

20
28



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "CUAUTITLAN"

**RESPUESTA A LA BROTAACION DEL NOPAL DE VERDURA
(Opuntia ficus-indica) BAJO EL SISTEMA DE EXPLOTACION
INTENSIVO DE MICROTUNEL, EN CUAUTITLAN IZCALLI**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

Ingeniero Agrícola

PRESENTAN

LUIS CLEMENTE LOPEZ MENDOZA

FIDEL MEJIA LARA

DIRECTOR DE TESIS

ING. GUSTAVO RAMIREZ BALLESTEROS



CUAUTITLAN IZCALLI

1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

CONTENIDO

Lista de Cuadros	I
Lista de Figuras	II
Mapas	III
Resumen	IV
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS E HIPOTESIS	4
3. REVISION BIBLIOGRAFICA	5
3.1. Distribución y origen de las cactáceas	5
3.2. Antecedentes históricos	6
3.3. Clasificación y descripción botánica	8
3.4. Especies y variedades cultivadas de nopal de verdura	13
3.5. Mecanismos morfológicos y fisiológicos del nopal	15
3.6. Agroecosistemas del nopal de verdura	19
3.6.1. Sistema de nopal para verdura a cielo abierto	19
3.6.1.1. Clima y suelos	20
3.6.1.2. Propagación	21

	Págs.
3.6.1.3. Selección del material vegetativo	22
3.6.1.4. Tratamiento del material vegetati vo	22
3.6.1.5. Plantación	22
3.6.1.6. Densidad de población y abonado	23
3.6.1.7. Control de malezas	24
3.6.1.8. Control de plagas	25
3.6.1.9. Riegos	26
3.6.1.10. Podas	26
3.6.1.11. Cosecha	27
3.6.2. Sistema semi-forzado de nopal bajo túnel	29
3.6.2.1. La temperatura	32
3.6.2.2. La luz	34
3.6.2.3. El suelo	36
3.7. Marco de referencia del experimento	44
4. MATERIALES Y METODOS	51
4.1. Localización municipal y sitios experimentales	51
4.2. Variables de estudio	57
4.3. Material y herramientas	59
4.4. Diseño experimental	61
4.5. Metodología de análisis	65
5. RESULTADOS	68
5.1. Datos de campo	68
5.2. Resultados estadísticos	73

	Págs.
5.3. Resultados gráficos	80
6. INTERPRETACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	95
6.1. De resultados estadísticos	95
6.2. De resultados gráficos	96
7. CONCLUSIONES	99
8. ALTERNATIVAS	100
9. BIBLIOGRAFIA	102
10. ANEXO	110

1.- LISTA DE CUADROS

1.- Características edáficas del sitio experimental de San Francisco Tepojaco.	53
2.- Características edáficas del sitio experimental de Santa María Tianguistengo.	55
3.- Datos obtenidos en la parcela experimental de San Francisco Tepojaco. Rendimiento en Kg.	69
4.- Datos obtenidos en la parcela experimental de San Francisco Tepojaco, No. de brotes por parcela útil.	70
5.- Datos obtenidos en la parcela experimental de Santa María Tianguistengo. Rendimiento en Kg.	71
6.- Datos obtenidos en la parcela experimental de Santa María Tianguistengo. No. de brotes por parcela útil.	72
7 y 7a.- Tablas de análisis de varianza de rendimiento y No. de brotes en San Francisco Tepojaco.	74-75
8 y 8a.- Tablas de análisis de varianza de rendimiento y No. de brotes en Santa María Tianguistengo.	76-77

II

	Página
9.- Comparación múltiple de medias Tukey en San Francisco Tepojaco para rendimiento.	78
10.- Comparación múltiple de medias Tukey en Santa María Tianguistengo para número de brotes.	79

II. LISTA DE FIGURAS

1.- Esquema del sistema de túnel	35
2.- Representación gráfica de la matriz mixta experimental Plan Puebla I.	64
3.- Diseño experimental: Matriz Mixta Experimental Plan Puebla I.	66
4.- Tendencia de respuesta a la profundidad de siembra en San Francisco Tepojaco. No. de brotes.	81
5.- Tendencia de respuesta a la profundidad de siembra en San Francisco Tepojaco. Rendimiento.	82
6.- Tendencia de respuesta al tamaño de la penca en San Francisco Tepojaco. No. de brotes.	83
7.- Tendencia de respuesta al tamaño de la penca en San Francisco Tepojaco. Rendimiento.	85

