y producción de la planta. Dentro de éstas, se recomiendan principalmente la poda y el control de malas hierbas.

Las podas que se realizan son tres; la de formación, -

la de saneamiento y la de cosecha, consistiendo las dos primeras en eliminar aquellas pencas que no se localizan en la posición o ángulos adecuados para conformar la estructura de la planta, cortándose aquellos artículos que se encuentran muy juntos y en la base del tallo principal. A la vez se deben eliminar aquellas pencas de escaso vigor, las plagadas o enfermas, para permitir la formación de la planta con un tamaño adecuado y facilitar los cortes (Cruz, 1982; OCMAPHUT, 1983). La poda de formación inicial que generalmente se recomienda hacer, es en dos formas: de orejas de conejo y de raqueta coronada (SABH, 1984). La cosecha o los cortes se consideran como una poda, ya que son los tallos o cladodios tiernos los que se suprimen a la planta, favoreciendo nuevamente a la brotación.

Grajeda (1978) menciona que en la mayoría de las plantas cuando se les practica una poda se favorece con ello una brotación vigorosa de renuevos, con lo cual sugiere que esta práctica manejándola racionalmente puede ser de utilidad para dirigir la producción en plantas como el nepal para verdura, en el cual el objetivo principal de explotación son esos renuevos o brotes tiernos.

Una de las prácticas que se lleva a cabo en la región de Milpa Alta, es que cuando el cultivo ha alcanzado una edad de 7 a 8 años es prácticamente improductivo, por lo que se hace necesario realizar una poda "casi" al ras del suelo (se corta la planta aproximadamente a 30 cm sobre el nivel del suelo), prolongándose con esto la vida productiva de la nupalara por 2 ó 3 años más.

Respecto al control de las malas hierbas falta mucho - por investigar en este campo, ya que no se tiene un herbicida selectivo para este cultivo.

Generalmente se recomienda para efectuar esta práctica, eliminar las malas hierbas manualmente, o bien utilizando el azadón, dependiendo de la distancia entre hileras y de la conformación del terreno (SANN, 1984).

García (1972), recomienda que la aplicación de herbicidas deberá hacerse cuando las malas hierbas son jóvenes, evitando esparjalos sobre los brotes tiernos a fin de evitar daños.

3.12 Plagas y enfermedades.

Las plagas y enfermedades que se presentan son muy diversas y en cuanto a su estudio en México se conoce muy poco. En el caso del Valle de México, las plagas más perjudiciales están localizadas en la región tunera de Teotihuacán y Otumba, mientras que Milpa Alta se encuentra generalmente libre de ellas (García, 1965); lo mismo sucede con las enfermedades, las cuales se presentan en baja escala y con menor incidencia en esta zona, por lo que los daños que causan son mínimos.

Las plagas que se consideran más perjudiciales al cultivo son:

- Picudo barrenador (Ceotophagus quinolas Gyll).

- Picudo de las espinas (Cylindrocopturus biradiatus Champ).
- Chinche gris (Shelinidea tabulata Burn).
- Chinche roja (Hesperolabops galatops Kirk).
- Cochinilla o grana del nopal (Dactylopius indicus Green).

Existen otros insectos que hospedan y/o se alimentan de la planta, pero hasta la fecha, éstos no causan daños cog siderables en la producción de los brotes, entre ellos se encuentran:

- Gusano cebra (Glycella nephelaps Dyar).
- Gusano blanco (Lanifera cyclades Druce).
- Araña roja (Oligonychus spp).

Dentro de las enfermedades del nopal para verdura sola mente se ha reportado como la más perjudicial, pero en forma aislada y reducida, al "Engrosamiento de cladodios." El agente causal de esta enfermedad, es un virus o un micoplasma, hasta la fecha no identificado (Pimiento, 1974).

Se han reportado otras enfermedades que han causado trastornos a las plantas de nopal, pero no son muy comunes en las huertas nopaleras para verdura y hasta el momento no se han reportado daños de consideración (FROMAN, 1987).

Entre estas enfermedades se pueden mencionar las si guientes:

- Mancha o necamiento de la penca (Alternaria sp).

- Mancha bacteriana (Bacterium sp).
- Mancha de la peca y del fruto (Colletotrichum sp).
- Pudrición de la peca (Phoma sp).
- Negrilla o fumaginas (Sclerotium sp).
- Oro del nopal "Hongos, hasta la fecha se desconoce su clasificación taxonómica (FRQ-MAN, 1987)."

3.13 Cosecha.

Esta actividad se realiza durante todo el año. La mayor producción de nopalitos se presenta en la época de mayor temperatura y precipitación pluvial, que desafortunadamente para los productores, es cuando el precio del producto es más bajo, por la oferta excesiva. Durante el invierno la producción es muy baja o nula, pero es en esta época cuando los precios son mejores, los cuales se mantienen hasta la cuarentena, y decrecen al pasar la semana santa (García, 1972; Grajeda, 1978).

Los brotes tiernos (nopalitos) son los que se utilizan como verdura. El mercado acepta brotes de 10 a 20 cm de longitud, pero en ocasiones los prefieren más grandes (García, 1972).

La cosecha se realiza cada semana, de dos formas; una, con la mano torciendo el brote hasta trozarlo; y la otra, con navaja cortando el brote al ras de la peca inferior.

Siendo la más conveniente la segunda, ya que se ha observado que cuando se cosecha con navaja la herida de la penca cicatriza en poco tiempo, mientras que cuando se cosecha a mano si se deja la herida profunda tarda varios días en cicatrizar, o cuando no se corta adecuadamente el brote y queda un residuo en la penca productora, en ocasiones ya no se produce un nuevo brote cercano a ese sitio o éste se produce hasta que aquel seque y se desprenda de la planta, lo cual repercute en la producción.

Los implementos que se utilizan para cosechar el nopal son además del cuchillo o navaja: guantes de cuero, canastos, y para empaquetarse se emplea un cilindro destapado por ambas partes, dentro del cual se van acomodando los nopalitas en forma circular.

En cuanto al rendimiento que se obtiene, éste varía de 70 a 90 toneladas por hectárea al año, dependiendo de las condiciones de manejo y de las condiciones climáticas de cada temporada (CONAZA-ENIF, 1981).

García (1972), plantea que la producción que puede lograrse en una explotación intensiva en túneles de plástico con riego, estiércol y fertilizante químico, puede ser de 5 a 8 toneladas por hectárea, cada semana, durante todo el año en climas templados.

En Milpa Alta, el rendimiento promedio que se obtiene es de 60 toneladas por hectárea al año (SARR, 1986).

Estos datos muestran una alta productividad de la plag

ta, por lo cual requiere de un constante corte de brotes durante todo el año. Bautista (1982), menciona que la mayor producción de nopalitos se realiza en los cladodios más jóvenes, aunque también a menor escala en los más viejos, y en ocasiones hasta en las pencas basales. Asimismo señala que la producción de brotes se realiza no sólo en los bordes de los cladodios, sino también en los arboles de la parte media lo cual da una clara evidencia de la capacidad productiva de esta especie.

