

44
2 ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

Facultad de Estudios Superiores
Cuautitlán

"DETERMINACION DE LA DOSIS DE FERTILIZACION
Y ABONADO EN NOPAL (Opuntia-ficus indica),
PARA LA EXPLOTACION DE VERDURA EN
VILLA DE MILPA ALTA, DISTRITO FEDERAL"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERIA AGRICOLA
P R E S E N T A :
JUANA VAZQUEZ ROBLES

DIRECTOR DE LA TESIS
M. C. Mario Rafael Fernández Montes

ASESORA DE TESIS
Q. Celia Elena Valencia Islas

Cuautitlán Izcalli, México

1989

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	4
3. HIPOTESIS	4
4. REVISION DE LITERATURA	5
4.1 Generalidades del nopal	5
4.1.1 Origen	5
4.1.2 Clasificación taxonómica	5
4.1.3 Descripción botánica	5
4.1.3.1 Raíz	6
4.1.3.2 Tallo	7
4.1.3.3 Hoja	7
4.1.3.4 Flor	7
4.1.3.5 Fruto y semilla	8
4.1.4 Fisiología	9
4.1.5 Requerimientos del cultivo	12
4.1.5.1 Clima	13
4.1.5.2 Suelo	13
4.2 Propagación	14
4.3 Densidad de población	14
4.4 Abonado y fertilización en nopal	15
4.4.1 Abonos orgánicos	15
4.4.2 Fertilización química	18

4.4.2.1	Nitrógeno	19
4.4.2.2	Fósforo	20
4.4.3	Fórmulas de fertilización y abonado en nopal	21
4.5	Establecimiento de un huerto de nopal en la región de Milpa Alta, D. F.	27
4.5.1	Selección y preparación del terreno	27
4.5.2	Selección y tratamiento del propágulo	27
4.5.3	Plantación	28
4.5.4	Abonado	28
4.5.5	Labores culturales	29
4.5.6	Cosecha	30
4.5.7	Comercialización	31
5	MATERIALES Y METODOS	33
5.1	Descripción de la zona de estudio	33
5.1.1	Localización geográfica	33
5.1.2	Orografía	33
5.1.3	Suelos	35
5.1.3.1	Características Físico-Químicas del suelo	37
5.1.4	Clima	37
5.1.4.1	Fenómenos climáticos	38
5.1.5	Vegetación	38
5.2	Unidad experimental	38

	Página
5.2.1 Desarrollo del trabajo	40
5.2.2 Toma de datos	43
5.3 Análisis estadístico	43
6 RESULTADOS	44
6.1 De las diferentes dosis de aplicación con materia orgánica y fertilización química, en kilogramos (cuadro 6), y número de nopalitos (cuadro 7) .	44
6.2 Promedio del área foliar (ancho y largo) en relación con la producción de nopalitos en peso (cuadro 8) , y número (cuadro 9).	46
7 ANALISIS DE RESULTADOS	48
7.1 Determinación de la dosis óptima de abono orgánico, nitrógeno y fósforo en la producción de nopal de verdura.	48
7.2 Interpretación del coeficiente de regresión del área foliar con respecto a la producción	58
8 CONCLUSIONES	62
9 BIBLIOGRAFIA	63
10 APENDICE	77

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Página

CUADRO 1	PRODUCCION DE FORRAJE VERDE (Ton/ha) PARA TRES VARIEDADES DE NOPAL CON TRES NIVELES DE ALPICACION DE ESTIER COL DE CERDO (METRAL, 1965).	24
CUADRO 2	EFFECTO DE LA FERTILIZACION QUIMICA Y ORGANICA SOBRE LA PRODUCCION DE FORRA JE VERDE DE NOPAL (METRAL, 1965).	24
CUADRO 3	PRODUCCION DE FORRAJE VERDE DE NOPAL OBTENIDO CON DIFERENTES NIVELES DE FER TILIZACION Y RIEGO (GARCIA, 1973).	26
CUADRO 4	TRATAMIENTOS PARA EVALUAR DOSIS DE ES TIERCOL, NITROGENO, FOSFORO, CON SUS INTERACCIONES.	41
CUADRO 5	TIPO DE ABONO ORGANICO Y FERTILIZANTES UTILIZADOS EN LA UNIDAD EXPERIMENTAL.	42
CUADRO 6	PESO DE NOPALITOS PRODUCIDOS DURANTE 14 CORTES EN MILPA ALTA, D. F.	44
CUADRO 7	NUMERO DE NOPALITOS PRODUCIDOS DURANTE 14 CORTES EN MILPA ALTA, D. F.	45
CUADRO 8	MEDIAS DEL AREA FOLIAR DE LAS PENCAS PRO DUCTORAS POR PARCELA CON LA PRODUCCION EN PESO DE NOPALITOS.	46

CUADRO 9	MEDIAS DEL AREA FOLIAR DE LAS PENCAS PRODUCTORAS POR PARCELA CON LA PRODUCCION EN NUMERO DE NOPALITOS .	47
CUADRO 10	MEDIAS MUESTRALES (\bar{Y}_i) CORRESPONDIENTES AL NUMERO DE NOPALITOS PRODUCIDOS EN MIL_ PA ALTA, D. F.	55

CUADROS DEL APENDICE

CUADRO 11	ANALISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCION DE NOPALITOS (PESO) DURANTE 14 CORTES EN MILPA ALTA, D. F.	78
CUADRO 12	ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE NOPA LITOS PRODUCIDOS DURANTE 14 CORTES EN MILPA ALTA, D. F.	79
CUADRO 13	COEFICIENTE DE REGRESION DEL AREA FOLIAR DE LAS PENCAS PRODUCTORAS EN PESO EN MIL_ PA ALTA, D. F.	80
CUADRO 14	COEFICIENTE DE REGRESION DEL AREA FOLIAR DE LAS PENCAS PRODUCTORAS EN NUMERO EN MILPA ALTA, D. F.	81

		Páginas
CUADRO	15 ANALISIS FISICO - QUIMICO DEL SUELO EN LA UNIDAD EXPERIMENTAL DE MILPA ALTA D. F.	79 79

FIGURAS

FIGURA	I MAPA DE LOCALIZACION DE SAN AGUSTIN OTHENCO EL ALTO, MILPA ALTA D.F.	33
FIGURA	II MAPA GEOLOGICO DE LA ZONA	36
FIGURA	III DIAGRAMA OMBROTERMICO DE SAN AGUSTIN OTHENCO EL ALTO, MILPA ALTA D.F.	39
FIGURA	IV GRAFICA DE PRODUCCION DE NOPAL VERDU RA EN KILOGRAMOS CON APLICACION DE ESTIERCOL(Ton/ha), NITROGENO(kg/ha), FOSFORO(Kg/ta.) EN MILPA ALTA D.F.	49
FIGURA	V COMPORTAMIENTO DE LAS INTERACCIONES ESTIERCOL-NITROGENO, ESTIERCOL-FOS FORO, NITROGENO-FOSFORO CON RESPEC TO A LA PRODUCCION NOPAL VERDURA EN KILOGRAMOS. EN MILPA ALTA D.F.	50
FIGURA	VI GRAFICA DE PRODUCCION DE NOPAL VERDU RA EN NUMERO CON APLICACION DE ESTI ERCOL(Ton/ha), NITROGENO(Kg/ha), FOS FORO(Kg/ha), EN MILPA ALTA D.F.	53

FIGURA VII	COMPORTAMIENTO DE LAS INTERACCIONES ESTIERCOL-FOSFORO, ESTIERCOL-FOSFORO NITROGENO-FOSFORO, CON RESPECTO A LA PRODUCCION DE NOPAL VERDURRA EN NUMERO , MILPA ALTA, D. F.	54
FIGURA VIII	COEFICIENTE DE REGRESION DEL AREA FOLIAR, CON RESPECTO A LA PRODUCCION EN KILOGRAMOS DE NOPALITOS.	60
FIGURA IX	COEFICIENTE DE REGRESION DEL AREA FOLIAR , CON RESPECTO A LA PRODUCCION EN EL NUMERO DE NOPALITOS.	61
FIGURA X	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y LA PRECIPITACION EN LOS PRINCIPALES TRATAMIENTOS (27,25, 1).	84

I INTRODUCCION

Las cactáceas se encuentran distribuidas desde Canadá (50° latitud norte), hasta Argentina (50° latitud sur), en todos los climas, pero más ampliamente en zonas áridas y semiáridas. Tomando en consideración que más del 50 por ciento del territorio mexicano puede catalogarse como árido y semiárido, gran parte de la población de estas zonas aprovecha en diferentes formas a las cactáceas, por su fácil adaptación a las condiciones propias de la región, resalta la importancia de contar con una información específica sobre aspectos agronómicos tales como : dosis de fertilización y/o abonado, control de plagas y enfermedades, mejoras genéticas, densidad de población y otras para garantizar la productividad y la calidad de aquellas en su cultivo y en especial del nopal.

El nopal pertenece al género Opuntia, es una cactácea perenne originaria de América del norte(en Nahuatl se le conoce con el nombre de "nochtli o nocheztli") como todas las cactáceas es resistente o tolerante a la sequía en cierto grado. En épocas precolombianas se le consideró como un recurso alimenticio básico para las tribus nómadas y sedentarias del Náhuatl, desempeñando un papel importante en el desarrollo de esas culturas. En excavaciones realizadas en el valle de Tehuacán Pue., se descubrieron vestigios de semillas, frutos y pencas de nopal con una antigüedad de 7000 años A.C. Se cree que el nopal junto con el maíz formó parte de la alimentación básica de los habitantes de esas zonas (M. C. Neish, 1964).

Esto propició la formación de asentamientos humanos que aprovecharon sus diversos usos alimenticios y medicinales. En la actualidad, parte de este antiguo interés prevalece, debido no sólo a la vasta zona y alta producción no explotada aún que este recurso natural representa, sino primordialmente, a la necesidad de establecer en el agro mexicano y por ende en el ámbito nacional un orden socio- económico más estable y equilibrado con la utilización de la especie. El nopal es una planta que presenta polimorfismo, comprende varias especies y ecotipos silvestres y cultivados, que le permiten mayor amplitud ecológicas dentro de los habitats más diversos de las zonas áridas (Valadez, 1979).

Constituye comunidades con características fisonómicas específicas del tipo de vegetación denominado matorral crasicaulé el cual ocupa aproximadamente 2.3 millones de hectáreas, distribuidas principalmente en los estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo, Chiuhauhua, Tamaulipas, Durango y Aguascalientes. Para estos habitantes es importante, ya que se utiliza directamente en la alimentación humana sus frutos y brotes tiernos; se emplean en la alimentación del ganado cuando escasean los forrajes e industrialmente para manufacturar productos alimenticios y medicinales. Actualmente en México se explota el nopal como forraje en el norte; como frutal y verdura en el centro del país, presentándose épocas del año en las cuales existe una fuerte demanda de estos productos, principalmente en Diciembre y durante la cuaresma.

Milpa Alta D. F. es la principal zona productora de nopal (brotes tiernos o nopalitos) que abastece los mercados del Distrito Federal y su área metropolitana durante todo el año. Sin embargo, en la época de mayor demanda de este producto se presentan condiciones climáticas desfavorables para su desarrollo: bajas temperaturas, humedad escasa en el suelo que propician una baja producción por consiguiente se eleva el precio del producto en el mercado. En los últimos años se ha incrementado el área de producción, provocando que la demanda de abono orgánico aumente, debido a que el cultivo se fertiliza tradicionalmente con estiércol de bovino, en dosis que van desde 1 hasta 800 ton. /ha. con una periodicidad de 1 a 4 años, sin que se tengan referencias o antecedentes estadísticos que reflejen el resultado del uso de las dosis antes mencionadas .

Esto ha ocasionado que los productores tengan que desplazarse a lugares cada vez más distantes para conseguir el abono, incrementándose en forma notoria el de por sí ya alto costo de producción de este cultivo. Por tal razón los productores se muestran interesados en hacer uso de fertilizantes químicos en sustitución del estiércol. El presente trabajo pretende aportar elementos para abatir los costos de producción, manteniendo la alta productividad del cultivo.

2 OBJETIVOS

Determinar la dosis de fertilizantes y/o abono orgánico para obtener altos rendimientos al menor costo en la producción de nopalitos.

Determinar la influencia del área foliar en relación al incremento de la producción de nopalitos .

3 HIPOTESIS

Los suelos de Milpa Alta D. F. son en general de textura migajón-arenosos, pobres en nutrientes, con escasa humedad. Si se aplica abono orgánico combinado con fertilizantes químicos se mejora el suelo y aumentan los nutrientes. Además, se contaría con un suelo más compacto capaz de retener y conseguir la humedad, incrementándose la producción y con ello las utilidades de los agricultores .

4 REVISION DE LITERATURA

4.1 Generalidades del nopal.

4.1.1 Origen .

Se desconoce el lugar exacto de origen de Opuntia ficus - indica aunque se cree nativa de México, donde existen numerosas formas hortícolas e híbridadas. Fue uno de los primeros nopales llevados a Europa en la época de la conquista, en donde se cultivó y aclimató principalmente en el litoral Mediterráneo. En España se le dio el nombre de "chumbo" y a sus frutos "higo de las indias", los árabes lo llaman "higo de los cristianos", y lo propagaron por el norte de Africa.