III

	Página
8.- Tendencia de respuesta al abono en San Francisco Tepojaco. No. de brotes.	85
9.- Tendencia de respuesta al abono de San Francisco Tepojaco. Rendimiento.	86
10.- Tendencia de respuesta a la profundidad de siembra en Santa María Tianguistengo. Rendimiento.	87
11.- Tendencia de respuesta a la profundidad de siembra en Santa María Tianguistengo. No. de brotes.	88
12.- Tendencia de respuesta al tamaño de la penca en Santa María Tianguistengo. No. de brotes	89
13.- Tendencia de respuesta al tamaño de la penca en Santa María Tianguistengo. Rendimiento.	90
14.- Tendencia de respuesta al abono en Santa María Tianguistengo. No. de brotes.	91
15.- Tendencia de respuesta al abono en Santa María Tianguistengo. Rendimiento.	92

III. MAPAS

1.- Uso del suelo en Cuautitlán Izcalli	3
---	---

2.- Localización de los ejidos y sitios experimentales.	56
---	----

R E S U M E N

El presente trabajo se llevó a cabo en el Municipio de -- Cuautitlán Izcalli, Estado de México, en sitios con suelos -- franco arenosos; en el ejido de San Francisco Tepojaco, con -- fertilidad pobre y pH de 7.9 y en Santa María Tianguistengo, -- con fertilidad media y pH 8.2 para explorar, el rendimiento -- del nopal de verdura Opuntia ficus-indica, variedad Italiana -- bajo túnel plástico para producción en invierno. El experimen -- to consistió en probar la forma de corte de la penca en la ba -- se (bueno y mal corte), la profundidad de siembra, el tamaño -- de la penca y la dosis de abonado, con dos niveles de estudio para la primera, y, cuatro niveles homogéneos para cada una de las restantes, con 12.5% (1/8), 25% (2/8), 37.5% (3/8), 50% -- (4/8), extra (52 cm.), grande (44 cm.), mediana (36 cm.), y -- chica (28 cm.), y 0, 5, 10, 15 cm., de abono, respectivamente. El diseño experimental utilizado fué el de la Matriz Mixta Ex -- perimental Plan Puebla I, con arreglo en Parcelas Divididas -- (las parcelas grandes son los cortes) y 14 tratamientos (parce -- las chicas) en Bloques al Azar, con tres repeticiones.

Los cortes se hicieron selectivamente cada 8 días de di -- ciembre a abril, cortando los brotes próximos a los 15 cm., de longitud procedentes de las pencas de la parcela útil. Final -- mente se cuantificó el número de brotes por tratamiento y repe

VI

tición, y el peso total en kilogramos por tratamiento y repetición.

De los resultados obtenidos el análisis de varianza no indicó diferencias significativas ni en parcelas grandes ni en -- parcelas chicas, sin embargo, la tendencia de respuesta del análisis gráfico para el número de brotes y el rendimiento en kilogramos son los siguientes: El tratamiento mediana, 3/8,5 respondió mejor para ambos ejidos con un promedio de 225 brotes y - - 15.62 kg. por metro cuadrado, y además el tratamiento mediana, 2/8,5 para San Francisco Tepojaco y Mediana, 2/8,10 para Santa María Tianguistengo y también mostraron rendimientos altos pero de menor importancia.

I N T R O D U C C I O N

La agricultura en México presenta fuertes vicisitudes que impiden la producción de los alimentos demandados por la creciente población, lo cual nos aleja cada vez más de la autosuficiencia alimentaria.