En la región de Milpa Alta existen tres períodos de tiempo bien marcados con respecto a la producción, que son:

- 1.- Máxima producción: abril a julio, obteniéndose de 3 a 5 pencas diarias por hectárea.
- 2.- Mediana producción: agosto a octubre, obteniéndose de 1 a 2 pencas diarias por hectárea.
- 3.- Mínima producción: noviembre a marzo, obteniéndose de $1/2$ a $3/4$ de paca diaria por hectárea. En esta época es cuando alcanza su mayor precio en el mercado.

Una paca pesa aproximadamente 400 Kg y se calcula que contiene de 3,000 a 3,500 nopalitos, según el tamaño de éstos.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Descripción de la zona de estudio.

4.1.1 Ubicación.

La Delegación Política de Milpa Alta, se localiza al sureste del Distrito Federal y cuenta con una superficie de 26,863 hectáreas. (Figura 1)

Geográficamente se ubica dentro de las coordenadas 19° 12'00" de latitud norte y 99°00'00" longitud oeste. Presenta una elevación sobre el nivel del mar que fluctúa entre los 2,280 m y los 3,650 m (Deleg. Milpa Alta, 1986).

4.1.2 Características generales.

El antiguo nombre de Milpa Alta fue Malacachtepoc Momogco y su historia data desde 1409. Actualmente está constituida por 11 pueblos y una villa, cabecera de igual nombre (Deleg. Milpa Alta, 1986).

El área agrícola ocupa en la Delegación 10,202.53 ha, que corresponden a un 37.51% de la superficie total. Los principales cultivos son nopal, maíz y avena bajo condiciones de temporal.

Los huertos de nopal se localizan en las faldas del volcán Teuhtli hasta San Pedro Ateopan, continuando por Santa Ana Tlacotenco y cerrando la zona nopalera en San Antonio

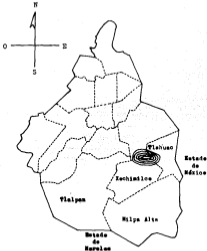


Fig. 1 Ubicación y límites de la Delegación Política de Milpa Alta, en el Distrito Federal.

Tecomitl. Cuenta con una superficie establecida de 3,380 - hectáreas aproximadamente.

Con respecto al sector frutícola, en la zona se cultivan a nivel de traspatio o huerta familiar las siguientes especies: ciruelo, peral, durazno, chabacano, manzano, higuera, capulín, tejocote y algunas cítricas. La producción se destina principalmente al consumo familiar (Deleg. Milpa Alta, 1986).

4.1.3 Condiciones climáticas.

De acuerdo al sistema de clasificación climática de Köppen modificado por Enriqueta García, el clima es un Cwbig, templado subhúmedo con lluvia en verano, verano fresco y largo, temperatura media del mes más caliente menor de 22 °C, isotermal, con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales menor de 5 °C, la temperatura media mensual más alta es antes del solsticio de verano (Sierra et al., 1983).

Presenta una temperatura promedio anual de 15.39 °C, una precipitación media anual de 706.44 mm; la humedad relativa media es de 62.14% y la dirección de los vientos dominantes es de noroeste a sureste, con excepción del invierno en que sopla de sur a norte (Deleg. Milpa Alta, 1986). El cuadro 4 muestra las temperaturas y precipitaciones medias mensuales, durante un período de 18 años.

CUADRO 4 TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES DE LA DELEGACION DE MILPA ALTA, D.F.
(Período 1966 - 1984)

Temperatura media mensual °C

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
12.78	13.6	14.07	17.7	17.89	15.92	15.92	15.96	15.75	15.07	13.65	13.11

Promedio anual: 15.39 °C

Precipitación media mensual (mm)

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
17.56	6.4	14.27	28.45	75.51	129.66	136.02	139.77	95.56	46.91	9.98	7.34

Promedio anual: 706.44 mm

Humedad relativa media: 52.94 %

Fuente: Delegación Milpa Alta, D.F., 1986. Estación meteorológica vertedor Milpa Alta.
Servicio Meteorológico Mexicano.

4.1.4 Condiciones edáficas.

Es una región con terrenos de naturaleza volcánica, - accidentados y ondulados, cuenta con declives bajos y ma- - ves en los que se ubican las principales áreas de cultivo.

Presenta suelos basálticos derivados de rocas volcáni- - cas y en menor proporción riolíticas y andesíticas.

De acuerdo con DETHMEL (1979), los suelos predominan - - tes en la región son del tipo (Hh+Fa/2): a) Pezones háplico (Hh), el cual se caracteriza por presentar una capa superfi- - cial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutrientes, ser susceptibles a la erosión según el tipo de terreno don- - de se encuentra; b) Andosol melico (Fa), caracterizado por estar formado a partir de cenizas volcánicas, presentar una capa superficial de color negro, ser sueltos y muy suscepti- - bles a la erosión. Ambos presentan una clase textural me- - dia en los 30 cm superficiales del suelo.

Presentan una fase física lítica profunda (lecho roco- - so entre 50 y 100 cm de profundidad) con partes gravosas (fragmentos menores de 7.5 cm en la superficie o cerca de ella, que impiden el uso de maquinaria agrícola), en las - - faldas o prolongaciones de los cerros y lomas con pendien- - tes pronunciadas.

4.2 Localización del sitio experimental

El lugar donde se llevó a cabo el trabajo experimental

fue en una huerta comercial ubicada en el poblado de San - Francisco Tecoxpa, el cual se localiza en la porción noreste de la Delegación de Milpa Alta, a una distancia aproximada de 5 Km de la cabecera delegacional. (Figura 2)

La huerta presenta una elevación de 2,310 metros sobre el nivel de mar.

4.2.1 Muestras de suelo.

Antes de iniciar la fase de campo se efectuó un muestreo del suelo, de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm de profundidad, para su análisis físico y químico.

El análisis de suelo se realizó en el Laboratorio central de suelos, aguas agrícolas y plantas del CIFAP-MEXICO, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, en Chapingo, México.

4.3 Diseño experimental.

El diseño experimental empleado fue un factorial completo 3^3 con arreglo combinatorio y una distribución en bloques al azar, con 3 fuentes y 3 niveles (Cuadro 5).

Se establecieron 27 tratamientos con dos repeticiones, para un total de 54 unidades experimentales (Cuadro 1 del apéndice).

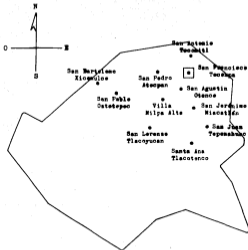


Fig. 2 Localización del sitio experimental en la Delegación de Milpa Alta, D.F.

CUADRO 5. FUENTES Y NIVELES DE FERTILIZANTES EMPLEADOS EN EL EXPERIMENTO.

Fuentes	Niveles
Abono orgánico (Estiércol de bovino semiseco)	0 - 100 - 300 ton/ha
Nitrógeno (Urea) = $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	0 - 50 - 100 kg/ha
Fósforo (Superfosfato de calcio triple) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	0 - 50 - 100 kg/ha

4.4 Parámetros de medición.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para determinar los objetivos planteados fueron:

- Número de brotes: comerciables, no comerciables y totales.
- Peso de los brotes totales.
- Área foliar de las pencas productoras.