4.1.2 Clasificación taxonómica (Bravo, 1978).

Reino -----Vegetal
 División -----Magnolophyta
 Subdivisión -----Angiospermae
 Clase -----Dicotiledonea
 Orden -----Cactales
 Familia -----Cactaceae
 Género -----Opuntia
 Especie ----- ficus indica

4.1.3 Descripción botánica.

4.1.3.1 Raíz

Las raíces del género Opuntia, al nacer de una semilla son típicas como cualquier otra planta dicotiledónea, siendo la raíz la radícula del embrión desarrollado (Lozano, 1958) y en algunas ocasiones se comportan como adventicia cuando se estimula el desarrollo a partir del tallo (anónimo, 1981). Crecen a poca profundidad y en forma muy densa, proporcionan grandes cantidades de materia orgánica al suelo, al grado de cambiar el color de los horizontes superficiales en las plantaciones viejas. El parénquima cortical de las raíces gruesas es generalmente turgente y funciona como órgano de almacenamiento de agua (Barrientos, 1981).

Grajeda(1978) menciona que el género Opuntia posee una notable adaptación a los suelos calcáreos y pobres de cubierta vegetal gracias a su sistema radicular bien desarrollado; tiene un poder de penetración que ayuda a la permeabilidad del suelo ; y presenta vigorosas raíces que contribuyen a formar una firme barrera contra la erosión . Moreno (1962) afirma que las raíces crecen hasta 10 m. de longitud y que las raíces secundarias mueren durante el período de sequía para volver a nacer en la temporada de lluvias. Además, el 85 por ciento del

sistema radicular se encuentra a una profundidad de 0 a 30 cm., la extensión de éstas guarda una distancia entre 65 y 215 cm., como respuesta a las aplicaciones de estiércol .

4.1.3.2 Tallo

Es arborescente, tronco leñoso bien definido de 0.60 a 1.50 m. de altura y de 20 a 30 cm. de diámetro, con las ramas extendidas desde la base. órganos oblongos, largamente obovados de 30 a 60 cm. de largo y 20 a 40 cm. de ancho, 1.9 a 2.8 de grueso, color verde opaco llamados pencas o cladodios; integran ramas de varios artículos que forman una copa ramosa. Aréolas separadas entre sí de 2 a 5 cm., pequeñas, angostas, elípticas de 2 a 4.5 cm. de largo y 3 mm. de ancho. Espinas casi siempre pequeños gloquídios más o menos numerosos, amarillos.

4.1.3.3 Hoja

Las espinas son comunes en los tallos y se consideran como hojas esclerificadas, se originan de las aréolas. Se les considera homólogas a las yemas axilares de otras dicotiledóneas ya que éstos originan las flores, gloquídios, tricomas y raíces adventicias (Buxbaum, 1955; Bravo, 1978; Boke, 1980).

4.1.3.4 Flor

Hermafrodita, existen casos en que son unisexuales por atrofia del androceo o gineceo; flores de 7 a 10 cm. de diámetro, de 6 a 8 cm. de largo, segmentos exteriores del perianto ovalados, agudos, truncados, enteros, amarillos con la porción media roja o verdosa; segmentos interiores angostamente ovados, cuneados, truncados, redondeados, amarillos y anaranjados; pericarpelos con algunas espinas ca du cas y pequeñas, ovario ínfero rodeado por un teji do vegetativo llamado receptáculo, presenta un estigma amplio lobulado y es hueco, la epidermis del canal es glandular, un lóculo, óvulos numerosos dispuestos en la placentación parietal. Androceo con estambres numerosos (Bravo, 1978; Pimienta, et al., 1985).

4.1.3.5 Fruto y semilla.

Fruto oval, de 5 a 10 cm. de largo y de 4 a 8 cm. de diámetro, amarillo, anaranjado, rojo o púrpura, con abundante pulpa carnosa; es una baya unilocular umbilicada. El receptáculo origina la cáscara en el fruto maduro. La porción comestible está formada por células epidérmicas dorsales de la envoltura funicular que, contribuye al 90 por ciento de la pulpa y el funículo al 10 por ciento (Pimienta y Engleman, 1985).

La semilla está constituida por la testa, embrión

endospermo, perisperma, cobertura funicular e hilo. La cubierta de Opuntia denominada "arilo" o tercer tegumento es una cubierta funicular que protege a la semilla de la abrasión que produce el suelo (Figures, 1973).

4.1.4 Fisiología.

Břavo (1978) Cita que las cactáceas se consideran como plantas muy evolucionadas con estructuras anatómicas de adaptación altamente especializada, que les otorga un carácter fisonómico particular, los tallos globosos o cilíndricos provistos de surcos o costillas que reducen la superficie de transpiración, son órganos suculentos, presentan ausencia o reducción de hojas, capas epidérmicas cerosas, aumento en el grosor de la cutícula y la membrana celular epidérmica, concentración de oxalatos de calcio en el citoplasma.

El género Opuntia ha desarrollado un mecanismo de resistencia por evasión a la sequía con base en el mantenimiento de un alto potencial hídrico durante los períodos de déficit de precipitación, ésto es debido a que mantiene la absorción de agua incrementando la cantidad y densidad de las raíces, y la conductividad hidráulica .

Durante los períodos de sequía el sistema radicular se desarrolla mucho más que su copa aérea, puede extenderse tanto como el perímetro de ésta (Sudzuki, 1975).

watson (1956) estima que la mayor influencia sobre el rango de asimilación de materia orgánica es ejercida por la luz y la temperatura, sin embargo esto depende de la aplicación de fertilizantes, agua y del genotipo. existe una relación estrecha entre el índice de área foliar (IAF) y la tasa de asimilación neta (TAN), que es la cantidad de materia seca producida por unidad de superficie (hoja) por unidad de tiempo (Grajeda, 1978).

Becerra (1975) asegura que existen evidencias de que el fotoperíodo a que se expone la planta madre tiene efectos sobre la iniciación de los primordios radiculares, siendo más eficaces los días largos o la iluminación continua, que los días cortos. También demostró que los cladodios orientados norte-sur, con sus caras este-oeste acumulan más calor durante el día lo que permite mayor captación de la luz directa, que las orientadas este-oeste, produciendo así mayor número de frutos y mayor cantidad de solutos solubles. Las partes soleadas acumulan mayor cantidad de carbohidratos y auxinas,

ésto incrementó el enraizamiento, debido a que los primeros proporcionan energía para el crecimiento y los segundos promueven el alargamiento celular de las raíces.

Lozano (1958) demostró que las partes soleadas de los cladodios producen más frutos. Así, en la región de San Luis Potosí, la cara sur de los cladodios producen casi la totalidad de los frutos, en tanto que la cara norte fue improductiva a causa de la sombra.

Witting et al (1979) observó que las especies del género Opuntia se caracterizan por presentar metabolismo ácido crasuláceo (CAM). Durante la noche los estomas abren haciendo que la concentración del ácido málico se incremente y los niveles del almidón disminuyen.

Kluge y Ting (1978) y Osmond (1978) concluyen que el ácido málico se origina por la fijación de CO_2 en la noche y se almacena en las vacuolas de las células (clorénquima). Durante el día este ácido se libera y genera CO_2 , fijado y reducido finalmente en los cloroplastos, dando como resultado ganancia neta de carbón con pérdida mínima de agua. Por

este motivo son resistentes a la sequía, debido a la habilidad de coleccionar agua cuando está disponible.

Preston (1968) menciona que las condiciones que favorecen la acumulación de hidratos de carbono ayudan a la fructificación y los que reducen esta acumulación e incrementan las sustancias nitrogenadas favorece la actividad vegetativa y se retarda con ello la fructificación.

M.C. Cougal y Working (1982) citan que los brotes jóvenes de Opuntia continuaron su elongación a 55°C, lo cual constituye un record de crecimiento para temperaturas altas en relación con otras especies vegetales.

Gates et al (1968) observó que en las condiciones desérticas de Utah la mayoría de las plantas de otros géneros presentaron temperaturas de sus hojas cercanas a la del ambiente, en cambio en Opuntia la temperatura de sus hojas llegó a ser de 15°C superior a la del ambiente indicando que este género tiene la capacidad de soportar en lugar de evitar las temperaturas altas.

4.1.5 Requerimientos del cultivo.

4.1.5.1 Clima

Lozano (1984) menciona que el nopal se desarrolla en climas áridos (BS) y semiáridos (BW) clasificación según Köpen .

Rojas (1961) propone que la temperatura óptima media para el cultivo del nopal oscila entre 18°C y 26°C, las temperaturas bajas (-10°C) afectan principalmente a los brotes jóvenes. Sin embargo otros autores manifiestan que la temperatura óptima es de 18°C a 20°C, la máxima 36°C y la mínima 6°C para su desarrollo. Por otro lado algunos concluyen que pueden soportar temperaturas bajas (-10°C) y su temperatura óptima es de 18°C a 28°C, con ésto le da al nopal un rango de oscilación más amplia. De cualquier manera tiene una flexibilidad en cuanto a la temperatura, precipitación, altitud y latitud, por ello se considera con un rango de adaptación sorprendente.

Blanco (1966) y Rojas (1961) hacen alusión a que el rango de precipitación es de 116.7 mm. a 1805 mm. aunque puede llegar a desarrollarse en condiciones de mayor aridez.

4.1.5.2 Suelo

Velázquez (1962) afirma que los suelos propicios¹⁴ para el desarrollo del nopal deben ser arenosos, calcáreos, sueltos, poco profundos y de preferencia con pH alcalino.

Pimienta (1986) cita que el nopal tunero requiere de preferencia suelos con profundidades no menores a 40 cm., además ha observado que no se desarrollan satisfactoriamente en suelos calcáreos ya que se reduce el rendimiento de producción; en los de textura arenosa las plantas son más sensitivas a sequías prolongadas. Los suelos de textura media (migajón arcilloso, migajón arenoso) son los adecuados para el nopal tunero.

4.2 Propagación .

Bravo (1973) reporta que la forma más difundida de propagar al nopal es la propagación clonal, se utiliza para tal propósito los cladodios que son tallos modificados en los cuales se realiza la fotosíntesis y actúan como órganos de almacenamiento.

4.3 Densidad de población.

Bucio (1963) en un trabajo preliminar con la variedad "copo de nieve" Opuntia ficus-indica, observó en poblaciones de 866 a 1700 cladodios que conforme se in-

crementa la densidad de población aumenta el número de brotes por hectárea.

Barrientos y flores (1969), al ensayar con densidades de población de 5000 a 8000 plantas por hectárea, encontraron que a medida que aumenta la población se incrementa la producción. Los incrementos de la producción a niveles de población altas son menores que a niveles bajos. Al aumentarse la población en general, aumenta el número de pencas, por lo regular la disminución en el peso de los cladodios es mayor a niveles de población altas. Con esta evidencia en que a esos niveles la densidad aún no se observa una disminución en la producción, es posible tener explotaciones con densidades más altas perfeccionando las practicas de manejo.

4.4 Abonado y fertilización en nopal.

4.4.1 Abonos orgánicos.

El estiércol es el abono más antiguo, que constituye la base del fertilizante del suelo, está formado por las deyecciones sólidas y líquidas de los animales estabulados (bovinos, porcinos, etc) mezclados con paja y otros materiales usados como cama. Aporta nutrientes a la planta además de me-

jorar las condiciones generales del suelo. Lo mismo es cierto para los desperdicios vegetales, y otros materiales orgánicos aunque es preciso fermentarlos y dejarlos pudrir bien antes de aplicarlos a la tierra. Algunas de las propiedades de la materia orgánica son : mejorar la estructura del suelo, reducir la erosión, ejercer un efecto regulador sobre la temperatura del suelo, y ayudarle a almacenar más humedad (Grimaldi, 1969).

Andre Gros (1986) señala que 30 ton. de estiércol suministran por término medio 120kg. de nitrógeno, 75kg. de ácido fosfórico y 165 kg. de potasa, lo que permite decir que el estiércol es a la vez una enmienda y un abono. La cantidad de estiércol producida por cabeza de ganado varía dependiendo de la duración de los períodos de estabulación ó pastoreo ; en numeros redondos una cabeza de ganado produce al año 10 ton. El peso del estiércol corresponde 25 veces al peso total del ganado. Con el empleo de los fertilizantes y el estiércol los agricultores están en posibilidades de aumentar la producción de las cosechas y obtener mayores utilidades a cambio del trabajo y el material aportado al suelo (Gonde, 1975).

El porcentaje de los diferentes nutrientes que aporta el estiércol de algunas especies animales son: ¹⁷

APORTACION DE NUTRIENTES DE DIFERENTES ESPECIES ANIMALES.

Especie animal	N(%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
Conejos	2.4	1.4	0.6
Gallinas	1.1	0.8	0.5
Ovejas	0.7	0.3	0.9
Caballos	0.7	0.3	0.6
Vacas	0.6	0.2	0.5
Puercos	0.5	0.3	0.5

(Selke; citado por Jasso (1981)).

Los nutrientes secundarios y micronutrientes que aporta el estiércol varía ampliamente dependiendo del alimento y de la especie.

APORTACION DE NUTRIENTES SECUNDARIOS DE DIFERENTES
ESPECIES ANIMALES.