Considerando la necesidad de alimentos y la problemática del campo es indispensable "... una nueva dinámica e imaginativa política de fomento a la producción que en lo técnico y a nivel de la unidad de producción logre la conjugación de: a).- aumentar la productividad de la tierra; b).- aumentar la productividad de la mano de obra, sin expulsarla; c).- de conservar el suelo y el agua, de desarrollar la integración agropecuaria; y d).- de mejorar el manejo de potscosecha". Turrent (39) puesto que son cuantiosos los recursos humanos y naturales existentes en el campo susceptibles de mejorarse organizadamente para alcanzar poco a poco la expresión del potencial agropecuario y vincular este sector a la sociedad y progreso del país.

Considerando los múltiples problemas que aquejan a la agricultura y desalientan su práctica en Municipios aledaños a la ciudad de México, hemos visto la necesidad de sugerir la implementación de otro tipo de cultivo de mayor atractivo, para productores con pequeñas parcelas que cuenten con riego de auxilio en invierno.

Hemos optado por estudiar el nopal de verdura Opuntia ficus-indica variedad Italiana, cultivado bajo el sistema semi-forzado de túnel, siendo de nuestro interés la evaluación en invierno, pues pretendemos reforzar el sistema para contribuir a optimizar la superficie de la unidad de producción y los recursos locales existentes, así como aprovechar el mercado de consumo local.

El presente trabajo se realizó en Cuautitlán Izcalli, Estado de México, Municipio antes caracterizado por su alta producción agropecuaria, y conformado en 1973 con la finalidad de albergar a la población creciente del D. F., a raíz de lo cual se desprende la problemática agropecuaria que hoy sufre.

En este Municipio con 119,519 Km²., se urbanizó la superficie más fértil e impulsó la industria, por lo cual pierde gradualmente el interés por el trabajo en el sector primario generando problemas de tenencia de la tierra, desertificación en gran parte de la superficie con efectos severos en la parte rural al oeste del Municipio (ver mapa 1).

Con la intención de estudiar científicamente el potencial productivo del Municipio en áreas de cultivo reducidas (en espacio y productividad), establecimos el experimento en los ejidos de Santa María Tianguistengo y San Francisco Tepojaco.

2.- OBJETIVOS E HIPOTESIS

OBJETIVOS:

- 1.- Inducir la expresión del potencial productivo del nopal de verdura para reducir la concepción de rusticidad que se tiene sobre la planta.
- 2.- Contribuir a un manejo agrícola más adecuado en la explotación intensiva del nopal de verdura.
- 3.- Aumentar la producción de nopal para verdura en invierno, bajo el sistema de microtúnel.
- 4.- Evaluar la respuesta a la brotación del nopal de verdura bajo dos diferentes tipos de suelo en Cuautitlán Izcalli.
- 5.- Orientar algunas normas de calidad de la semilla (cladodio) y aportar elementos para el manejo agrícola al establecimiento.

HIPOTESIS:

Considerando el nopal de verdura Opuntia ficus-indica como especie de riego, susceptible de explotarse intensivamente, creemos que responderá favorablemente en producción, plantando pencas de buen corte de la base, de tamaño grande, enterradas a tres octavos de profundidad y bajo una dosis de abonado de 10 cm. de espesor.

3.- REVISION BIBLIOGRAFICA

En el país existen especies vegetales poco estudiadas, dentro de éstas se encuentra el nopal, cuyo potencial de aprovechamiento representa una alternativa de producción en las zonas -- áridas y semiáridas de México. Zonas que por sus condiciones - climáticas hostiles no permiten el crecimiento y desarrollo de otras plantas o sus rendimientos son raquíticos.

El nopal presenta las características morfológicas y fisiológicas que le permiten sobrevivir en medios ecológicos hostiles, por lo que su importancia se ve doblemente favorecida ya - que cumple con dos funciones elementales; primero, juega un papel determinante en la conservación del suelo y el agua, y en - segundo lugar, es un sustento económico para las poblaciones -- donde su cultivo es viable, ya que la tradición del pueblo mexicano por el consumo de los productos del nopal (nopalito y tuna) favorecen que el cultivo del nopal represente un renglón importante en la alimentación de la población.

Sin embargo, las ventajas que su cultivo represente son -- acordes a la región, al sistema de producción adoptado, y al -- propósito a que se destine la planta.