4.5 Descripción del experimento.

El trabajo experimental se realizó bajo condiciones de campo, en una superficie de terreno de 360 m^2 . La huerta de 5 años de edad, presentaba una densidad de población de -- 40,000 plantas por hectárea, con una distancia entre hileras

de 1.0 metro y una separación entre plantas de 0.25 m.

Las unidades experimentales establecidas presentaron - cada una un área de 6 m^2 , consistiendo en una hilera de 3 m de largo por 2 m de ancho; la parcela útil fue de 4 m^2 desechando un metro cuadrado para eliminar el efecto de orilla entre tratamientos. (Figura 3 y 4 del apéndice)

Con la finalidad de reducir la variación entre las unidades experimentales, se consideró que todas presentarían el mismo número de pencas productivas, debido a la distribución desuniforme en el terreno por tratarse de plantas adultas - que han tenido diferente desarrollo individual. Se tomaron 15 pencas en producción por parcela que presentaban aproximadamente las mismas dimensiones o área productiva: largo de 30 a 35 cm, ancho de 15 a 17 cm, y grosor de 1.5 a 2.5 cm.

4.6 Desarrollo del experimento.

Para la realización del presente trabajo se requirió - de una plantación de nepal que se encontrara en plena producción y que no hubiera sido abonada anteriormente, lo cual fue difícil de encontrar ya que éste se presenta casi exclusivamente en las plantaciones nuevas.

La aplicación de los tratamientos se realizó el día 17 de julio de 1987, aplicando el fertilizante químico y el abono orgánico en banda, a ambos lados de la hilera en estudio.

Posteriormente se procedió a podar todos los brotes presentes en las parcelas en estudio, con el propósito de que

todas las plantas empezaran su producción en igualdad de condiciones.

4.6.1 Cultivo.

Las prácticas de cultivo que se efectuaron antes y durante el desarrollo del experimento fueron las siguientes: limpieza del terreno, control de plagas, despenque o poda al establecerse el experimento, fertilización química y orgánica, control de malas hierbas y cosechas o cortes.

Respecto a las plagas, no se presentaron daños de considerable, debido a que se le aplicó insecticida a la plantación dos meses antes de empezar el trabajo de campo, para el control de la grana del mopal (Dactilopius indicus) utilizándose Supracid 40 GE, que a la vez sirvió para controlar otros insectos, como fueron: la chinche gris, chinche roja y algunas especies de arañas hospederas del cultivo.

Los deshierbos se realizaron manualmente en forma continua durante el desarrollo del experimento, intensificándose más esta actividad durante los meses de agosto, septiembre y parte de octubre, que es cuando se presenta mayor humedad en el suelo a causa de las lluvias.

4.6.2 Cosecha.

Las cosechas o cortes de los brotes se realizaron semanalmente, cortándose exclusivamente aquellos que tenían el tamaño comercial requerido en el mercado.

Los brotes que presentaban daños naturales, por insectos o mecánicos también se tomaron en cuenta, con el propósito de distinguir la cantidad de nopalitos no comerciables y comerciables producidos por las plantas. El peso de los brotes se obtuvo para el total de nopalitos.

Algunos cortes se efectuaron cada dos o tres semanas, ya que en ciertas fechas no hubo producción debido a las condiciones climáticas adversas que se presentaron. Tal es el caso del corte 22, efectuado el día 31 de enero de 1988, en el cual debido a la presencia de heladas los brotes se dañaron (quemaron) casi en su totalidad.

Un total de 28 cortes fueron realizados durante el período de evaluación, iniciando el 25 de agosto de 1987 y finalizando el 9 de abril de 1988.

4.7 Análisis estadístico.

El análisis de la información recopilada comprendió, - el análisis de varianza, la prueba de significancia entre medias de los tratamientos y el cálculo del coeficiente de correlación entre los parámetros en estudio (para el área foliar y número de nopalitos).

Se realizó el análisis de varianza global para el número total de brotes producidos y para el peso de los mismos (rendimiento), por ser lo más indicado para evaluar los objetivos planteados.

Por otra parte se procedió a un análisis de varianza para cada parámetro estudiado por cada 7 cortes, dividiendo en 4 etapas el número total de cortes, siendo éstos del 1 al 7, del 1 al 14, del 1 al 21 y del 1 al 28. Esto con el propósito de observar durante el transcurso en que se llevó a cabo el experimento, si en algunas etapas fue mayor o menor el efecto de los tratamientos.

La prueba de comparación entre medias de los tratamientos se realizó por el método de Tuckey.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Análisis de suelo.

En los cuadros 6 y 7 se muestran los resultados obtenidos del análisis físico y químico respectivamente de las muestras de suelo del sitio experimental.

En el cuadro 6 se observa que las muestras se caracterizan por presentar en estado seco, los colores gris obscuro (10 YR 4/1) y en estado húmedo los colores gris muy obscuro (10 YR 3/1) para ambos estratos. La textura del suelo es elujón arenosa.

En el cuadro 7 los valores principales presentaron las siguientes características químicas:

- El pH del suelo varía de ligeramente alcalino (7.5) a neutro (6.8).
- El contenido de materia orgánica (M.O) varía de pobre (1.10) a mediano (2.01).
- El contenido de nitrógeno total es rico (0.168) y medianamente rico (0.108).
- El contenido de fósforo asimilable es adecuado.
- El potasio, calcio y magnesio intercambiables, se encuentran en cantidades adecuadas.

Huestra	Profundidad en cm	Color en seco (Escala)	Color en húmedo (Escala)	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clasificación de Textura
M-1 Compuesta	0 - 60	10 YR 4/1	10 YR 3/1	66	23	11	Higajón Arenoso
M-2 Compuesta	30 - 60	10 YR 4/1	10 YR 3/1	63	24	13	Higajón Arenoso

CUADRO 7 ANALISIS QUIMICO DEL SUELO

Muestra	Profundidad en cm	pH	% Materia orgánica (Walkley-Black)	% Nitrógeno Total (Kjeldahl A.O.A.C)	Fósforo ppm Olsen	Potasio Interc. ppm	Calcio Interc. ppm	Magnesio Interc. ppm	CO ₂ Solubles en HCl caliente
M-1 Compuesta	0 - 30	7.5	2.01	0.168	109.89	158	1,475	265	-
M-2 Compuesta	30 - 60	6.8	1.10	0.106	36.67	135	1,450	255	-

No se presentan problemas de sales solubles ni de carbonatos alcalinotérreos (Cuadro 2 del apéndice).

Respecto al contenido de micronutrientes, el fierro, - cobre, manganeso y zinc se encuentran en cantidades adecuadas (Cuadro 3 del apéndice).

Se puede considerar al suelo de la región con adecuadas características para su cultivo, sin limitantes críticos.