Nutrimientos	grs/kg	grs/ton
Boro	9.06	54.36
Cobre	4.53	13.59
Hierro	36.24	411.29
Molibdeno	0.45	4.98
Manganeso	4.53	81.54
Zinc	13.6	81.54
Azufre	453.0	2,808
Magnesio	724.8	2,627
Calcio	1087.2	33,522

Bene et al (1961); citado por Tisdale (1982).

4.4.2 Fertilización química.

En la Republica Mexicana es reciente el uso de fertilizantes químicos, se practica desde hace aproximadamente 30 años en la agricultura intensiva o comercial y solo 20 años en agricultura de subsistencia. No obstante es uno de los insumos más costosos y es el de mayor influencia en el rendimiento, por ello la importancia de su uso adecuado. Mediante investigaciones de campo pueden determinarse

las mejores técnicas del uso de ellos notándose que uno de las principales limitantes para su óptimo aprovechamiento es la disponibilidad de agua (Hernández et al, 1977)

los fertilizantes contienen diferentes porcentajes de nutrientes, pueden tener uno solo o estar presentes en diferentes combinaciones. Algunos con tienen elementos secundarios tales como el calcio, magnesio, y el azufre (Graetz, 1988).

4.4.2.1 Nitrógeno.

Constituye del 1 a 4 por ciento del peso seco de las plantas, se toma del suelo en forma de nitratos (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+) y se combina con los compuestos del metabolismo de los hidratos de carbono de la planta para formar aminoácidos y proteínas. El nitrógeno es el motor del crecimiento de la planta. Es el constituyente esencial de las proteínas, interviene en todos los principales procesos del desarrollo de las plantas y determina el rendimiento, FAO (1980).

Se distinguen tres tipos de fertilizantes nitrógenados, se diferencian por la forma en que el nitró

geno está presente . Fertilizantes nítricos (nitrato de sodio, nitrato de calcio, nitrato de potasio.) son altamente solubles al agua, facilita la absorción del nitrógeno hacia la planta. Por lo tanto debe utilizarse para aplicaciones cuando los cultivos ya están en desarrollo, para corregir deficiencias inmediatas. El fertilizante nítrico no es adecuado para aplicaciones antes, durante o poco después de la siembra, por que las raíces son tan pequeñas que no son capaces de aprovecharlo y éste se perdería por percolación.

Fertilizantes amónicos (Sulfato de amonio, nitrato de amonio, nitrato de amonio cálcico, etc) estos proporcionan el nitrógeno en forma de amonio, es soluble en agua, es absorbido y retenido por las partículas finas del suelo. Su acción es menos rápida, pero más duradera.

Fertilizantes de amidas (Urea, Cianamida de calcio) proporcionan el nitrógeno en forma de amida y para poder ser aprovechable por la planta tiene que convvertirse primero en amónico y luego en nitrato, es de acción mucho más lenta. Se puede aplicar más temprano, debe incorporarse al suelo, SEP (1983).

4.4.2.2 Fósforo

Desempeña un papel importante en la transferencia de energía en las plantas, por ello es fundamental en la fotosíntesis y en otros procesos químicos fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación celular y para el desarrollo de los tejidos que constituyen los puntos de crecimiento del sistema radicular y sobre todo de raíces fibrosas, ayuda a soportar el manipuleo y mantener la calidad en la producción de frutos, tallos, hojas.

El fósforo tiene tendencia a reaccionar con los componentes del suelo y formar compuestos insolubles que no pueden ser absorbidos por las plantas. De ahí la necesidad de hacer las aplicaciones distribuidas en dos o tres partes, para contrarestar el efecto de insolubilidad y que pueda ser aprovechado por las plantas. Se encuentra en forma orgánica e inorgánica, la concentración de las formas inorgánicas (H_2PO_4 , HPO_4) en la solución del suelo, es el factor más importante que gobierna la disponibilidad de este elemento para las plantas.

4.4.3 Fórmulas de fertilización y abonado en nopal.

Castañeda (1977) recomienda fertilizar las plantaciones en el primer año con 50 gr. de sulfato de

amonio por planta al inicio de las lluvias, al segundo año aplicar 100 grs. por planta de la fórmula 10 -10 -10 y en el tercer año aplicar 10 Kgs. por planta de estiércol de vacuno ó 5 kgs. de caprino y cubrirlos con tierra. Para nopal de verdura recomienda una capa de estiércol de bovino, con espesor de 3 a 5 cm. sobre la hilera de las plantas.

García y Grajeda (1982) afirman que para una plantación de nopal de verdura, es aconsejable aplicar de 50 a 100 toneladas de estiércol por hectárea, mezclado con los primeros 25 cm. del suelo. Esta estercoladura puede mezclarse con la fórmula 120-100 - 00, obteniendo mejores resultados al aplicar fertilizantes químicos y estiércol. Si no es posible aplicar ambos, el estiércol es el más recomendable.

Ramírez (1987) evaluó la respuesta en crecimiento y respuesta en nopal de verdura bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada y fosforada complementada con estiércol, en condiciones de riego y temporal. Obtuvo una respuesta positiva a la aplicación de riego, con incrementos en el rendimiento superiores al 20 por ciento en comparación con el tem

poral . En cuanto a la fertilización, observó mayor grado de respuesta a la aplicación de estiércol y como segundo término la fertilización nitrogenada. Dosis que presentaron mayor producción fueron la 30- 20 - 00 en condiciones de riego (75 ton/ha.) y 60 - 20 -00 en temporal(48 ton/ha.). El número más alto por cladodio lo presentó el tratamiento 60- 20 - 00 en condiciones de riego con un promedio de 1.4 brotes por cladodio en ciclo agrícola primavera - verano.

Metral (1965), en Brasil y García (1973), en México citados por Flores y Aguerre (1979) , realizaron ensayos de producción de nopal para verdura y forraje (cuadros 1, 2, 3) .

En el cuadro 1 se advierte que las tres variedades responden positivamente al estiércol, aunque la respuesta de cada una es diferente. En el cuadro 2 se observa que la fertilización con fósforo dio mejores rendimientos que la fertilización con nitrógeno, asimismo se puede notar que existe mayor producción cuando se combinan los fertilizantes con el estiércol . En el cuadro 3 en contraste con lo anterior los rendimientos son mejor con nitrógeno que con fósforo y la combinación estiércol 100ton/ha

y 0.200 ton/ha. Además, se observó que no hubo ven
taja al aplicar riego a los tratamientos .

Cuadro 1 PRODUCCION DE FORRAJE VERDE (ton/ha) PA
RA TRES VARIEDADES DE NOPAL CON TRES NI
VELES DE APLICACION DE ESTIERCOL DE CER
DO (METRAL, 1965).

VARIEDAD	NIVELES DE FERTILIZACION (ton/ha)		
	00	10	20
Palma gigante	24.8	67.1	74.2
Palma redonda	28.4	53.4	78.2
Palma minda	35.2	68.1	93.2

Cuadro 2 EFECTO DE LA FERTILIZACION QUIMICA Y OR
GANICA SOBRE LA PRODUCCION VERDE DE NO
PAL (METRAL, 1965).

NUTRIMENTO	DOSIS (kgr/ha)	PRODUCCION (ton/ha)
Potasio K_2O	0	Resultado insignificante
Fósforo P_2O_5	0	7.414
"	50	39.505
"	100	49.101
Nitrógeno	0	24.401
"	50	34.972
"	100	43.897
$K_2O; P_2O_5; N$	50+50+50	43.450
$K_2O; P_2O_5; N; Estiércol$		
	50+50+50+100	80.901

Cabe mencionar que aún se desconocen diversos aspectos sobre la nutrición de nopales, los pocos trabajos relacionados hasta la fecha señalan y recomiendan el uso y fórmulas de fertilización, así como la adición de estiércol como elementos necesarios para la óptima producción de esta planta.

La fertilización química se practica en baja escala en producción tunera. En cambio en nopales para producción de verdura es casi nula. La adición de estiércol se practica al momento de realizar la plantación y después se agrega cada 2 a 5 años en los huertos para producción de fruta y cada seis meses en el nopal para verdura (Ramírez, 1972; Bautista, 1972).

Cuadro 3 PRODUCCION DE FORRAJE VERDE DE NOPAL OBTENIDO CON DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACION Y RIEGO (GARCIA, 1973).

No.	Tratamientos				Producción
	E	P	N	R	Ton/ha.
1	00	00	00	-	82.0
2	100	00	00	-	157.8
3	00	150	00	-	79.4
4	100	150	00	-	135.4
5	00	00	200	-	108.8
6	100	00	200	-	186.5
7	00	150	00	-	100.9
8	100	150	00	-	155.5
9	00	00	00	+	90.4
10	100	00	00	+	142.7
11	00	150	00	+	79.2
12	100	150	00	+	145.3
13	00	00	200	+	115.4
14	100	00	200	+	175.0
15	00	150	200	+	162.3
16	100	150	200	+	170.9

E= Estiércol (ton/ha/año); P= Fósforo (kg/ha/año)
 N= Nitrógeno (kg/ha/año); R= Riego (10mm. de lamina) durante la época seca.

4.5 Establecimiento de un huerto de nopal en la región de Milpa Alta, D. F.

4.5.1 Selección y preparación del terreno.

Prácticamente en esta región no hay una selección del terreno muy rigurosa, ya que por el tipo de suelo y topografía existente, las huertas se establecen en laderas y suelos pedregosos que hacen necesario, en muchos casos, la formación de terrazas. La profundidad del suelo oscila entre 20 a 60 cm., el tamaño de las huertas por lo regular es desde 1/4 de ha. hasta 4 has. como máximo. Se eliminan del terreno las piedras grandes, se deshierba, se empareja la superficie del suelo, utilizando para ello el azadón, rastrillo, pala, con mano de obra directa.

4.5.2 Selección y tratamiento del propágulo.

Los productores de la zona utilizan la propagación vegetativa en sus nopaleras. Un solo cladodio sirve como propágulo, el cual es escogido en otras nopaleras ya establecidas con las siguientes características : Mayor tamaño, sin deterioro y sin plagas y enfermedades, es decir, pencas vigorosas y sanas. Se cortan por la base para evitar una deshidratación excesiva, ahí mismo se cicatriza la herida del corte; y en 15 a 20 días está listo para ser

plantado. Estos propágulos pueden ser almacenados durante varios meses apilados, dejando en espacio entre ellos y cubriéndolos con paja, hasta el momento preciso del trasplante.

4.5.3 Plantación.

Puede realizarse durante todo el año, pero los meses óptimos y más comunes para llevarlas a cabo son Marzo y Abril. Se utilizan aproximadamente 40,000 plantas por hectárea; se plantan a una distancia entre planta y planta de 30 a 40 cm. en hileras que distan entre sí de 70 a 110 cm. Debe permitirse el paso a través de ellas para efectuar las cosechas y otras actividades. Se entierra el cladodio aproximadamente una cuarta parte de su tamaño (10 a 15 cm.). Al ser plantado se busca que los bordes de éste sigan la dirección del sol; además, las hileras deben ir perpendiculares a la pendiente del terreno.

4.5.4 Abonado .

Se incorpora el abono orgánico, el cual se agrega al momento de la siembra en grandes cantidades (30 a 40 cm de grosor), tapando casi por completo el cladodio. Posteriormente se agrega cada 2 a 5 a-

ños dependiendo de las posibilidades económicas del productor. La cantidad de abono que se aplica es muy variable, aproximadamente va desde 1 a 800 ton/ha. También se utilizan desechos del nopal como abono, ésto es común cuando el producto no alcanza precio atractivo en el mercado y se prefiere picarlo y utilizarlo como abono .

4.5.5 Labores culturales .

Se hace la poda constantemente con varios fines :

- 1.- Para favorecer una misma dirección en los cladodios de la planta (poda de formación).
- 2.- Para desechar los nopales no comerciables.
- 3.- Para evitar el envejecimiento prematuro.
- 4.- Para sanear el cultivo. Todos los nopales plagados o enfermos son desechados, los residuos de la poda se quedan en el terreno de cultivo se pica y sirven de abono y para aumentar la humedad del suelo. Se realiza en Julio y Agosto.

El control de maleza se realiza al momento de aplicar el estiércol. Debido a las fuertes cantidades que se utilizan, Funciona como un herbicida al controlar el crecimiento de las malas hierbas. Sin embargo, cuando llegan a incidir al ir disminuyendo el efecto del estiércol, se eliminan manualmente,

empleando azadón, pala ó machete.

30

4.5.6 Cosecha

Se inicia al segundo año de establecida la plantación, los cortes varían de acuerdo a la época del año. Los meses en que se efectúa con mayor frecuencia son : Abril, Mayo, Junio y parte de Julio (se cosecha a diario); después empieza a descender la producción y la cosecha se realiza 2 a 3 veces por semana de Agosto a Marzo.

La cosecha se efectúa a partir de las 4:00 A.M. los nopalitas se cortan de la base, al ras de la penca madre con cuchillo y guantes de cuero; se colocan en canastos de 350 nopalitas, en ellos se transportan a los lugares de comerciό ó lugares de empaque (cuando la producción es a gran escala). Utilizan un cilindro de metal de 1m. de diámetro destapado de ambos extremos como molde, dentro de él se acomodan en forma circular y tiene una capacidad de 2500 a 3000 nopales; de esta manera se transportan a los diferentes mercados.