3.1. DISTRIBUCION Y ORIGEN DE LAS CACTACEAS

Las cactáceas es la familia más numerosa e importante del

grupo de las plantas suculentas, *Tiscornia* (38). Son originarias del continente Americano, donde se encuentran distribuidas en las regiones áridas y semiáridas, Bravo (6). También se encuentran en estado silvestre en otros países que se consideran como autóctonos, sin embargo, se ha sabido que fueron llevadas de América por las aves migratorias, Brom (8).

Habitán en zonas desérticas del sur de los Estados Unidos, México y América del Sur, Brom (8). La mayor densidad de géneros y especies corresponden a los terrenos secos y calizos de las zonas tropicales y subtropicales que tienen escasa elevación sobre el nivel del mar, como son los desiertos, comprendidos entre el sur de los estados del Centro de nuestro país como los de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y otros de la costa del Pacífico, Brom (8).

Se deduce que las cactáceas se han desarrollado más en Norte América y que la mayor densidad corresponde a la República Mexicana, Bravo (6), "México es seguramente el país más rico en especies de *Opuntia* (+ 110)..." Léia (23).

La República de Chile es la que alberga la mayor cantidad de plantaciones de nopal a nivel comercial, Salgado (34).

3.2.- ANTECEDENTES HISTORICOS

Bravo (6) menciona que "en la vida económica, social y religiosa de los nahoas, las cactáceas desempeñaron un papel importante a tal grado que el jeroglífico de la gran Tenochti-

tlán ostentaba airosamente un nopal, símbolo que conserva el escudo de Nuestro México actual". "Intervinieron en sus prácticas religiosas y algunos fueron elevadas a categoría de Dioses, e influyeron determinando la fundación de poblados en regiones cactíferas y se les tuvo gran estimación como plantas de ornato".

Las cactáceas han presentado a través de la historia del país, gran importancia, principalmente entre las tribus prehispánicas por sus características medicinales y alimenticias, Bravo (6), importancia que hasta la fecha sigue prevaleciendo.

Los Aztecas designaban a las especies de las cactáceas que presentaban tallos articulados, discoides y aplanados, con el nombre de "nochtli". Los "nochtli", llamados también "nopalli" comprendían diversas especies que se distinguían nominalmente añadiendo el radical "nochtli" uno o varios términos que precisaban sus cualidades, Bravo (6).

Con el nombre de "nopalnochtli", eran conocidos los nopales donde se criaba la cochinilla, para la extracción del colorante, Bravo (6).

Bravo citado por Bautista (1), menciona que los indígenas que más emplearon el nopal en sus cultos religiosos fueron los Aztecas y los Otomíes.

Los españoles en la época de la conquista observaron las bondades del nopal, el cual fué llevado a España, de donde se propagó a todas las costas del Mediterráneo, Portugal, Italia,

Grecia y Norte de Africa, Salgado (34).

3.3. CLASIFICACION Y DESCRIPCION BOTANICA

CLASIFICACION BOTANICA

Según Britton y Rose, citado por Bravo (6) los nopales pertenecen a:

Reino	Vegetal
División	Angiospermae
Clase	Dicotiledónea
Orden	Opuntiales
Familia	Cactáceae
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntiae
Género	<u>Opuntia</u>
Subgénero	Platyopuntia
Especie	Opuntia ficus indica
Variedad	Italiana

El género *Opuntia* se encuentra en México, representado por dos subgéneros que son *Cylindropuntia* y *Platyopuntia*, de éste último sus artículos son aplanados y en forma de raquetas, al cual pertenecen las especies conocidas como nopales, Bravo (6). El subgénero *Platyopuntia* comprende 253 especies de las cuales 110 están representadas en México, Sánchez (33). Dentro del --

subgénero se reconocen 28 series de especies, Britton y Rose -- (7).

Se conocen hasta la fecha 125 géneros pertenecientes a la familia de las Cactáceas, mismas que comprenden 2,000 especies. Sánchez (33).

Bravo (6) dice que la clasificación de las especies de nopal es un problema difícil, debido a su polimorfismo, determinada principalmente por la hibridación a que han estado sujetos.