5.2 Análisis de los resultados.

Se presenta el análisis de varianza global de cada uno de los parámetros de medición estudiados, además se incluyen los resultados obtenidos en el análisis de varianza de cada una de las etapas en que se dividió la cantidad total de cogtes, para ambos parámetros. Los resultados se presentan en los cuadros 8 y 10, y en los 4A al 9A del apéndice.

5.2.1 Número total de brotes producidos.

Se observó que no existe diferencia significativa entre tratamientos, ni entre bloques. Asimismo no existió para las fuentes empleadas tanto independientemente como interaccionando entre sí, debido a que los valores obtenidos para la F calculada son menores que la F de tablas a una probabilidad de 0.05% (cuadro 8), esto se verificó al realizar la prueba de Tuckey con un alpha del 0.05 y 0.10%, resultando estadísticamente iguales todos los promedios obtenidos.

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO TOTAL DE NOPALITOS PRODUCIDOS.

Factor de variación	G.L	S.O	G.M	Fc	Ft	
					0.05	
Bloques	1	1.85	1.85	0.002	NS	4.23
Tratamientos	26	11 946.81	459.49	0.61	NS	1.93
Mat. orgánica	2	200.26	100.13	0.13	NS	3.37
Nitrógeno	2	1 688.93	844.46	1.12	NS	3.37
Fósforo	2	1 388.81	699.40	0.89	NS	3.37
M.O I N	4	575.96	143.99	0.19	NS	2.74
M.O I P	4	1 593.07	398.26	0.53	NS	2.74
N I P	4	3 322.41	830.60	1.10	NS	2.74
M.O I N I P	8	3 227.37	403.42	0.54	NS	2.32
Error	26	18 856.15	722.24			
Total	53	30 804.81				

NS = No significativo

G.V = 27.73%

Por lo tanto se deduce que las fuentes y dosis de fertilización empleadas no tuvieron efecto en la producción del cultivo, ya que al comparar todos los tratamientos entre sí y con respecto al testigo, éstos fueron estadísticamente semejantes. Esto pudo deberse a las características físicas y químicas que presenta el suelo, ya que éste se encuentra adecuadamente abastecido en nutrientes minerales, el pH es favorable para el desarrollo del cultivo y el contenido de materia orgánica es bueno, por consiguiente no fue posible obtener una respuesta positiva del cultivo a los tratamientos estudiados. A la vez estas condiciones influyeron para que el tratamiento testigo estuviera en condiciones semejantes a los demás tratamientos.

El coeficiente de variación fue de 27.75% el cual es elevado, esto se debió a que el error experimental también fue elevado en comparación con los otros factores de variación. Una de las causas por las cuales se pudo dar esta variabilidad fue por el número mínimo de repeticiones y por el número alto de factores y niveles estudiados. Al respecto Cochran y Cox (1965), mencionan que conforme aumenta el número de combinaciones de tratamientos en un experimento, el error estándar por unidad también aumenta. Por lo tanto, este error es más probable que sea más alto para un experimento factorial grande, que para un experimento similar con un solo factor. Asimismo, Hayes (1980) señala que cuanto mayor sea el número de repeticiones, aumenta la precisión del experimento y habrá mayor probabilidad de obtener resultados que se acercan a la realidad.

Por otra parte los resultados obtenidos en campo fueron contrastantes a la respuesta que se esperaba del cultivo, en donde algunos tratamientos que presentaban mayores dosis de fertilización química y orgánica obtuvieron menos producción de nopalitos que el testigo. Esto se debió probablemente a las condiciones ya mencionadas que presentaba el suelo, así como a la alta heterogeneidad en el desarrollo de las plantas, presentes en la huerta comercial. Los valores obtenidos se observan en el cuadro 9.

Respecto a los brotes no comerciables los valores obtenidos fueron considerables "1,006" (18.85%) en comparación a los brotes comerciables "4,332" (cuadros 10 y 11 del apéndice), originados principalmente por las condiciones climáticas adversas que se presentan en la zona durante el otoño-invierno, como son: lluvias intensas, bajas temperaturas y heladas, que afectan en forma general a la planta y a la producción de brotes. Como sucedió en el corte 22 (31 de enero de 1988) en donde todos los brotes existentes se quemaron debido a la presencia de heladas, contabilizándose éstos como no comerciables, lo cual provocó una merma en el rendimiento de los tratamientos, debido a que en éste corte hubo el mayor número de brotes producidos, como se observa en el cuadro 11 del apéndice. Además, otros brotes que se consideran como no comerciables fueron los que presentaban daños por insectos que hospedaban en las plantas de nopal, principalmente arácnidos, así como los que engrosaron demasiado y no presentaron el tamaño requerido.

CUADRO 9. NÚMERO DE NOPALITOS COMERCIALIZABLES Y NO COMERCIALIZABLES PRODUCIDOS DURANTE SIETE MESSES, EN OTOÑO-INVIERNO, EN SAN FRANCISCO TECOXPA, MILPA ALTA, D.F. (1987 - 1988).

M.C	Tratamientos Dosis/ha		Nopalitos comercializables	Nopalitos no comercializables	Nopalitos totales
	N Ton	P Kg			
100	-	0 - 0	202	55	257
300	-	120 - 0	210	37	247
100	-	120 - 0	200	40	240
0	-	0 - 0	192	40	232
100	-	0 - 100	180	47	227
0	-	120 - 0	171	50	221
0	-	60 - 50	191	29	220
300	-	120 - 50	195	22	217
100	-	120 - 50	172	45	217
300	-	0 - 100	171	40	211
100	-	60 - 100	161	50	211
300	-	60 - 50	178	28	206
0	-	120 - 50	166	33	199
300	-	0 - 50	169	34	199
300	-	60 - 0	157	38	195
0	-	120 - 100	154	34	188
300	-	0 - 0	150	37	187
300	-	60 - 100	141	41	182
300	-	120 - 100	140	42	182
0	-	0 - 100	150	31	181
0	-	60 - 0	123	50	173
100	-	120 - 100	140	32	172
0	-	0 - 50	141	30	171
0	-	60 - 100	117	41	158
100	-	60 - 0	124	30	154
100	-	0 - 50	126	21	147
100	-	60 - 50	115	29	144
TOTAL			4,332	1,006	5,338

5.2.2 Peso de brotes producidos.

Al igual que en la variable anterior no se presentó diferencia significativa entre los tratamientos utilizados, tampoco la hubo entre los bloques, ni entre las fuentes empleadas en forma independiente como interaccionando entre sí. Observar el cuadro 10.

Esta situación desde el punto de vista agrónomico indica que no es recomendable agregar grandes cantidades de estiércol, ni aplicar dosis altas de fertilizantes al suelo, debido a las propiedades físicas y químicas que presenta.