4.5.7 Comercialización

El nopal de verdura se vende por ciento (100 nopalitas), por cesto o canasto con una capacidad de

350 nopales, por paca con una capacidad de 2500 a 3000 nopales. Los productores pueden clasificarse en dos grupos.

1.- Los pequeños productores, poseen menos de una hectárea; la mano de obra es aportada por la familia, transportan el producto con carretillas desde la huerta hasta el centro de Milpa Alta donde venden a los grandes productores o directamente a los consumidores locales.

2.- Los productores en grande, poseen superficies con nopal mayores a una hectárea contratan trabajadores que proceden de los estados de México, Oaxaca, Puebla principalmente; Para que lleven acabo labores de mantenimiento y cosecha. Estos asalariados ofrecen su fuerza de trabajo por \$8,000 diarios más la alimentación y el hospedaje. Los productores generalmente son propietarios de camiones de carga que utilizan para transportar la producción a la central de abastos del D.F., al mercado de la Merced, o al de Jamaica, donde se distribuyen al área metropolitana a otros estados.

El precio del nopal fluctúa de acuerdo a la ley de la oferta y la demanda que prevalece en el mercado. Cuando la oferta rebasa a la demanda, los precios

son bajos y solo los productores mayoristas siguen vendiendo para no perder su clientela; en cambio los pequeños productores prefieren cortar los nopales y picarlos en el huerto para que sirvan de abono a la misma . Un ejemplo de esta variación se analizó en 1988, cuando en los meses de Abril, Mayo y Julio el precio de desplomó hasta llegar a cotizarse a \$1,500 el cesto y \$ 13,000 la paca; contrariamente a lo que sucedió de Noviembre a marzo cuando la demanda fue mayor que la oferta y el cesto alcanzó un valor de \$21,000 y la paca de \$ 175,000.

5 MATERIALES Y METODOS

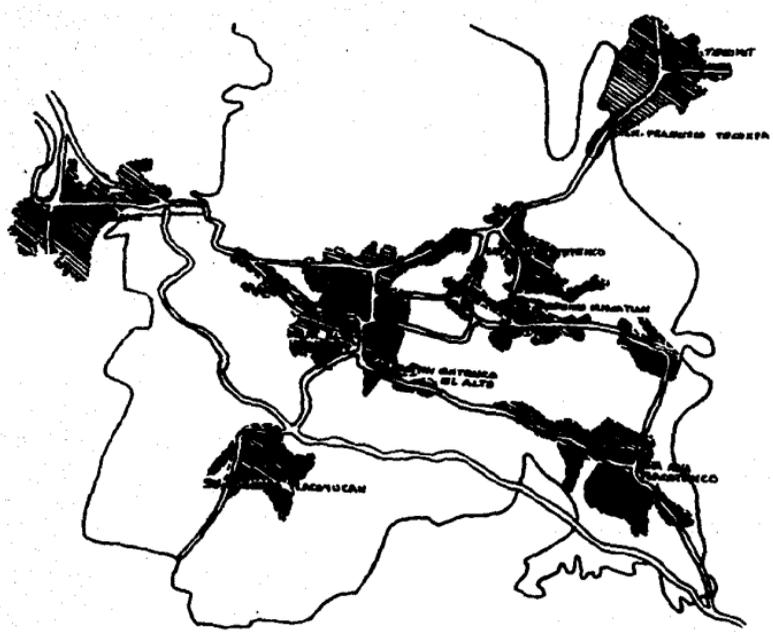
5.1 Descripción de la zona de estudio.

5.1.1 Localización geográfica.

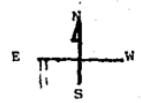
El presente estudio se realizó en el poblado San Agustín Othenco El Alto, delegación de Milpa Alta, se encuentra al sureste del Distrito Federal, colinda con la delegación de Tháhuac y Xochimilco al norte; al sur con el estado de Morelos, al este con el estado de México, al oeste con la delegación de Tlalpan (fig. 1). Las coordenadas del área son :19° 02' 37" longitud oeste, con una altitud de 2,345m,s/nm., precipitación media anual de 706 mm., temperatura media anual de 16°C; se comunica por carretera pavimentada.

5.1.2 Orografía.

La topografía en general es abrupta, sus terrenos son muy accidentados, con montañas, pedregales y hondonadas. Hacia el sureste es más accidentado, se forman numerosas barrancas y cerros; se considera que está integrada de dos zonas físicas, la primera de ellas corresponde a valles y declives bajos, se localiza al norte del territorio y ocupa aproximadamente el 30 por ciento de éste; la otra zona corresponde a montaña, se encuentra al sur de la delegación



LÍMITE DE ZONA URBANA - - - - -
 LÍMITE DE ZONA AGRÍCOLA _____
 CARRETERA = = = = =



SEP. 1964 Nos.

ESCALA 1:25,000

FIG.(I) MAPA DE LOCALIZACIÓN DE SAN AGUSTÍN OTÁMEZCO EL ALTO, MILPA ALTA D.F.

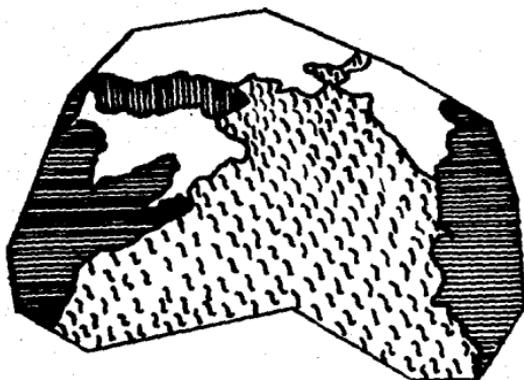
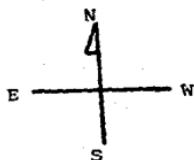
ocupa el 70 por ciento de la superficie. Sus altitudes van desde 2,260 a 3,100 m.s.n.m en la montaña. La geología general de la zona de estudio esta representada por : rocas igneas extrusivas básicas con basalto, tobas, brecha volcánicas y algunos suelos aluviones(Fig.2)(López, 1979).

5.1.3 Suelos .

De acuerdo con las cartas edafológicas de INEGI de 1986. En casi toda la zona el suelo predominante es feozem haplico, de textura media, cuya característica es una superficie oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, pero por estar en zonas con pendientes pronunciadas tiene un rendimiento agrícola bajo y se erosiona con mucha facilidad. Los suelos secundarios ligados a éste son : a) cambisol eutrico, los cuales son suelos jóvenes y poco desarrollados , se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece una capa de roca, ya que en ella se forman terrones, acumulaciones de materiales como arcilla, carbonatos de calcio, fierro, magnesio ,etc.

b) Litosol, se caracteriza por tener una profundidad de 10 cm., hasta la roca, tepetate o caliche duro, se encuentra en laderas, barrancas, lomeríos y algunos terrenos planos.

FIG. (II) MAPA GEOLOGICO DE LA ZONA



GEOLOGIA DE LA ZONA

	BASALTO
	BOSCA VOLCANICA
	TOBA
	SUELOS DE ALUVION

c) Andosol húmico se origina de cenizas volcánicas, tiene una capa superficial negra o muy oscura, rica en materia orgánica, pero muy ácida y pobre en nutrientes, tiene textura esponjosa, suelta y es muy susceptible a la erosión. Las fases físicas señalan la presencia de fragmentos y materiales segmentados que limitan o impiden el uso del suelo o el empleo de maquinaria agrícola.

5.1.3.1 Características Físico-Químicas del suelo.

Con el análisis realizado a dos profundidades (0.00 a 30 cm., y de 30 a 60 cm.) se obtuvo lo siguiente: En relación a las características físicas, se considera un suelo migajón - arenoso, sin problemas de salinidad, el porcentaje de saturación de las sales solubles es medianamente bajo.

Con respecto a las características químicas, se encontraron los siguientes resultados :

Materia orgánica - medianamente pobre, Nitrógeno - medianamente rico, Fósforo asimilable- rico; pH- neutro ; la cantidad de aniones, cationes y elementos menores aparece en el apéndice del cuadro 15.

4.1.4 Clima

DE acuerdo con las modificaciones del sistema de clima

sificación climática de Köppen, realizados por Enriqueta García para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana, el clima de esta zona es : - C(W₂) (W) b (i')g; es decir un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano .

5.1.4.1 Fenómenos climáticos.

En la figura 3 se observa el comportamiento del clima (temperatura y precipitación) en la zona de estudio.

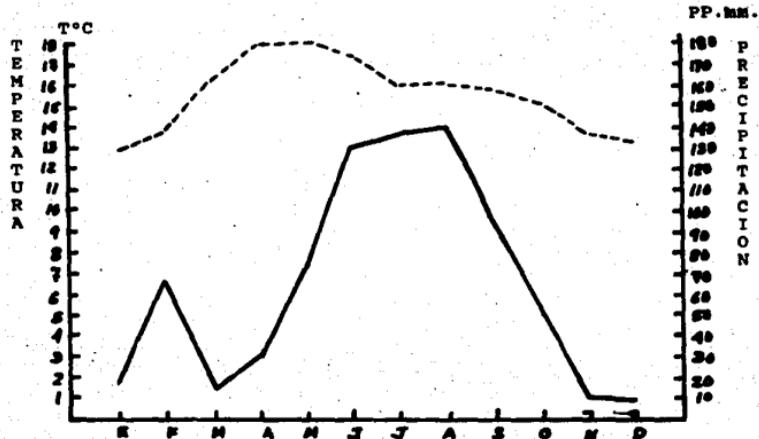
5.1.5 Vegetación

Anteriormente la vegetación de esta zona eran bosques de pino encino con especies tales como : Quercus magnoliaefolia, Q. Conspera, Q. pendularis, Pinus montezumae, P. rudis, P. teocote; Quercus rugosa, Q. laurina frecuentemente intercalados en medio de un bosque de Abies religiosa, Pinus hartwegii. Posteriormente fueron bosques de oyamel con Juniperus deppeana, J. flaccida, con matorrales de Quercus microphylla y Alnus firmifolia, surgen como consecuencia de la destrucción de los pinos y encinos por la tala inadecuada que se realiza, Rzedowski (1981).

5.2 Unidad experimental.

Es un experimento con una distribución completamen-

FIG.(III) DIAGRAMA OMBROTERMICO DE SAN AGUSTIN
 OTHENCO EL ALTO, MILPA ALTA D. F.
 (GARCIA, 1987).



te al azar con dos repeticiones, obedece a un diseño factorial $3 \times 3 \times 3$, mismo que se ilustra en el cuadro 4 . Se realizó en el período de Marzo a Noviembre de 1987; en un huerto de 3 años de edad, del cual se utilizó un área de 350 m^2 . con 810 cladodios adultos. La especie cultivada es Opuntia ficus-indica; las condiciones en que se encontraba la parcela fueron las siguientes:

- 1.- El cultivo de 3 años de haberse establecido.
- 2.- Durante sus 3 años de vida no había sido estercolado ni fertilizado.
- 3.- Se encontraba libre de plagas y enfermedades.

5.2.1 Desarrollo del trabajo.

El 20 de Marzo se inició el deshierbe de la unidad experimental, manualmente, se procedió al estacado, dividiendo con ello 54 parcelas, se marcaron los cladodios útiles por parcela ; las plantas se abonaron y fertilizaron el 27 del mismo; las fuentes empleadas en el experimento se pueden apreciar en cuadro V.

Cuadro 4 TRATAMIENTOS PARA EVALUAR DOSIS DE ESTIERCOL,
NITROGENO, FOSFORO, CON SUS INTERACCIONES.

Tratamientos	Estiércol	Nitrógeno	Fósforo
No.	Ton/ha.	Kgs/ha	Kgs/ha
1	00	00	00
2	00	00	50
3	00	00	100
4	00	60	00
5	00	60	50
6	00	60	100
7	00	120	00
8	00	120	50
9	00	120	100
10	100	00	00
11	100	00	50
12	100	00	100
13	100	60	00
14	100	60	50
15	100	60	100
16	100	120	00
17	100	120	50
18	100	120	100
19	300	00	00
20	300	00	50
21	300	00	100
22	300	60	00
23	300	60	50
24	300	60	100
25	300	120	00
26	300	120	50
27	300	120	100

Cuadro 5 TIPO DE ABONO ORGANICO Y FERTILIZANTES
UTILIZADOS EN LA UNIDAD EXPERIMENTAL.

Fuente	Niveles			Dosis
Abono orgánico, (estiércol de bovino)	300	100	00	Ton/ha
Nitrogéno $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$				
Urea	120	60	00	Kgr/ha
Fósforo $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	100	60	00	Kgs/ha.
Superfosfato triple de Calcio				

Una semana después se realizó una poda con la finalidad de homogenizar la brotación de nopalitos. A los 44 días se inició la cosecha de éstos obteniendo un total de 14 cortes. El material utilizado fue : guantes de cuero, cuchillo, báscula, canastos . La primer cosecha fue el 10 de Mayo y el resto se continuó en intervalos de 15 días. El último corte se llevó a cabo el día 27 de Noviembre del mismo año. Se tomaron como parametros de cosecha las características morfológicas del cladodio según las exigencias del mercado, de tal manera que los cortes se hicieron cuando el nopal tenía de 15 a 25 cm. de largo, de un color verde brillante, nunca un verde ceniciento y un grosor aproximado de 7mm a 10 mm.