DESCRIPCION BOTANICA

Familia Cactaceae. Lindley, citado por Bravo (6).

Son plantas perennes, suculentas, con distintos hábitos, generalmente espinosas, caracterizadas por órganos especiales llamadas areolas. Limbo de las hojas ausente o reducido a escamas pequeñas o a primordios anatómicos, sólo bien desarrollado en algunos géneros. La familia se constituye por tres subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae y Cereoideae.

Familia Opuntioideae. Schumann, citado por Bravo (6).

Cactáceas arborescentes, arbustivos y hasta rastreras. Tallos cilíndricos, claviformes, casi globosos o en cladodios, -- más o menos ramificados, hojas con limbo pequeñas. cilíndrico subulado y caduco, sólo en un género es laminar aunque carnoso; tubérculos más o menos prominentes. Areolas circulares hasta elípticas, con pelos, glóquidas y espinas. Representada en Mé-

xico por dos Tribus: Phillopuntieae y Opuntieae.

Tribu Opuntieae. Britton y Rose, citados por Bravo (6)

Plantas con ramas cilíndricas, claviformes o laminares - - (cladodios) verdes. Hojas muy reducidas, cilíndricas, subuladas, caducas. En nuestro país se representa con los géneros: - Opuntia y Nopalea.

Género Opuntia. Tournefort, citado por Bravo (6)

Son individuos arborecentes, arbustivos o rastrojos, simples o cespitosos, tronco bien definido o con ramas desde la base, ramas erectas, extendidas o postradas, artículos globosos, claviformes, cilíndricos o aplanados (cladodios), muy carnosos, o leñosos, limbo de las hojas pequeño, cilíndrico, carnosos, muy pronto caduco, areolas axilares con espinas, pelos, glándulas y a veces glándulas; generalmente las de la parte superior de los artículos son las productoras de flores; espinas solitarias o en grupos, desnudas o en vainas papiráceas. Flores generalmente hermafroditas. Ovario Infero, con una cavidad y muchos ovulos. Estambres numerosos, más cortos que los pétalos, fruto en baya, seco o jugoso, espinoso o desnudo, globoso, ovoide hasta elíptico.

Subgénero *Platyopuntia*. Britton y Rose (7).

Esta categoría agrupa a todas aquellas especies del género *Opuntia* que presentan tallos aplanados (pencas, cladodios). Dentro del subgénero se reconocen 28 series de especies.

Serie *Ficus-indica*. Britton y Rose, citado por Bravo (6)

Plantas arborecentes, generalmente con artículos grandes, espinas ausentes o muy escasas; cuando presentes pequeñas y blancas, flores grandes comunmente amarillas o anaranjadas. Son plantas cultivadas desde épocas prehistóricas originadas quizá, de espinas que forman la serie *Streptacanthae*. Presentan numerosas variedades y formas que son cultivadas por sus frutos y pencas comestibles, así como también por el uso forrajero de sus pencas sin espinas.

Comprende tres complejos definidos, comunmente considerados como especies:

Opuntia ficus-indica.- Corresponde a plantas con superficie opaca en sus artículos que son delgados y como de 50 cm. de longitud.

Opuntia crassa.- Presenta superficie opaca en sus pencas, pero son gruesas y de aproximadamente 15 cm. de longitud.

Opuntia undulata.- Plantas con superficie lustrosa en sus cladodios.

Opuntia ficus-indica. Miller, citado por Bravo (6).

Conocido como "nopal de castilla". Son: arborecentes de 3 a 5 metros de alto, tronco leñoso bien definido de 60 cm. a 1.5 metros de altura y 20 a 30 cm. de diámetro, artículos oblongos hasta largamente abovados de 30 a 60 cm. de largo y 20