Respecto al coeficiente de variación que fue de 30.26% también es elevado, comparándola con otros trabajos similares como el de López y Mejía (1988), en donde obtuvieron un C.V de 26.31%, o como el de Ramírez (1986), donde el C.V que obtuvo para el análisis de varianzas de cada corte (siendo estos 9), fluctuarán entre el 30 y 155%, puede considerarse que el coeficiente de variación para estos dos pa rámetros estudiados se encuentra dentro del rango de variación para este cultivo. Además, esta especie por su ciclo de vida, desarrollo y comportamiento, se considera como un frutal, el cual Reyes (1980) plantea que la variabilidad que presentan los frutales es alta, fluctuando el C.V entre: 24% cuando se trabaja con 8 individuos, 26% cuando se trabaja con 4 individuos y 41% cuando sólo se tiene un individuo por unidad experimental. En este caso se trabajó con 8 a 10 plantas por unidad experimental.

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE NOPALITOS.

Factor de variación	G.L	S.C	C.M	F _o	F _t 0,05	
Bloques	1	1.730	1.730	0.30	NS	4.23
Tratamientos	26	92.366	3.552	0.63	NS	1.93
Mat. orgánica	2	3.216	1.608	0.28	NS	3.37
Nitrógeno	2	13.449	6.724	1.87	NS	3.37
Fósforo	2	5.445	2.722	0.48	NS	3.37
M.O X N	4	4.365	1.091	0.19	NS	2.74
M.O X P	4	11.739	2.935	0.52	NS	2.74
N X P	4	23.309	5.827	1.03	NS	2.74
M.O X N X P	8	30.841	3.855	0.68	NS	2.32
Error	26	147.399	5.669			
Total	53	241.494				

NS = No significativo

C.V = 30.26%

Los resultados obtenidos del coeficiente de variación posiblemente se deban a la heterogeneidad de las plantas en su desarrollo, en condiciones de campo, a pesar de que se eligió una huerta más o menos uniforme en cuanto a densidad, edad y tamaño de la planta.

En el cuadro 11 se muestran los valores obtenidos en campo, y puede observarse que el tratamiento (100-0-0), es el que ocupa el primer sitio en lo que respecta al rendimiento por hectárea, con una estimación de 25,450 kilogramos, siguiéndole sucesivamente los tratamientos 100-120-0 con 25,070 kg, 300-120-0 con 24,075 kg y el testigo (0-0-0) con 24,045 kg; haciéndose notar que estos mismos tratamientos presentan una ubicación casi semejante a los primeros cuatro tratamientos de la variable anterior, y que se com- prueba con un coeficiente de correlación de $r = 0.96$ entre estos dos parámetros.

Esto se debe a que el crecimiento y desarrollo de los brotes es variable, por lo que algunos presentaron mayor tamaño y grosor que otros, repercutiendo en el peso total o rendimiento por unidad de superficie.

Las diferencias que se presentan entre los cuatro primeros tratamientos y los que restan es muy marcada, debido a que el rendimiento fluctúa entre 14 a 25 toneladas por hectárea (Figura 5 del apéndice), lo cual es una cantidad elevada desde el punto de vista productivo y económico. Estos valores obtenidos son poco confiables como para indicar cual o cuales fueron los mejores tratamientos que se obtuvieron, de

CUADRO 11. RENDIMIENTO DE NOPALITOS (Kg/ha) PRODUCIDO DURANTE SIETE MESES, EN OCHO-O INVIERNO, EN SAN FRANCISCO TECOIPA, MILPA ALTA, D.F. (1987 - 1988).

Tratamientos Dosis/ha			Repeticiones		Rendimiento promedio
M.O Ton	N Kg	P Kg	I	II	
100 - 0 - 0			27 325	23 563	25 444
100 - 120 - 0			31 025	19 113	25 069
300 - 120 - 0			22 863	25 288	24 075
0 - 0 - 0			21 150	26 938	24 044
0 - 60 - 50			29 725	15 800	22 762
100 - 0 - 100			19 250	25 113	22 181
300 - 60 - 50			17 250	26 663	21 956
300 - 120 - 50			24 975	18 888	21 931
100 - 120 - 50			26 188	16 938	21 563
300 - 0 - 100			23 588	19 200	21 394
100 - 60 - 100			25 500	16 125	20 812
300 - 0 - 50			21 313	19 800	20 556
0 - 120 - 100			13 275	26 838	20 056
0 - 120 - 50			12 988	27 113	20 050
0 - 120 - 0			23 738	16 325	20 031
300 - 60 - 0			13 975	25 730	19 862
300 - 0 - 0			15 150	21 663	18 406
300 - 60 - 100			20 388	15 613	18 000
300 - 120 - 100			13 100	22 575	17 837
0 - 0 - 50			15 138	20 513	17 825
0 - 0 - 100			22 875	11 475	17 175
100 - 120 - 100			13 475	19 925	16 700
100 - 0 - 50			14 113	16 525	15 319
100 - 60 - 50			14 700	15 213	14 956
0 - 60 - 0			16 000	13 000	14 500
100 - 60 - 0			8 375	20 400	14 387
0 - 60 - 100			11 538	16 788	14 163

bido a que la respuesta del cultivo posiblemente no estuvo muy sujeta o influenciada por las fuentes y dosis de fertilización empleadas, sino probablemente estuvo más influenciada por las condiciones climáticas de la zona y por las características edáficas que presentó el sitio experimental.

En el cuadro 12 del apéndice se presentan los rendimientos por parcela experimental obtenidos por corte, para los tratamientos probados.

5.2.3 Área foliar.

Solamente se calculó el coeficiente de correlación de esta variable con respecto al número total de nopalitos producidos, para determinar el grado de relación entre ambas (Cuadro 12) del apéndice).

En el cuadro 12 se muestra el resultado obtenido del coeficiente de correlación (r) entre ambos parámetros, al nivel del 5% y 1% de significancia.

CUADRO 12. COEFICIENTE DE CORRELACION (r) ENTRE AREA FOLIAR Y NUMERO TOTAL DE NOPALITOS PRODUCIDOS.

Variables	Número de nopalitos	0.05	0.01
		Área foliar	0.485*	0.381	0.487

* Significativo

Se observa una correlación significativa entre el área foliar y el número de nopalitos producidos.

Este resultado indica que existe relación directa entre los brotes producidos y la superficie de la penca, por lo tanto el tamaño de ésta puede determinar una alta o baja producción de nopalitos, debido a que es el órgano en donde se producen los brotes y se considera como la parte foliar de la planta, ya que las hojas solamente se presentan cuando las pencas o tallos son tiernos, además los cladodios funcionan como el órgano fotosintético de la planta (Bravo, 1978). Por otra parte, como los brotes nacen de las aréolas que se agrupan en regiones espaciadas de la superficie caulinar (Ochoterena, 1922; Bravo, 1978), se deduce que a mayor tamaño de la penca o cladodio mayor número de aréolas y probablemente mayor número de brotes, lo cual indica que independientemente de los factores externos de la planta, sus características morfológicas y genéticas influyen en la producción.