5.2.2 Toma de datos .

La información registrada de las unidades experimentales fue la siguiente:

- 1.- Peso de nopalitos por parcela.
- 2.- Número de nopalitos por parcela (comerciales y no comerciales).
- 3.- Area de los cladodios productores.
- 4.- Muestreo del suelo a dos profundidades (de 0.00 a 30 cm. , y de 30 a 60 cm.).

5.3 Análisis estadístico.

Con los datos obtenidos se procedió a calcular, los análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental factorial (Steel Torrie, 1985).

Posteriormente se realizó una prueba de medias para la variable donde hubo diferencias con significancia estadística . Se eligió el nivel de confiabilidad de .01 a .05 con la prueba de Tukey.

Por último se hizo un análisis del coeficiente de regresión entre las variables de área foliar y producción.

6 RESULTADOS

6.1. De las diferentes dosis de aplicación con materia orgánica y fertilización química, en kilogramos (cuadro 6), y números de nopalitos (cuadro 7).

Cuadro 6 PESO DE NOPALITOS EN KILOGRAMOS PRODUCIDOS DURANTE 14 CORTES EN MILPA ALTA, D. F.

Tratamientos			Repeticiones		Yi	Prom.
			I	II		kgrs/parcela
300	120	100	5.200	5.230	10.430	5.215
300	120	50	4.500	4.320	8.820	4.410
300	120	00	5.650	4.015	9.665	4.833
300	60	100	3.950	5.280	9.230	4.615
300	60	50	4.280	4.710	8.990	4.495
300	60	00	3.500	4.052	7.552	3.776
300	00	100	4.060	5.000	9.060	4.530
300	00	50	6.000	3.525	9.525	4.763
300	00	00	5.230	5.235	10.235	5.127
100	120	100	5.230	5.235	10.235	5.127
100	120	50	4.050	4.065	8.115	4.058
100	120	00	6.100	4.000	10.100	5.050
100	60	100	3.580	3.705	7.285	3.643
100	60	50	4.580	5.000	9.580	4.790
100	60	00	6.825	4.000	10.825	5.413
100	00	100	3.525	5.000	8.525	4.263
100	00	50	3.770	4.000	7.770	3.885
100	00	00	5.220	4.000	9.220	4.610
00	120	100	5.800	3.615	9.415	4.708
00	120	50	4.850	5.950	10.800	5.400
00	120	00	5.050	3.895	8.895	4.448
00	60	100	6.839	3.906	10.745	5.373
00	60	50	4.070	3.895	7.965	3.823
00	60	00	3.370	4.200	7.570	3.785
00	00	100	3.940	2.430	6.370	3.185
00	00	50	2.940	3.000	5.940	2.970
00	00	00	3.100	3.000	6.100	3.050

Cuadro 7 NUMERO DE NOPALITOS PRODUCIDOS DURANTE 14
CORTES EN MILPA ALTA, D. F.

Tratamientos			Repeticiones		Prom.	
			I	II	Yi	Kgr/parcela
300	120	100	109.0	110.0	219.0	109.5
300	120	50	90.0	92.5	182.5	91.3
300	120	00	107.5	100.0	207.5	103.8
300	60	100	98.0	82.5	180.5	90.3
300	60	50	85.0	95.0	180.0	90.0
300	60	00	98.0	90.0	188.0	94.0
300	00	100	95.0	84.0	169.0	84.5
300	00	50	78.0	84.0	162.0	81.0
300	00	00	78.0	76.5	154.5	77.3
100	120	100	80.0	86.0	166.0	83.0
100	120	50	86.0	61.5	147.5	73.8
100	120	00	75.0	68.5	143.5	71.8
100	60	100	80.0	85.0	165.0	82.5
100	60	50	67.0	70.0	137.0	68.5
100	60	00	70.5	67.0	137.5	68.8
100	00	100	66.0	60.0	126.0	63.0
100	00	50	52.0	70.0	122.0	61.0
100	00	00	50.0	58.0	108.0	54.0
00	120	100	48.0	64.0	112.0	56.0
00	120	50	56.0	50.0	106.0	53.0
00	120	00	59.0	50.0	109.0	54.5
00	60	100	33.0	40.0	73.0	36.5
00	60	50	35.0	35.0	70.0	35.0
00	60	00	33.0	27.0	60.0	30.0
00	00	100	18.0	22.0	40.0	20.0
00	00	50	23.0	18.0	41.0	20.5
00	00	00	28.5	14.0	42.0	21.0

6.2 Promedio del área foliar (ancho y largo) en relación con la producción de nopalitos, en peso (cuadro 8), y en número (cuadro 9).

Cuadro 8 MEDIAS DEL AREA FOLIAR DE LAS PENCAS PRODUCTORAS POR PARCELA CON LA PRODUCCION EN PESO DE NOPALITOS.

Tratamientos			Promedio	Peso de nopal
			Area foliar(m ²)	kg/ 6 m ²
300	120	100	59.1	10.4
300	120	50	51.5	8.8
300	120	00	67.9	9.7
300	60	100	52.6	8.8
300	60	50	74.2	9.0
300	60	00	53.7	7.6
300	00	100	52.0	9.1
300	00	50	52.0	9.5
300	00	00	69.4	12.2
100	120	100	62.4	10.2
100	120	50	54.1	8.1
100	120	00	57.3	10.1
100	60	100	57.9	7.3
100	60	50	54.4	9.6
100	60	00	64.8	10.8
100	00	100	55.6	8.5
100	00	50	56.3	7.8
100	00	00	59.3	9.2
00	120	100	56.1	9.4
00	120	50	59.6	10.8
00	120	00	61.9	8.9
00	60	100	56.2	10.7
00	60	50	56.2	8.0
00	60	00	59.6	7.6
00	00	100	54.4	6.4
00	00	50	62.4	5.9
00	00	00	49.4	6.1

Cuadro 9 MEDIAS DEL AREA FOLIAR DE LAS PENCAS PRODUCTORAS POR PARCELA CON LA PRODUCCION EN NUMERO DE NOPALITOS.

Tratamientos			Promedio	Peso de nopales
			Area foliar (m ²)	kg/ 6 m ²
300	120	100	59.1	219.0
300	120	50	51.5	182.5
300	120	00	67.9	207.5
300	60	100	52.6	180.5
300	60	50	74.2	180.0
300	60	00	53.7	188.0
300	00	100	52.0	169.0
300	00	50	52.0	162.0
300	00	00	69.4	145.5
100	120	100	62.4	166.0
100	120	50	54.1	147.5
100	120	00	57.3	143.5
100	60	100	57.9	165.0
100	60	50	54.4	137.0
100	60	00	64.8	137.5
100	00	100	55.6	126.0
100	00	50	56.3	122.0
100	00	00	59.3	108.0
00	120	100	56.1	112.0
00	120	50	59.6	106.0
00	120	00	61.9	109.0
00	60	100	56.2	73.0
00	60	50	56.2	70.0
00	60	00	59.6	60.0
00	00	100	54.4	40.0
00	00	50	62.4	41.0
00	00	00	49.4	42.0

)))

7 ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 El análisis de varianza (apéndice, cuadro 11) realizado con los datos del cuadro 4, correspondiente al primer parametro, reveló que no hay diferencia significativa entre tratamientos, por lo tanto no se realizó la prueba de Tuckey.

Las figuras IV, V. muestran el comportamiento de los factores en función de la producción en peso.

Los suelos donde se desarrollan los nopales requieren su suficiente calcio, fósforo, potasio y cantidades considerables de nitrógeno ; los nopales forrajeros responden bien a los abonos nitrogenados en cantidades apreciables, aumentando considerablemente la producción de las pencas. En nopales destinados a producción de tuna, tales abonos deberán disminuirse al límite indispensable, por que de otra manera emitirán mayor cantidad de renuevos en detrimento de la floración y las cosechas (Lozano M., 1956; Sanchez, 1968).

Watson (1956) la mayor influencia sobre el rango de asimilación neta de materia orgánica es ejercida por la luz y la temperatura, sin embargo esto depende de la aplicación de fertilizantes, agua y el genotipo.

FIG. (IV) GRÁFICA DE PRODUCCIÓN DE NOPAL VERDURA EN KILOGRAMOS
 CON APLICACIÓN DE ESTERCO (TN/Ha.), NITRÓGENO (Kg/Ha.),
 FÓSFORO (Kg/Ha.) EN MILPA ALTA D.F.

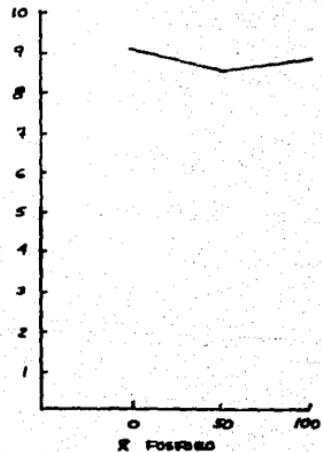
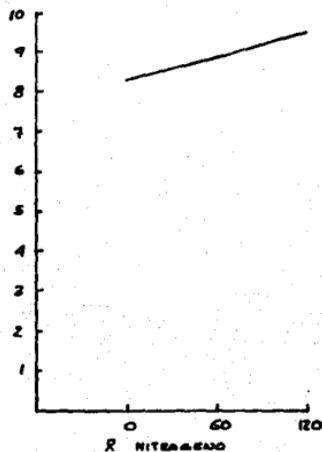
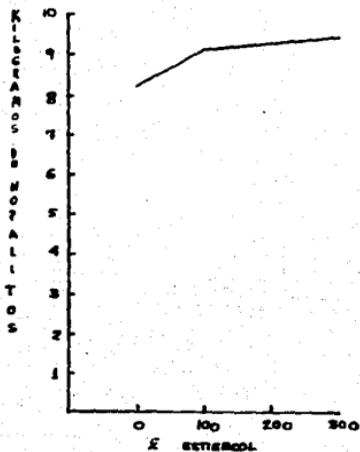
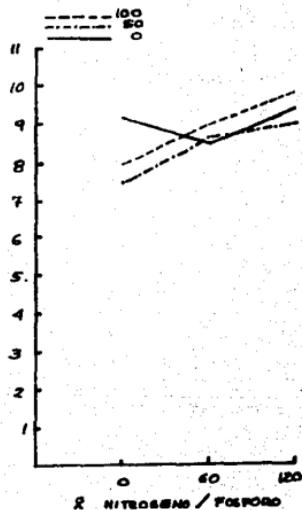
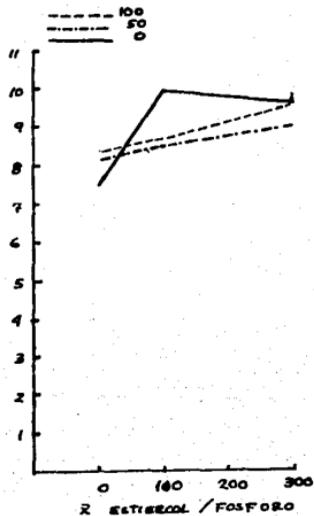
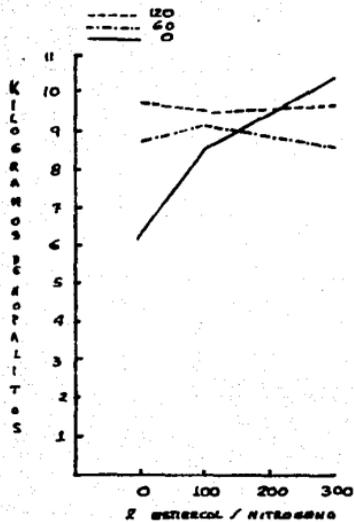


FIG. (V) COMPORTAMIENTO DE LAS INTERACCIONES ESTIERCOL/NITRÓGENO, ESTIERCOL/FOSFORO, NITRÓGENO/FOSFORO CON RESPECTO A LA PRODUCCIÓN DE PAL VERDURA.



El aumento de materia seca se presenta cuando la producción de compuestos orgánicos sobre pasa a los consumidos por la respiración por lo tanto el aumento de materia seca esta en función a una relación estrecha entre la radiación total recibida y el incremento de la materia seca, (Nobel, 1982).

El Efecto de la luz en la tendencia de la orientación de los nopales probablemente depende del incremento de la productibilidad de los cladodios originales que interceptan la (RAF) máxima, Tendiendo sus caras, generalmente al este-oeste y de la respuesta fototrófica de los cladodios nuevos debido a los cambios de acidez máxima, que se combinan para producir las trayectorias observadas, (Nobel, 1982).

Así cuando se favorece el crecimiento radical se afecta la parte aérea y viceversa, cuando se detiene el crecimiento vegetativo se favorece la diferenciación floral. De donde se tiene que las plantas vigorosas de crecimiento rápido, utilizan los carbohidratos elaborados por las hojas para la formación de nuevos tejidos y no hay diferenciación floral.

Plantas adultas presentan crecimiento lentocasi nulo, los carbohidratos que se forman se acumulan en grandes canti-

dades , lo que permite un incremento en peso, y con ello una floración abundante . De ahí se deduce que los nutrientes se destinaron a vigorizar el crecimiento y aumentar el número de brotes ; por los constantes cortes de nopalito tierno lo cual no permitió un incremento en peso.