a 40 cm. de ancho y 1.9 a 2.8 cm. de grueso, color verde opaco. Areolas distantes entre sí como 2 a 5 cm. pequeñas, angostamente elípticas, de 2 a 4.5 mm. de largo, 3 mm. de ancho, espinas casi siempre ausentes, cuando existen son escasas y pequeñas; glóbulos más o menos numerosas, amarillos, caducas, flores de 7 a 19 cm. de diámetro y como de 6 a 8 cm. de largo, segmentos exteriores del perimetro ovados hasta ampliamente cuneados, abovados agudos hasta truncados, enteros, mucronados o denticulados, amarillos con la porción media rojiza o verdosa; segmentos interiores del perianto angostamente abovados hasta angostamente cuneados, truncados hasta redondos, enteros, mucronados o denticulados, amarillos hasta anaranjados; pericarpelo con algunas espinas pequeñas, caducas, fruto oval, de 5 a 10 cm. de largo y 4 a 8 cm. de diámetro, amarillo, anaranjado, rojo o purpúreo, abundante pulpa carnosa algo umbilicado, sus frutos y sus artículos tiernos son comestibles.

Existen opiniones como las de Britton y Rose que dicen que Opuntia ficus-indica es una forma inerte de especies relacionadas con la serie Streptacanthae y que su colocación en una serie especial es solamente "a matter of convenience" (a manera de conveniencia).

Por otro lado, Berguer, citado por Bravo (6) cree que es una forma sin espinas de Opuntia amyklaea. Así, Griffiths, --

Benson y Walkinton citados también por Bravo (6), indican que el origen de esta forma sin espinas se encuentra en Opuntia megacantha, consideran a esta especie como el tipo silvestre de Opuntia ficus-indica.

3.4. ESPECIES Y VARIEDADES CULTIVADAS DE NOPAL PARA

VERDURA

Barrientos (2) y Becerra (4) reportan que las especies que normalmente se usan para la producción de verdura son: Opuntia ficus-indica y Opuntia undulata, se puede afirmar que todas -- las especies de nopal silvestre o cultivadas son aptas para el consumo como verdura fresca.

Sin embargo, en San Luis Potosí Bock (5) menciona que las especies que se explotan en mayor proporción son: el nopal cardón (Opuntia streptacantha) y el nopal tapón (Opuntia rebusta).

En la actualidad ya existen variedades mejoradas de nopal con fines hortícolas obtenidas en el Colegio de Postgraduados de Chapingo, a partir de mejoramiento genético, mismas que se describen a continuación:

Variedad tlaconopal: (Opuntia inermis).- Produce brotes carnosos y con muy poca espina y tiene la ventaja de que su sabor no es agrio, García (15).

Variedad Copena V-1: Se ha seleccionado para verdura -- principalmente por su buena capacidad para la producción de --

brotos succulentos, sin espinas, sin problemas de acidez y poca baba, sus brotes presentan resistencia a heladas en períodos de retorno largos en invierno. Barrientos (2) y Barrientos (3).

Variedad Copena F-1.- Es una variedad de triple propósito (verdura, fruto y forraje), cuyos brotes son más delgados que los de Tlaconopal, presenta pocas espinas, poca baba y su sabor no es agrio, produce nopalitos de excelente calidad, García (15).

Cabe hacer la observación que estas variedades no están muy difundidas a nivel comercial principalmente por el alto costo que representa el material vegetativo.

Variedad Italiana.- Es una variedad que ha prevalecido durante mucho tiempo en Milpa Alta, D. F., presenta brotes de buena calidad, con un poco más de espinas que las Copenas, con sabor agrio y poca baba, es la variedad de mayor consumo en la Cd. de México, y la principal zona productora de esta variedad es la Delegación Milpa Alta (Observación personal).

Variedad Atlixco.- En la localidad de Tlaxcalañcingo, Distrito de Atlixco, Puebla, existe un nopal de verdura denominado var. Atlixco. Presenta las siguientes características: el tamaño de la penca es mucho más grande que las variedades mejoradas, alcanzan 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 poca espina (menor a la Ita-

liana) y de buena apariencia comercial. En San Martín de las Pirámides, Estado de México, también se encuentran plantaciones de nopal Atlixco, mismo que prefieren por sus características (comunicación personal con productores).