5.3 Discusión general.

Con base en los resultados obtenidos se puede inferir que las fuentes y dosis de fertilización empleadas no causaron efecto en la producción de nopalitos. Por lo que no es conveniente agregar elevadas cantidades de estiércol, ni aplicar dosis altas de fertilizantes en esta época del año, ya que los elementos nutricionales que estos proporcionan aparentemente, no son aprovechados totalmente por las plantas. Al respecto, Ortiz y Ortiz (1980) mencionan que la ma-

teria orgánica ayuda en la capacidad amortiguadora de los suelos atenuando los cambios químicos rápidos cuando se agragan los fertilizantes. Sin embargo en Milpa Alta el estiércol no se incorpora a la capa superficial del suelo sino que solamente se deposita en la superficie, provocando con ésto que el abono se descomponga en un tiempo más prolongado y pierda un porcentaje elevado de nitrógeno amoniacal por volatilización, no estando exentos de estas pérdidas los demás nutrientes, que se convierten en formas insolubles e inaprovechables si las plantas no los usan antes (Teuscher y Adlai, 1976).

Por otra parte observando cuidadosamente los valores que se obtuvieron en la F calculada del análisis de varianza para el número de brotes totales y peso de los brotes, el nitrógeno fue el que presentó una respuesta ligeramente superior a los otros factores de variación, infiriendo que este elemento mineral tuvo una mayor tendencia en la producción del cultivo, mientras que el fósforo fue el elemento que presentó una tendencia negativa (Figura 6 y 7 del apéndice). Indicando que el nopal es una planta que responde a la aplicación de fertilizante químico, principalmente a base de nitrógeno (García, 1972), aunque no se muestre claramente en este trabajo. Además, se considera que el nitrógeno es el nutriente que más favorece al desarrollo del nopal en campo (Nobel, citado por Ramírez, 1986).

En lo referente al fósforo, a pesar de que se encuentra en buenas proporciones asimilables, el poder de fijación de

este elemento en muchos suelos es tan grande que la aprovechabilidad es uno de los problemas más difíciles en el manejo del suelo y de los cultivos. En adición, cuando una forma de fósforo relativamente soluble como el "superfosfato", se agrega al suelo, se combina con varios constituyentes propios de éste para formar nuevos compuestos, algunos son de muy bajo grado de aprovechabilidad para las plantas, incluso bajo las condiciones más ventajosas (Ortiz y Ortiz, 1980).

Al parecer, la producción obtenida estuvo influida en gran parte por las condiciones climáticas de la región. Los excesos de humedad en las primeras semanas de evaluación del trabajo experimental afectaron de tal forma que cuando se presentaron las lluvias acompañadas de bajas temperaturas se inhibió el desarrollo de la planta y se retardó la brotación, lo cual puede deberse a que el nopal es una planta xerófila con características morfológicas adaptadas a climas áridos (Ochoterena, 1982; Bravo, 1978), por lo que no requiere de grandes cantidades de agua (Benavente, 1982). Adicionalmente, las temperaturas mínimas de hasta 10 °C cuando son prolongadas, afectan al cultivo, sobre todo si son plántulos jóvenes (Braz, 1970; CONAFEST, 1978).

La figura 8 del apéndice, muestra que se puede deducir o inferir las variaciones mensuales en la producción de nopales, durante otoño-invierno, influida por las condiciones climáticas de la región. Los datos de temperatura y precipitación graficados son los mismos que aparecen en el cuadro 4.

Los objetivos planteados se cumplieron parcialmente, ya que no fue posible determinar la dosis óptima económica de fertilización química-orgánica para la producción del cultivo. Los resultados obtenidos demostraron que la hipótesis propuesta fue negativa o nula, y que no hubo efecto directo de los fertilizantes y la materia orgánica en la brotación, para esta época del año.

6. CONCLUSIONES

- 1.- No fue posible determinar la mejor dosis de fertilización que reduzca los costos de producción en esta práctica del cultivo, durante la época de otoño-invierno.
- 2.- No se tuvo respuesta a la aplicación de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, para la producción de brotes durante la época de otoño-invierno. Al parecer la producción de brotes estuvo determinada más directamente por las condiciones ambientales de la región, como temperatura, precipitación y características del suelo.
- 3.- Basándose en el análisis de las muestras de suelo del sitio experimental y en los resultados obtenidos, es posible inferir que los terrenos laborables de Milpa Alta (que se encuentran cultivados con huertas nopaleras y que generalmente han sido sometidos a la aplicación de grandes cantidades de estiércol), están bien abastecidos de materia orgánica, elementos minerales primarios, secundarios y micronutrientes, por lo que no es conveniente agregar enormes cantidades de abono.

7. BIBLIOGRAFIA

- Andrino. 1983. Nopal tunero alternativa para las zonas áridas. *Agrociencia* 13(8): 57-58.
- Aquino Pérez, G. y B. Figueroa Sandoval. 1987. Efecto del fotoperíodo y termoperíodo en la brotación de dos especies de nopal silvestre (*Opuntia* spp). En el Centro Regional de Zacatecas, Colegio de Postgraduados. 2a. Reunión nacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. Junio 15 al 20. México.
- Barrientos Pérez, F. 1981. El nopal (*Opuntia* spp) en mejoramiento y utilización en México. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.
- Bautista Castañón, M. 1982. Los agroecosistemas nopaleros del Valle de México. Tesis Profesional. Chapingo. México.
- Bedoya Neza, M. 1984. Las zonas áridas de México y algunos de sus recursos vegetales. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México.
- Blanco Macías, G. 1966. El nopal como forraje para el ganado en zonas áridas. *El Campo*. XLIII(887): 34-35.
- Bravo Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. 2a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Brom Rojas, F. 1970. El nopal. CONAFRUT. SAG. México.
- Cochran, G.W. y Cox, M.G. 1965. Diseños experimentales. 1a. ed. Trillas. México. pp. 177-205.
- Celunga García, M.S.F. 1984. Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de *Opuntia* spp en el Bajío Guanajuatense. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.

- CONAFRUT. 1983. Generalidades sobre el cultivo del nopal. México.
- CONAZA-INIF. 1981. El nopal. Comisión Nacional de Zonas Áridas. SARH. Publicación No. 34. México.
- Crus Hernández, R. 1982. Guía para cultivar nopal tunero en el estado de Puebla. SARH-INIA. Folleto Técnico No. 4. México.
- Delegación Milpa Alta, D.F. 1986. Cultivo y aprovechamiento del nopal en Milpa Alta, D.F. Subdelegación de Desarrollo Rural. México.
- _____, D.F. 1986. Aspectos geográficos de la Delegación Política de Milpa Alta, D.F. Subdelegación de Desarrollo Rural. México.
- DESEAL. 1979. Cartas: climática y edafológica. Milpa Alta B-14-A-49. Dirección General de Estudios del Territorio Nacional. SEP. México.
- Flores Manéndez, J.A. 1983. Bionotología animal. 3a. ed. Limusa. México. pp. 565-569.
- García Magoral, T. 1965. Problemas entomológicos del nopal en el Valle de México. Tesis Profesional. ENA., Chapingo. México.
- García Velázquez, A. 1972. Cultivo nopal de verdura. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.
- Grajeda Gómez, J.E. 1978. Influencia de la poda sobre la producción intensiva de nopal verdura (*Opuntia spp*) y su relación con la PAN. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.
- Hernández Rivera, L. 1974. Distribución del sistema radical del nopal (*Opuntia polyacantha*, Tenore). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México.