El análisis de varianza (apéndice, cuadro 12) realizado con los datos del cuadro 7, referentes al número de brotes, por parcela demostró que si existen diferencias significativas entre tratamientos . Las figuras VI, VII muestran el comportamiento de éstas. Como las interacciones de la figura VII, no son significativas se concluye que los factores son independientes entre sí.

Se procedió a comparar las medias muestrales con la prueba de rango múltiple de Tuckey (cuadro 10).

La prueba de Tuckey cuadro 10, demuestra que los tratamientos : 300 ton. de estiércol por hectárea +120-00-00 y 300 ton. de estiércol por hectárea +120-100-50, son significativamente diferentes, con mayor número de nopalitos que el resto de los tratamientos.

Con ésto se acepta la hipótesis propuesta, además se confirman los resultados obtenidos por Castañeda (1977); y Vázquez(1981).

Fig.VI. GRAFICA DE PRODUCCION DE NOPAL VERDURA EN NUMERO
 CON APLICACION DE ESTIERCO (Tm/Ha), NITROGENO (Kg/Ha),
 FOSFORO (Kg/Ha), EN MILPA ALTA D.F.

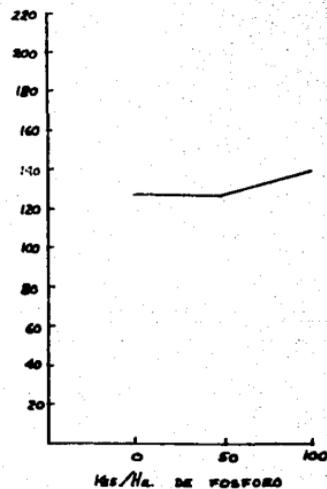
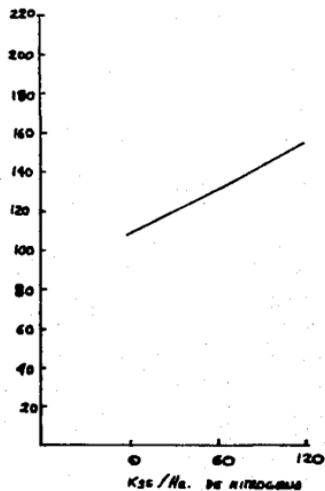
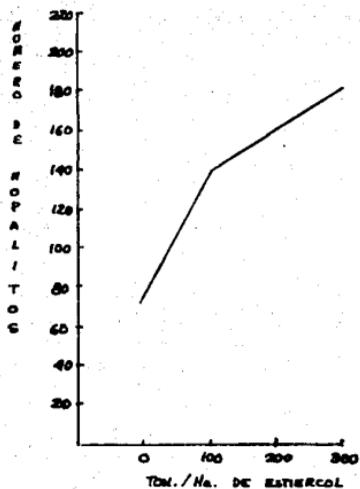
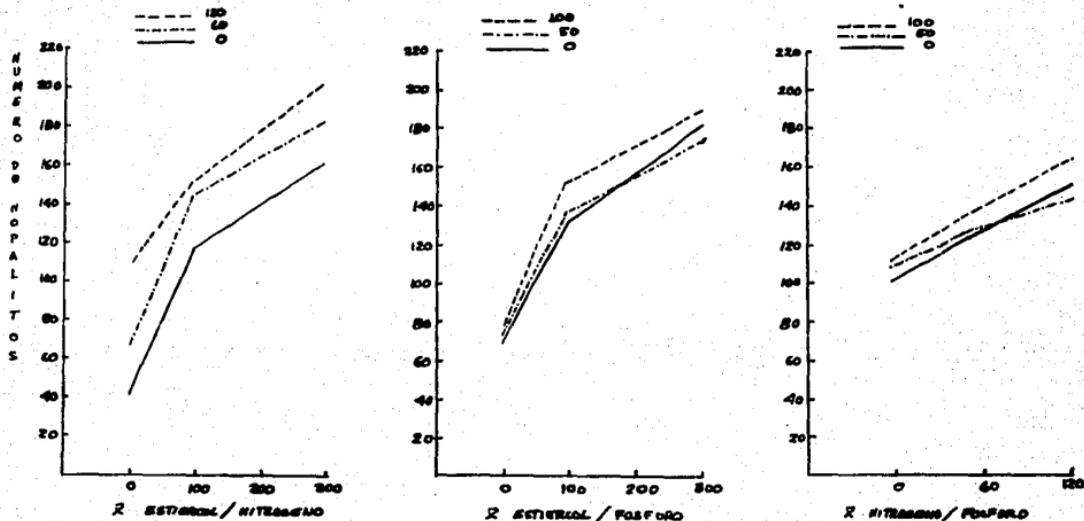


Fig.VII COMPORTAMIENTO DE LAS INTERACCIONES ESTIERCO/NITRÓGENO, ESTIERCO / FOSFORO ; NITRÓGENO / FOSFORO CUAJ RESPECTO A LA PRODUCCION NOPL VERDEA EN NUMERO EN MILPLA ALTA D.F.



Cuadro 10 MEDIAS MUESTRALES (\bar{Y}_i) CORRESPONDIENTE AL
 NUMERO DE NOPALITOS.

Tratamientos	Número de nopalitos(\bar{Y}_i)	Significancia	5%
300-120-100	109.50	a	
300-120- 00	103.75	a	
300- 60- 00	94.00	abc	
300-120- 50	91.00	abc	
300- 60-100	90.25	abcde	
300- 60- 50	90.00	bcdef	
300- 00-100	84.50	bcdefg	
100-120-100	83.00	cdefgh	
100- 60-100	82.50	cdefghi	
300- 00- 50	81.00	cdefghik	
300- 00- 00	77.25	cdefghikl	
100-120- 50	73.75	cdefghiklm	
100-120- 00	71.75	defghiklm	
100- 60- 00	68.75	fghiklmn	
100- 60- 50	68.75	ghiklmn	
100- 00-100	63.00	ghiklmñ	
100- 00- 50	61.00	klmñop	
00-120-100	56.00	lmñop	
00-120- 00	54.50	mñopqr	
100- 00- 00	54.00	mñopqrst	
00-120- 50	53.00	mñopqrs	
00- 60-100	36.50	nñopqrsu	
00- 60- 50	35.00	rstuv	
00- 60- 00	30.00		uv
00- 00- 00	21.00		uv
00- 00- 50	20.50		uv
00- 00-100	20.00		uv

Nota : Los tratamientos que tienen la misma letra, son iguales estadísticamente.

En general los elementos minerales en este experimento (nitrógeno y fósforo), se registró un mayor grado de respuesta a nitrógeno que a fósforo. Esto puede atribuirse a las siguientes consideraciones .

Estudios de nutrición mineral en nopal mostrarón que el nitrógeno es el elemento crítico, en la actividad fotosintética expresada por la cantidad de ácido málico que se acumula durante la noche, está altamente relacionada con los niveles de nitrógeno en la planta (Nobel, 1983). Llegando Nobel a sugerir que éste elemento mineral puede ser el nutrimento mineral que más limita al desarrollo del nopal en condiciones de campo.

El comportamiento del fósforo en el aprovechamiento por el nopal no fué representativo. Lo cual pudo deberse a que el sitio del experimento por si mismo según análisis del suelo son ricos en fósforo ;aunque desde luego no podemos afirmar que éste sea aprovechado por la planta (pudiera ser no asimilable por la misma), se desconocen las exigencias en cantidad de los elementos nutritivos necesarios para este cultivo .

Referente al estiércol se piensa que no puede ser sustituido por el fertilizante químico, al menos en este tipo de suelo y en las condiciones físicas de la misma. Debido a que además de ayudar a incrementar la producción,

realiza varias funciones para que la capa arable pueda ser un suelo fértil. Es más remunerativo económicamente combinar la materia orgánica más fertilizante químico; aunque esto estaría en función a las condiciones económicas del agricultor.

Analizando el climograma (sistema ombrotérmico) de la figura (III) correspondiente a la zona de estudio, se observa que se trata de un sistema (homeotermo), pues las temperaturas medias mesuales no son muy altas, pero tampoco muy bajas, ya que oscilan entre 13°C a 18 °C ., cae dentro del intervalo de temperaturas en que generalmente se desarrollan los nopales.

(Blanco, 1966) sin embargo la temperatura es un factor limitante en la producción; al grado que la cosecha disminuye considerablemente en épocas frías.

La relación entre radiación y orientación de los cladodios es importante en la producción por la siguiente razón : Es necesaria para la Eficiencia fotosintética, por la forma plana que poseen los cladodios . En un estudio por Becerra, (1975), se observó que los cladodios orientados al norte y sur acumulan más calor durante el día, lo cual evidencia, que realizan una mayor captación de luz directa que las orientadas este - oeste .

Se entiende su importancia de esto si se toma en cuenta que la planta está en constante crecimiento vegetativo como no

pal cultivado, requiere de mucha energía para mantener dicha actividad sin afectar el fotosintato, es decir, se hace necesario superar en mucho el punto de compensación de la luz para que se mantenga la producción.

Con respecto a la precipitación se tuvo 7 meses de lluvias en donde el coeficiente de evapotranspiración tiene valores positivos en relación a la humedad, lo que indica que el nopal tuvo un período largo de humedad, con esto se tiene una relación directa entre la época de lluvia y la producción, ya que coincidió la época de primavera - verano con el tiempo en que se llevo a cabo el experimento; favoreciendo al cultivo pues las condiciones climáticas se mostraron propicias para su desarrollo.

Cabe mencionar que el nopal no solo tiene importancia en el aspecto económico, sino también en la conservación del suelo. Protege la capa fértil contra la erosión debido al sistema radicular que posee.

7.2 Interpretación del coeficiente de regresión del área foliar con respecto a la producción.

El coeficiente de regresión (apéndice, cuadro 13) analizado con los datos del cuadro 7, área foliar con respec-

to al peso de nopalitos por tratamiento , figura VIII, es el siguiente:

El incremento del peso de nopalitos no fué estadísticamente significativo, solo el 18 porciento de el incremento se debió al area foliar.

El coeficiente de regresión del área foliar (apéndice, cuadro 14) analizados del cuadro 8, con respecto al número de nopalitos por tratamiento, figura IX, es :

No hubo una diferencia estadísticamente significativa, lo que indica que no existe ninguna relación entre el área foliar y el incremento del número de nopalitos, según los resultados obtenidos solo un 3.5 porciento del incremento se debio al area foliar.

Una de las causas del incremento de la producción (peso, y número) pudo deberse según asegura Watson (1956) a la influencia sobre la asimilación neta de materia orgánica que es ejercida por la luz y la temperatura, sin embargo también influye la aplicación del estiércol y el fertilizante químico.

FIG. (VIII) COEFICIENTE DE REGRESION DEL AREA FOLIAR(X)
CON RESPECTO A LA PRODUCCION EN KILOGRAMOS
DE NOPALITOS (Y).

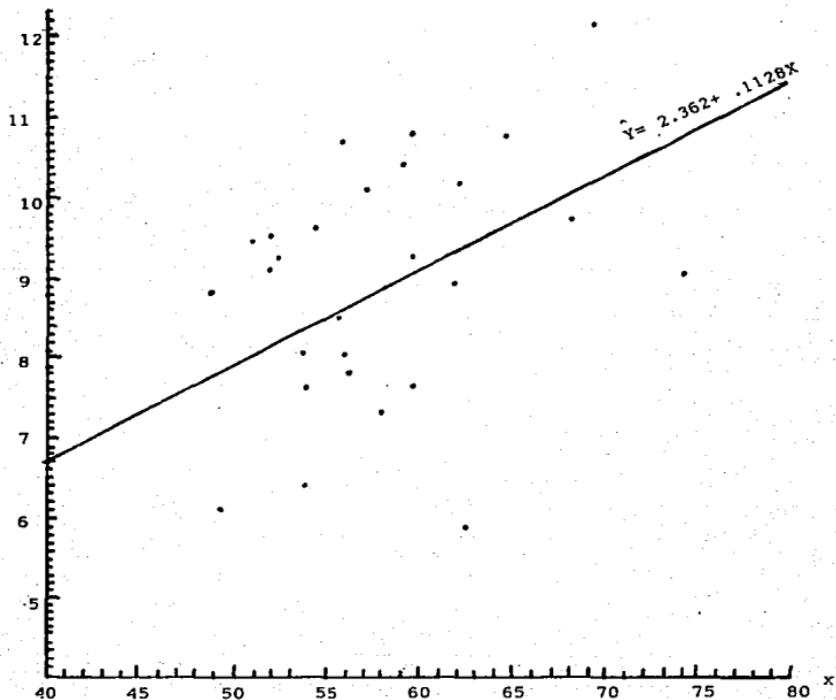
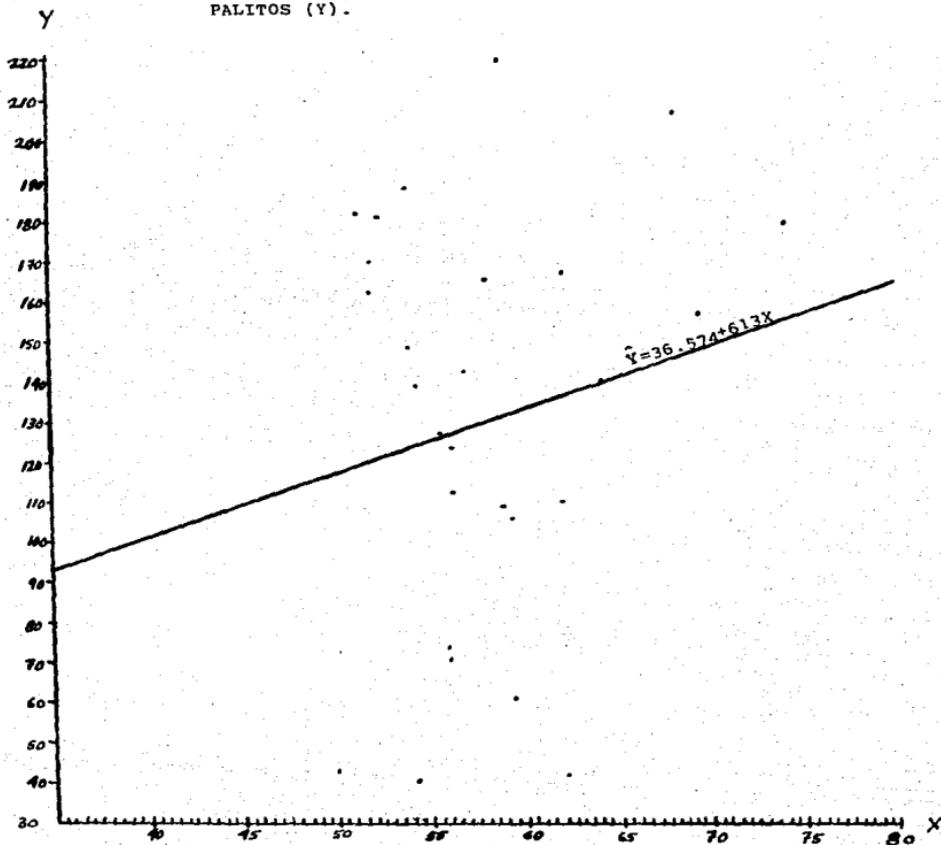


FIG.(IX) COEFICIENTE DE REGRESION DEL AREA FOLIAR (X)
CON RESPECTO A LA PRODUCCION EN NUMERO DE NO
PALITOS (Y).



8 CONCLUSIONES

1. La evaluación realizada muestra que el incremento en la producción de nopal se debe principalmente a la aplicación de materia orgánica y en menor grado a la fertilización química.
2. Las dosis que presentaron una mayor productividad en número fueron : 300 ton. estiércol+ 120- 00 -00, 300ton. estiércol +120- 100- 00-00. Se considera necesario llevar a cabo otros estudios, ya que éstas son dosis máximas de estiércol y nitrógeno, y por lo tanto es conveniente explorar la respuesta a mayores cantidades.
3. El coeficiente de regresión del área foliar con respecto a la producción infiere que el área foliar no influye directamente en el incremento de la producción.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aguilar Becerril, G. , 1980. Efecto de varios reguladores de crecimiento en nopal tunero (Opuntia amyclaea). Tesis profesional. UACH. Chapingo, México.
2. Aguilar, C. R. et al, 1983. El nopal en la delegación de Milpa Alta, D. F. Investigación trimestral. UAM. México, D. F.
3. Alvarado y Sosa, L. , 1978. Fisiología y Bioquímica del desarrollo del fruto tunero (Opuntia amyclaea T.). Tesis maestría. ENA-CP. Chapingo, México.
4. Alvarez Armenta, R. , 1982. Explotación intensiva del nopal de verdura (Opuntia ficus-indica) a nivel huerto familiar como alternativa de producción en el poblado de la Compañía, municipio Ofuechola, Puebla. Memoria de servicio social. UAM. Xochimilco. México, D. F.
5. Barrientos Pérez, F. , 1964. Multiplicación vegetativa del nopal a partir de fracciones mínimas de la planta. CP. Chapingo, México.
6. Barrientos Pérez, F. , 1976. Propagación del nopal (Opuntia spp). Informe anual de actividades. Sección de Fruticultura. CP. Chapingo, México.

7. Barrientos Pérez, F. , 1978. Variedades del nopal (Opuntia spp) y su utilización en México. Sección de Fruticultura. CP. Chapingo, México.
8. Barrientos Pérez, F. , 1981. El nopal (Opuntia spp), su mejoramiento y utilización en México. CODAGEM-SARH. Metepec, México.
9. Bautista Castañon, R. ,1982. Los ecosistemas nopalers del valle de México. UACH. Chapingo, México.
10. Becerra Rodriguez, S. 1975. Eficiencia fotosintética del nopal (Opuntia spp) en relación con la orientación de sus cladodios. Tesis de maestría. ENA-CP. Chapingo, México.
11. Benson, L. , 1968. The of cacti Arizona. The University of Arizona. Press. Tucson, Arizona. EUA. 218 p.
12. Bock Sánchez, Y. 1984. Usos y comercialización de los productos de la nopalera (Opuntia spp) en el municipio de Salinas. S. L. P. Tesis profesional. UACH. Chapingo, México.
13. Boke, N. H. 1980. Developmen morphology and anatomy cag

taceas, Bioscience, 605 - 610 p.

14. Burbank, L. 1907. Los cactus como un alimento de cosecha. Santa Rosa Sonoma. California . E. U. A.
15. Buxbaum, 1955. Morphology of cacti. Sección III. Fruits and seed. Abbery Garden Press, Pasadena, California .
16. Bravo H. 1978. Las cactáceas en México. 2ª edición. UAM. México.
17. Bravo Hollins, H. y J. Piña Luján. 1979. Algunos aspectos sobre la industrialización de los nopales. Cact. suc. México.
18. Bravo Hollins, H. 1982. Las cactáceas de México. UAM. Distrito Federal.
19. Brom Rojas, F. 1979. El nopal. CONAFRUT- Patronato del maguey. México.
20. Castañeda Pérez, A. 1987. sistemas de producción agrícola del nopal para verdura Opuntia ficus- indica, en la delegación de Milpa Alta, D. F. Tesis profesional. ENEP. los Reyes Iztacala. México.

21. Castillo, Rafael. 1986. La selección natural de los sistemas de cruzamiento en Opuntia robusta . tesis profesional. UAM. México.
22. CODAGEM. 1981. Persectivas de la utilización del nopal y la tuna. Monografía. SAIMEX.
23. CODAGEM. 1982. Cultivo, explotación y su aprovechamiento en el nopal en el Estado de México. Secretaria de Desarrollo Agropecuario. Metepec. México.
24. CODAGEM. 1984. El cultivo del nopal, una alternativa económica en los suelos áridos y semiáridos. México.
25. Colunga Gaecía, P. 1984. Variación morfológica, manejo agícola y grados de domesticación de Opuntia spp. Tesis profesional. Bajío. Guanajuato.
26. CONAFRUT. 1977. Tuna. Boletín informador comercial frutícola No. 127. Distrito Federal. México.
27. CONAZA. 1981. El nopal. Publicación especial, No. 34 México.
28. Correa Fuentes, M. y otros. 1983. El nopal en la delega-

- gación de Milpa Alta, D.F. UAM. México.
29. Coronado P. R. 1939. Estudio sobre las plagas con especial referencia a Lanifera cyclades Druce. Tesis profesional. UACH. Chapingo. México.
 30. Cruz Hernández, J. P. 1980. Evolución de las selecciones de nopal tunero Opuntia spp en la zona semidesértica del estado de Puebla. Memoria, VIII Congreso de fitogenética. SOMEFI. Uruapan. Michoacán.
 31. Cruz Hernández, J. P. 1982. Guía para cultivar nopal tunero en el estado de Puebla. INIA. CAETECA. folleto técnico No. 4 . Tecamachalco. Puebla.
 32. Chavez Araujo, Madrid Ríos, Aragón Salgado. 1980. Incidencia de enfermedades en el nopal tunero Opuntia spp. CONA-FRUT. México. D. F.
 33. Dawson Y. E. 1963. How to know the cacti. Brown company Debuque i owa 150p.
 34. Departamento de Extensión Agrícola. 1969. Cultivo y aprovechamiento del nopal. Folleto Técnico. Chapingo México.
 35. Desarrollo Agropequero. 1985. Recopilación de información

del nopal. Milpa Alta, D. F.

36. Dirección General de Distritos y Unidades de Temporal. 1980. El cultivo del nopal, una alternativa económica en suelos áridos y semiáridos. Folleto Técnico.
37. Flores, V. E. M. 1973. Algo sobre morfología y anatomía de semillas de cactáceas. Tesis de maestría. ENA. CP. Chapingo, México.
38. García Marín, S. 1984. Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de (Opuntia spp) en el Bajío Guanajuatense. Tesis de maestría. CP. Chapingo, Méx.
39. García Mayoral, T. 1965. Problemas entomológicos del nopal en el valle de México. Tesis profesional. ENA. Chapingo México.
40. García, V. A. 1972. Cultive nopal de verdura. Rama de genética. Chapingo, México.
- García, V. A. 1973. Manejo de nopal forrajero. Rama de genética. CP. Chapingo, México.
41. García, V. A. 1978. Cultive nopal de verdura. CP. Escuela

- Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
42. Garciá Velazquez, A. y J. E. Grajeda Gómez. 1982. Cultivo nopal para verdura. CP. Chapingo, México.
 43. Gómez, D. M. 1985. Aprovechamiento de los desechos agrícolas en el cultivo del hongo (Pleurotus ostratus). investigación trimestral. UAM. Xochimilco. México. D. F.
 44. Grajeda G. J. 1977. Producción de nopal para verdura en invierno . Informe anual. Sección de fruticultura. CP. Chapingo, México.
 45. Grajeda. 1978. Cactus ficus indica el nopal manso. Tesis profesional. ENA. Chapingo, México.
 - 46 Grajeda Gómez, J. E. 1978. Influencia de la poda sobre la producción intensiva de nopal verdura (Opuntia spp) y su relación con la tasa de asimilación neta. Tesis de maestría. CP. Chapingo, México.
 47. Grant, V. and P. D. Hord. 1979. Pollination of the Southwestern Opuntias. Plant Systematics and evolution 133. 15- 28 pp.

48. Guenko Guenko 1969. Fundamentos de horticultura cubana. Instituto del libro. La habana. Cuba.
49. Guevara Revill, J. A. 1977. Biología de Chelinidea tabulata, Burm (hemiptera correidade) Chinche gris del nopal y evaluación preliminar de insecticida para su control. Tesis profesional. ENA. Chapingo, México.
50. Haberlandt, G. 1965. Physiological Plant Anatomy. Today and Tomorrow book agency. New Delhy . 777 pp.
51. Hernández Rivera, L. 1978. Distribución del sistema radical del nopal (Opuntia Amyclaea T.). Tesis de maestría . CP. Chapingo, México.
52. López Avila, C. 1982. Malacathepec momoxco, historia legendaria de Milpa Alta. CIYES. en la antropología social . Cuadernos de la casa Chata. LICA. San José.
53. López Gónzales, J. J. 1977. Análisis cuantitativo de la arquitectura de Opuntia streptacantha Lemaire. Tesis profesional. UAM. Saltillo Coahuila.
54. López Gónzales, J. J. 1981. Descripción y transformación del ecosistema Opuntia streptacantha Lemaire . UAM. Saltillo, Coahuila.

55. López González, J. J., Gástó y R. Nava. 1981. Proceso de carga y descarga frutal en poblaciones naturales de Opuntia strptacantha Leimare. Monografía. vol. 7. No. 4, Serie recursos naturales UAS. Saltillo, Coahuila.
56. López Zamora, E. 1977. El agua, la tierra, los hombres trabajando. Fondo de cultura económica. México.
57. Lozano González, M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal (Opuntia spp). Tesis profesional. UAS. Buena vista, Coahuila.
58. Martínez, L. M. y J. A. Maldonado. 1979. Importancia de las zonas áridas en el desarrollo general del país. PRONASE. Méx.
59. Mauseth, J. D. and W. Halperin. 1975. Hormonal of organogenesis in Opuntia polycantha. Arizona, E. U.
60. Mc. Neisch, R. S. 1964. Ancient Mesoamerican Civilization. Science : 143, 531 - 537 pp.
61. Mendoza, G. 1982. Compendio de mercado de productos agropecuarios. LICA. San José.
62. Moreno González, J. 1962. Datos sobre nopales tuneros

(Opuntia spp) en introducción al estado de Nuevo León.

Tesis profesional. ITESM. Monterrey. Nuevo León.

63. Nava, C. R. 1981. Dinámica de poblaciones del ecosistema natural de Opuntia strptacantha Lemaire. Monografía Técnica científica. vol. 7, No. 5. Recursos naturales. UAS. Saltillo, Coahuila.
64. Pesenti, A. 1976. Lecciones de economía política. E. C. P. 5a edición. México.
65. Pimienta Barrios, E. 1978. Estudio de las causas que producen engrosamiento de cladodios en nopal (Opuntia spp) en la zona de Chapingo. Tesis MC. PC. Chapingo, México.
66. Pimienta Barrios, E. 1981. Estudio anatómico y morfológico de la formación de la flor y el fruto del nopal (Opuntia spp.). Resumen, II Congreso Nacional de Fruticultura. Guadalajara, Jalisco.
67. Pimienta Barrios, E., Engleman, M. y C. P. Rosas . 1985. Algunos aspectos del ciclo reproductivo del nopal (Opuntia spp)tunero. Memorias del seminario sobre la investigación de los recursos genéticos. SOMEFI. México, D. F.