- López Mendoza, L.G. y Mejía Lara, F. 1988. Respuesta a la brotación del nopal de verdura (Opuntia ficus-indica) bajo el sistema de explotación intensivo de microtúneles en Cuautitlán Izcalli. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. México.
- Ochoaterans, Isaac. 1932. Las cactáceas de México. Escuela Nacional Preparatoria. Ed. Cultura. México.
- Ortiz Villanueva, B. y Ortiz Solorio, G.A. 1980. Etiología. 3a. ed. Universidad Autónoma de Chapingo, - Chapingo. México. pp. 103-115.
- Pinzenta Barrios, E. 1974. Estudio de las causas que producen engrosamiento de cladodios en nopal (Opuntia spp.), en la zona de Chapingo, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. ENA., Chapingo. México.
-
- _____, E. 1986. Establecimiento y manejo de - plantaciones de nopal tunero en Zacatecas. SARH - INIFAP. Publicación especial No. 5. Calera Victor Rosales, Zacatecas. México.
- Promotora del maguey y del nopal (PROMAN). 1987. El cultivo del nopal. Memoria del curso impartido del 25 de mayo al 8 de junio. Atapusco, Ed. de México. México.
- Ramírez Valadez, G.H. 1987. Respuesta a la fertilización química-orgánica del nopal de verdura (Opuntia ficus-indica var. Tlaconopal) en condiciones de riego y temporal. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. S.L.P.
- Royes Castañeda, P. 1981. Diseño de experimentos aplicados. 1a. reimposición. Trillas. México. pp. 61-80 y - 257-269.
- Ruiz Cronox, M. 1979. Tratado elemental de botánica. 15va. ed. ECLALSA. México. pp. 649-652.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA 179

- Russel, G.E. and Felker, P. 1987. The Prickly-pear (*Opuntia* spp., Cactaceae): A Source of Human and Animal Food in Semiarid Regions. Economic Botany. 41 (3): 433-445.
- SAG. 1969. Cultivo y aprovechamiento del nopal. Depto. de extensión agrícola. Chapingo. México.
- Sánchez Mejorada, R.H. 1982. Algunos usos prehispánicos de las cactáceas entre los indígenas de México. CODAGEM. México.
- Sánchez Sánchez, O. 1980. La flora del Valle de México. Ga. ed. Herrero. México. pp. 265-268.
- SARN. 1988. Anuario estadístico de la producción agrícola nacional 1985. Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial. México.
- _____. 1979. Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal en el estado de México. CODAGEM. México.
- _____. 1984. El cultivo del nopal una alternativa económica en suelos áridos y semiáridos. DGDUT. México.
- _____. 1986. Información básica sobre el cultivo de nopal para verdura. Delegación en el D.F. México.
- Sierra, M.E.; García, M.F.; García, R.A. y Vargas, M. 1983. Los climas en las entidades federativas del D.F., Nayarit y San Luis Potosí. Anuario de geografía. UNAM. México.
- Tauscher, H. y Adlef, E. 1976. El suelo y su fertilidad. 3a. impresión. CMOA. México.
- Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. 1982. Fertilidad de suelos y fertilizantes. Ed. Utah. México.
- Villarreal Alfonso. 1950. El nopal como forraje para el ganado. 1er. Simposio de investigación agrícola en México. SAC - ENA. Chapingo. México.

B. A P P E N D I X

CUADRO 1A. LISTA DE TRATAMIENTOS EMPLEADOS EN EL EXPERIMENTO.

No. Trat.	Abono orgánico Ton/ha	Nitrógeno Kg/ha	Fósforo Kg/ha	Unidad experimental
1	300	120	100	18 - 39
2	300	120	50	1 - 35
3	300	120	0	22 - 51
4	300	60	100	20 - 33
5	300	60	50	19 - 42
6	300	60	0	15 - 52
7	300	0	100	14 - 54
8	300	0	50	9 - 46
9	300	0	0	26 - 37
10	100	120	100	17 - 34
11	100	120	50	12 - 41
12	100	120	0	6 - 31
13	100	60	100	5 - 28
14	100	60	50	16 - 32
15	100	60	0	13 - 49
16	100	0	100	11 - 50
17	100	0	50	8 - 44
18	100	0	0	4 - 40
19	0	120	100	23 - 38
20	0	120	50	24 - 47
21	0	120	0	3 - 30
22	0	60	100	21 - 36
23	0	60	50	2 - 29
24	0	60	0	10 - 43
25	0	0	100	7 - 45
26	0	0	50	27 - 48
27*	0	0	0	25 - 53

* Testigo

Parcela experimental 6 m²

Parcela util 4 m²

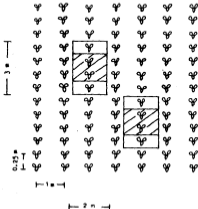


Fig. 3 A Descripción de la parcela experimental.

CUADRO 2A. ANALISIS DE SALES SOLUBLES
EN EXTRACTOS DE SATURACION

Muestra	% Saturación	Conduc. Eléctrica C.R. ; mhos/cm	pH
M - 1	43	1.68	7.40
M - 2	40	1.20	6.70

CUADRO 3A. ELEMENTOS MENORES EN ppm

Muestra	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Cobre (Cu)	Zinc (Zn)	Boro (B)
M - 1	25.43	1.00	0.58	6.60	-
M - 2	27.62	0.82	0.89	5.65	-

CUADRO 4A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO TOTAL DE NÓPALITOS PRODUCIDOS, DEL 1^o AL 7^o CORTE.

Factor de variación	G.L	S.C	C.M	F _o	F _t	P _t 0.05
Bloques	1	54.00	54.00	0.50	NS	4.23
Tratamientos	26	1 960.33	75.40	0.70	NS	1.93
Mat. orgánica	2	147.00	73.50	0.68	NS	3.37
Nitrógeno	2	300.78	150.39	1.39	NS	3.37
Fósforo	2	2.78	1.39	0.01	NS	3.37
M.O X N	4	155.89	38.98	0.36	NS	2.74
M.O X P	4	151.89	37.98	0.35	NS	2.74
N X P	4	996.78	149.19	1.37	NS	2.74
M.O X N X P	8	605.22	75.65	0.70	NS	2.32
Error	26	2 821.00	108.50			
Total	53	4 835.33				

NS = No significativo

C.V = 35.64%

CUADRO 5A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO TOTAL DE NOPALITOS PRODUCIDOS, DEL 1^o AL 14^o CORTE.

Factor de variación	G.L	S.C	G.M	F _o	F _c	F _t 0.05
Bloques	1	232.30	232.30	1.69	NS	4.23
Tratamientos	26	2 992.70	115.10	0.83	NS	1.93
Mut. orgánica	2	163.59	81.80	0.59	NS	3.37
Nitrógeno	2	318.04	159.19	1.15	NS	3.37
Fósforo	2	7.26	3.63	0.03	NS	3.37
M.O X N	4	321.41	80.35	0.58	NS	2.74
M.O X P	4	400.85	100.21	0.73	NS	2.74
N X P	4	930.07	232.52	1.69	NS	2.74
M.O X N X P	8	851.48	106.44	0.77	NS	2.32
Error	26	3 582.70	137.80			
Total	53	6 807.70				

NS = No significativo

G.V = 34.60%

CUADRO 5A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL NUMERO TOTAL DE MOPALITOS PRODUCIDOS, DEL 1^o AL 21^o CORTE.