68. Pimienta Barrios, E. y Engleman, M. 1985. Desarrollo de la pulpa y proporción en volumen de los componentes del lóculo maduro en la tuna (Opuntia ficus-indica). Agrociencia. No. 62. CP. Chapingo, México.
69. Pimienta, B. E., Mauricio y A. Delgado. 1986. Caracterización de la variación en formas de nopal tunero en el Altiplano Potosino-Zacatecano. Variación fenológica y de componentes del fruto maduro. Resumen. XI Congreso Nacional de fitogenética. Guadalajara, Jalisco.
70. Piña Luján, I. 1977. La grana o cochinilla del nopal. Monografía. LAFI. No. 1. México.
71. Ramírez, M. 1977. Explotación y aprovechamiento del nopal. INP. COFAA. SEDICT. Mundo científico.
72. Ramírez Valadez, C. H. 1987. Respuesta a la fertilización química y orgánica del nopal de verdura (Opuntia ficus-indica, Mill var. tlaconopal) en condiciones de riego y de temporal. UASLP. San Luis Potosí, SLP.
73. Real Asociación Económica de amigos del país de Cádiz. 1808. Instrucciones sobre el cultivo de nopal y cría de la cochinilla de América.

74. Reiche Karl, V. 1922. Kenntnis des dike muachstemus der (Opuntia spp). sobre tiro de Natur Wissenschaft tliche Wochenschrift.
75. Rodríguez Bastida. 1982. Caracteres morfológicos en clones de plantas adultas y juveniles de nopal (Opuntia amy-claea T). Tesis de M.C. Chapingo, México.
76. Roger Berta. 1979. Estructura agraria y clases sociales en México. ERA. México.
77. Rosas C., M. P. 1984. Polinización y fase programática en Opuntia spp. Tesis profesional. Escuela de Biología. División de ciencias y humanidades. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Mich.
78. Roos, R. 1982. Chromosome counts, cytology and reproduction in the cactaceas. Amer. J. Botánica : 68 (4).
79. Salas de León. 1975. Bibliografía del nopal, UASLP. Acta científica potosina.
80. Salgado Molina, C. 1984. El cultivo del nopal, una alternativa económica en los suelos áridos y semiáridos. D.G.U. T.S.A.R.H. México.

81. S.A.R.H. 1981. Estudio de factibilidad técnica y financiera para establecer una planta procesadora del nopal para consumo humano en Milpa Alta, D. F. Tomo 1, 2 . Coordinadora industrial y comercial S. A. de C. V. Estudio realizado para la coordinación general de desarrollo agroindustrial S. A. R. H.
82. S. E. P. Trillas. 1984. Administración de empresas agropecuarias. México.
83. Sosa Chavez, R. 1964. Microsporogénesis, importancia económica y distribución en tres especies del género Opuntia. Tesis de M.C. ENA- CP. Chapingo, México.
84. Sosa Chavez, R. y A. Acosta. 1966. Poliploidia en Opuntia spp. Agrociencia (1). 100- 106 pp.
85. Sudzuki, F. 1975. Captación y economía del agua en plantas que viven en ambientes de desierto. Bol. Tec. 38- 47. Fac. Agronomía. Universidad de Chile.
86. Tenorio Hernández, J. 1983. Estudio sobre la biología e identificación de hongos del género Alternaria aislados del nopal tunero (Opuntia spp) con la enfermedad llamada "El oro". Tesis profesional. UAM. México. D. F.

87. Trujillo, Pedro. 1936. Bibliografía del nopal.
88. Valadez V., S. y S. Chatelain . 1979. Pigmentos de la tuna cardona como posibles colorantes alimentarios. Fru ticultura mexicana. 15 (1). 18 - 32 pp.
89. Velazquez Castro, R. 1962. Aspectos ecológicos, distribución y abundancia de Opuntia streptacantha y Opuntia leucotricha en la región árida de Zacatecas y San Luis Potosí. Tesis profesional. ENA. Chapinga, México.
90. Anónimo. 1980. Reunión Nacional para Ecología, manejo y domesticación de plantas útiles del desierto. Monterrey, N. L. Publicación especial.
91. Anónimo. 1982. Reunión Nacional para Ecología, manejo y domesticación de plantas útiles del desierto. Gómez Palacio, Durango.

10 A P E N D I C E

Cuadro 11 ANALISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCION DE NOPALITOS (PESO) DURANTE 14 CORTES EN MILPA ALTA, D. F.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F 1%	F 1%
Tratamientos	26	30.875	1.188	1.345	NS	2.5
Estiércol	2	4.113	2.057	2.330	NS	5.5
Nitrógeno	2	4.288	2.144	2.430	NS	
Fósforo	2	0.842	0.421	0.470	NS	
ExN	4	9.507	2.370	2.690	NS	4.1
ExP	4	3.019	0.755	0.855	NS	
NxP	4	1.293	0.323	0.366	NS	
ExNxP	8	6.813	0.852	0.965	NS	3.3
Error	27	23.832	0.883			
Total	53	54.707				

C.V. = 21.06%

NS = No significativo.

Cuadro 12 ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE NOPALITOS PRODUCIDOS DURANTE 14 CORTES EN MILPA ALTA, D. F.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medias	F calculada	F tablas		Sig.
					5%	1%	
Tratamientos	26	34360.9	1321.6	30.35	1.88	2.47	**
Estiércol	2	27629.5	13814.7	317.35	3.35	5.49	**
Nitrógeno	2	5105.9	2552.9	58.65			**
Fósforo	2	381.7	190.8	4.41			*NS
ExN	4	584.3	146.1	3.36	2.73	4.1	*NS
ExP	4	213.1	53.3	1.22			NS
NxP	4	129.4	32.4	0.75			NS
ExNxP	8	317.1	39.6	0.91	2.31	3.3	NS
Error	27	1175.4	43.5				
Total	53	35536.9					

C.V. = 10.04 %

N.S = No significativo.

* = Significativo

** = Altamente significativo.

Prueba de Tuckey D.M.T. =

5 % = 13.54

1 % = 18.28

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Cuadro 13 COEFICIENTE DE REGRESION DEL AREA FOLIAR DE LAS
PENCAS PRODUCTORAS EN (PESO) EN MILPA ALTA, D. F

Tratamiento	Area foliar (Kg)				
	\bar{X} m ² .	Y	X ²	XY	Y ²
1	59.1	10.4	3492.81	614.64	108.16
2	51.5	8.8	2652.25	453.2	77.44
3	67.9	9.7	4610.41	658.2	94.09
4	52.6	9.2	2766.76	453.2	84.64
5	74.2	9.0	5505.64	667.8	81.0
6	53.7	7.6	2883.69	408.12	57.76
7	52.0	9.1	2704.0	473.2	82.81
8	52.0	9.5	2704.0	494.0	90.25
9	69.4	12.2	4816.36	846.48	148.84
10	62.4	10.2	3893.76	648.96	104.04
11	54.1	8.1	2926.81	438.21	65.61
12	57.3	10.1	3283.29	578.73	102.01
13	57.9	7.3	3352.41	422.41	53.29
14	54.4	9.6	2959.36	522.24	92.16
15	64.8	10.8	4199.04	699.84	116.64
16	55.6	8.5	3091.36	472.6	72.25
17	56.3	7.8	3169.69	438.14	60.84
18	59.3	9.2	3516.49	545.56	84.64
19	56.1	9.4	3147.21	527.34	88.36
20	59.6	10.8	3552.16	643.68	116.64
21	61.9	8.9	3831.61	550.91	79.21
22	56.2	10.7	3158.44	601.34	114.49
23	56.2	8.0	3158.44	449.6	64.0
24	59.6	7.6	3552.16	452.96	57.76
25	54.4	6.4	2959.36	348.16	40.96
26	62.4	5.9	3893.76	368.16	34.81
27	49.4	6.1	2440.36	301.34	37.21
	1570.3	240.9	92221.63	14111.43	2209.91
\bar{X}	58.159	\bar{Y} 8.92	91327.405	14010.566	2149.36

Cuadro 14 COEFICIENTE DE REGRESION DEL AREA FOLIAR DE
LAS PENCAS PRODUCTORAS EN NUMERO EN MILPA
ALTA, D. F.

Tratamientos	Area foliar \bar{x} m.	Numero de nopalitos Y	x^2	XY	y^2
1	59.1	219.0	3492.81	12942.9	47961.00
2	51.5	182.5	2652.25	9398.75	33306.25
3	67.9	207.5	4610.41	14089.25	43056.25
4	52.6	180.5	2766.76	9494.30	33580.25
5	74.2	180.0	5505.64	13356.00	32400.0
6	53.7	188.0	2883.69	10095.60	35344.00
7	52.0	169.0	2704.00	8788.00	28561.00
8	52.0	162.0	2704.00	8424.00	26244.00
9	69.4	154.5	4816.36	10722.30	23870.25
10	62.4	166.0	3883.76	10358.40	27556.00
11	54.1	147.5	2926.81	7979.75	21756.25
12	57.3	143.5	3283.29	8222.55	20592.25
13	57.9	165.0	3352.41	9553.50	27225.00
14	54.4	137.0	2959.36	7452.80	18769.00
15	64.8	137.5	4199.04	8910.00	18906.25
16	55.6	126.0	3091.36	7005.60	15876.00
17	56.3	122.0	3169.69	6868.60	14884.00
18	59.3	108.0	3516.49	6404.40	11664.00
19	56.1	112.0	3147.21	6283.20	12544.00
20	59.6	106.0	3552.16	6317.60	11236.00
21	61.9	109.0	3831.61	6746.10	11881.00
22	56.2	73.0	3158.44	4102.60	5325.00
23	56.2	70.0	3158.44	3934.00	4900.00
24	59.6	60.0	3552.16	3576.00	3600.00
25	54.4	40.0	2959.36	2176.00	1600.00
26	62.4	41.0	3893.76	2558.40	1681.00
27	49.4	42.4	2440.36	2074.80	1764.00
	1570.3	3548.5	92221.63	207836.40	535082.75
\bar{x}	58.159	\bar{y} 131.426	91327.49	206378.13	466364.9

Cuadro 15 ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO EN LA UNIDAD EXPERIMENTAL
EN MILPA ALTA, D. F.

Localización	No. de Reg. Lab.	Profundidad en cm	Color en seco (Escala Munsell)	Color en húmedo (Escala Munsell)	pH 1:2	% 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 (so- lubido en HCl) milimoles
M-1 (11) Metra. Com- puesta I.	53707	-----	10 YR 4/1 Gris Obac.	10 YR 3/1 G. M. Obac.	7.50	1.94	0.184	99.61	270	600	63	-
M-2 (12) Metra. Com- puesta I.	53708	-----	10 YR 4/1 Gris Obac.	10 YR 3/1 G. M. Obac.	6.80	1.03	0.098	53.00	198	600	60	-
M-3 (9) Metra. Com- puesta II.	53709	-----	10 YR 4/1 Gris Obac.	10 YR 3/1 G. M. Obac.	7.50	2.01	0.168	107.89	158	1475	265	-
M-4 (10) Metra. Com- puesta. II.	53710	-----	10 YR 4/1 Gris Obac.	10 YR 3/1 G. M. Obac.	6.80	1.10	0.108	36.67	135	1450	255	-

No. de Reg. Lab.	53707	53708	53709	53710
Arena %	64	64	66	63
Limo %	25	23	23	24
Arcilla %	11	13	11	13
Clasificación de Textura	Miagjón Arenoso	Miagjón Arenoso	Miagjón Arenoso	Miagjón Arenoso

ANALISIS DE SALES SOLUBLES EN EXTRACTOS

ELEMENTOS MENORES EN ppm Y CONSTANTES

DE SATURACION

DEL SUELO

Nr. Reg. Labant.	53707	53708	53709	53710						Nr. Reg. Lab.	53707	53708	53709	53710						
% Suspendida	43	41	45	40						Fierro (Fe)	28.14	25.54	25.43	27.62						
Condus. Eléctrica C.E.: mhos/cm	1.58	1.26	1.68	1.20						Manganeso (Mn)	1.34	1.02	1.00	0.82						
pH	7.20	6.65	7.40	6.70						Cobro (Co)	0.56	0.51	0.58	0.89						
CATIONES mg/l.										Zinc (Zn)	8.05	7.35	6.60	5.65						
Calcio (Ca)										Boro (B)										
Magnesio (Mg)																				
Sodio (Na)																				
Potasio (K)										D. A. Demanda Amoníaco.										
CLMA										C.C. Capacidad de Campo.										
ANIONES mg/l.										PHF Punto de March. Perante.										
Carbonato (CO ₃)										RSA (relación Sodio Adsorbido)										
Bicarbonato (HCO ₃)										PHI % Sodio in- tercambiable										
Sulfato (SO ₄)										PHS Sulfato Soluble.										
Cloruro (Cl)																				
CLMA																				
CLASIFICACION DEL SUELO	N	N	N	N	N	N	N													

FIG. (XIII) INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y LA PRECIPITACION EN LOS PRINCIPALES TRATAMIENTOS (27; 25, 1). EN MILPA ALTA D.F.