Factor de variación	G.L	S.C	G.M	Fo	Ft	C.O.S
Bloques	1	121.50	121.50	0.49	NS	4.23
Tratamientos	26	3 952.93	152.04	0.61	NS	1.93
Mat. orgánica	2	240.15	120.07	0.48	NS	3.37
Nitrógeno	2	331.70	165.85	0.66	NS	3.37
Fósforo	2	37.37	18.69	0.07	NS	3.37
M.O X N	4	360.74	90.19	0.36	NS	2.74
M.O X P	4	558.41	139.60	0.56	NS	2.74
N X P	4	1 352.85	338.21	1.36	NS	2.74
M.O X N X P	8	1 071.70	133.96	0.54	NS	2.32
Error	26	6 479.00	249.19			
Total	53	10 553.43				

NS = No significativo

C.V = 38.94%

CUADRO 7A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE NOPALITOS, DEL 1^o AL 7^o CONTE.

Factor de variación	G.L	S.C	C.M	F _o	F _c	Pt
Bloques	1	0.10	0.10	0.09	NS	4.23
Tratamientos	26	18.89	0.72	0.70	NS	1.93
Mat. orgánica	2	1.11	0.55	0.54	NS	3.37
Nitrógeno	2	2.48	1.24	1.21	NS	3.37
Fósforo	2	0.25	0.12	0.12	NS	3.37
M.O X N	4	1.78	0.44	0.43	NS	2.74
M.O X P	4	1.38	0.34	0.33	NS	2.74
N X P	4	2.28	0.57	0.55	NS	2.74
M.O X N X P	8	9.61	1.20	1.17	NS	2.32
Error	26	26.59	1.02			
Total	53	45.58				

NS = No significativo

C.V = 33.94%

CUADRO 8A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE NOPALITOS, DEL 1^o AL 14^o COSTE.

Factor de variación	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft	
					0.05	
Bloques	1	0.22	0.22	0.11	NS	4.23
Tratamientos	26	24.05	0.92	0.49	NS	1.93
Mat. orgánica	2	1.18	0.59	0.31	NS	3.37
Nitrógeno	2	3.33	1.66	0.88	NS	3.37
Fósforo	2	0.22	0.11	0.05	NS	3.37
M.O I N	4	1.39	0.34	0.18	NS	2.74
M.O I P	4	3.27	0.81	0.43	NS	2.74
N I P	4	4.27	1.06	0.56	NS	2.74
M.O I N I P	8	10.39	1.30	0.69	NS	2.32
Error	26	48.74	1.87			
Total	53	73.01				

NS = No significativo

C.V = 40.27%

CUADRO 9A. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE NOPALITOS, DEL 1^o AL 21^o CORTE.

Factor de variación	G.L	S.C	C.M	F _c	F _t 0.05
Bloques	1	0.01	0.01	0.004 NS	4.23
Tratamientos	26	32.67	1.25	0.52 NS	1.93
Mat. orgánica	2	1.38	0.69	0.29 NS	3.37
Nitrógeno	2	3.99	1.79	0.75 NS	3.37
Fósforo	2	0.74	0.37	0.15 NS	3.37
M.O X N	4	2.43	0.60	0.25 NS	2.74
M.O X P	4	4.51	1.12	0.47 NS	2.74
N X P	4	7.61	1.90	0.79 NS	2.74
M.O X N X P	8	12.41	1.55	0.65 NS	2.32
Error	26	62.01	2.38		
Total	53	94.60			

NS = No significativo

C.V = 38.90%

TABLA II.4. NÚMERO DE REPÚBLICAS NO CONSTITUCIONALES PROCLAMADAS POR GENTES, GRUPOS OTRAS - INTERIO DE SAN FRANCISCO DE ASIS, MILPA ALTA, S.F. (1947 - 1966).

República	Proclamación			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Total		
	H.O	S	P																																	
Ten	Tg	Tg	Tg																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	50																																	
0	0	100																																		
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	
0	0	0	0																																	

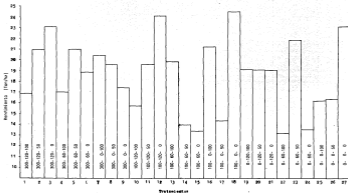
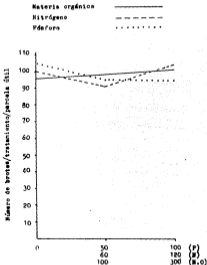


Fig. 5. Mutazione da capsidici [Mut/ho] prodotta per batteriophage, durante Oculo - SINTESIS, ad San Francisco Termano, Regione A.D. (1987 - 1988).



Niveles de fósforo, nitrógeno y materia orgánica.

Fig. 6 A Respuesta de la brotación del cultivo de mopal para verdura a la aplicación de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, durante Otoño-Invierno en Milpa Alta, D.F.

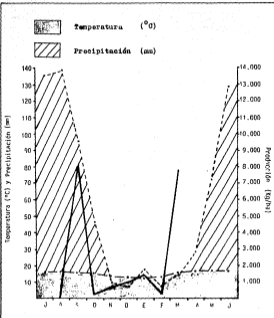


Fig. 8 A Fluctuación mensual de la producción de nopales, dada por las condiciones climáticas de Milpa Alta, para el tratamiento testigo (0-0-0), durante otoño-invierno.

CUADRO 13A. RELACION DEL AREA FOLIAR DE LAS PENCAS PRODUCTORAS CON EL NUMERO DE NOPALITOS PRODUCIDOS POR TRATAMIENTO.

Tratamientos Dosis/ha			Area foliar (m ²)	Número de nopalitos
M.O Ton	H Kg	P Kg	I	T
300	- 120	- 100	5.72	232
300	- 120	- 50	4.58	171
300	- 120	- 0	4.56	181
300	- 60	- 100	5.58	173
300	- 60	- 50	5.54	220
300	- 60	- 0	4.72	158
300	- 0	- 100	5.76	221
300	- 0	- 50	5.02	199
300	- 0	- 0	5.68	188
100	- 120	- 100	6.16	257
100	- 120	- 50	5.28	147
100	- 120	- 0	5.70	227
100	- 60	- 100	4.86	154
100	- 60	- 50	5.36	144
100	- 60	- 0	4.68	211
100	- 0	- 100	5.72	240
100	- 0	- 50	6.10	217
100	- 0	- 0	5.36	172
0	- 120	- 100	4.76	187
0	- 120	- 50	4.88	199
0	- 120	- 0	5.20	211
0	- 60	- 100	5.34	195
0	- 60	- 50	4.76	206
0	- 60	- 0	4.86	182
0	- 0	- 100	5.12	247
0	- 0	- 50	5.30	217
0	- 0	- 0	4.12	182
TOTAL			140.72	5,338