Bravo (6) cita algunas variedades hortícolas derivadas de Opuntia ficus-indica de acuerdo a las características del fruto, y son las siguientes:

- Variedad Alba
- Variedad Rubra
- Variedad Lutea
- Variedad Asperma
- Variedad Piriformis
- Variedad Serotina

3.5. MECANISMOS MORFOLOGICOS Y FISIOLOGICOS DEL NOPAL

El agua es un factor ambiental que muchas veces resulta escaso en la producción de cultivos y conduce a menudo a pérdidas en productividad de las plantas.

El nopal se ubica en el grupo de las plantas xerófitas con resistencia a la sequía de Levitt, pues presenta características morfológicas que le permiten economía del agua, Algunas de ellas son:

a) Desaparición de las hojas, cayendo las pequeñas hojas ubicadas en las areolas y con ello reduciendo la superficie de

transpiración, y la presencia de espinas en algunas especies -- que sirven para condensar el agua, proporcionar sombra al cladodio y dar protección física.

b) Los estomas están hundidos, manteniendo una especie de microclima húmedo cerca de ellos.

c) La cutícula es muy gruesa, reduciendo la transpiración cuticular.

d) El sistema de raíces es extenso y "llega a medir hasta 8 metros de longitud, distribuido principalmente en los 40 cm. superiores del suelo". Hernández (18), sujetando las raíces el suelo por su distribución vertical y horizontal.

De esta manera natural se desarrolla superficialmente; -- Buxbaum, citado por Hernández (20) menciona que el crecimiento horizontal se da porque la planta realiza el intercambio gaseoso por las raíces durante el día dado que los cladodios le pueden hacer solo durante la noche, aunque su distribución se asocia al manejo agrícola y condiciones de humedad, suelo, nutrientes, etc.

Rebolledo y Figueroa (32) establecen como conclusión de su trabajo lo siguiente: "1).- la falta de humedad en el suelo estimula el enraizamiento de las pencas; 2).- la longitud de las raíces está en relación con la disponibilidad de humedad y nutrientes del suelo; 3).- para el rendimiento en fresco de raíces se observó que O. ficus-indica respondió a la aplicación de

N, P, K, E, M, y estiércol en sustrato de origen ígneo. En su suelo calcareo O. robusta respondió a la aplicación de N, P, y E, M: O. ficus-indica respondió a N, P, K, y fertilizantes más estiércol; O. streptacantha no presentó respuesta alguna..."

e) Los cladodios no son solo tallos modificados que realizan fotosíntesis, sino que actúan como órganos de almacenamiento de fotosintatos y agua. "En el nopal la fotosíntesis se efectúa de manera principal en el tallo (cladodio)... a través del parénquima clorofiliano situado debajo de la epidermis y tejido suberoso. La estructura de este parénquima es análogo al parénquima empalizado de las hojas, y está constituido de varias capas de células prismáticas de gran tamaño y paredes delgadas con numerosos cloroplastos; este parénquima se comunica al exterior por los estomas, gradualmente se convierte en acuífero constituyendo la zona central y esponjosa del cladodio por donde circula la savia ascendente, este tejido esponjoso almacena grandes cantidades de agua, la cual en parte permite mantener a la planta por grandes períodos de sequía. Bravo, citado por Grajeda (19).

El nopal por su morfología representa un gran ahorro de agua cuando está sometido a condiciones de stress, sin embargo, también ha desarrollado algunos mecanismos fisiológicos que lo hacen más eficiente para retener el agua, algunos de ellos citados por el I.N.I.F., son los siguientes:

a) La savia es viscosa y permite el cierre rápido de ---

cualquier herida.

b) Se producen sustancias muy higroscópicas a partir de los ácidos orgánicos muy abundantes en el nopal.

c) Los polisacáridos se convierten en pentosas que al combinarse con sustancias nitrogenadas forman compuestos con gran capacidad de imbibición.

Además, el nopal reduce grandemente las pérdidas de agua por transpiración al cerrar sus estomas durante el día, con pérdidas de agua (mínimas) durante la noche al abrir sus estomas para captar el CO_2 , condición que le permite conservar en sus hojas y tallos agua de almacenamiento.

Un mecanismo fisiológico que otorga alta eficiencia fotosintética a la planta es su metabolismo del ácido crasuláceo (planta CAM). Al respecto Ranson y Thomás, citados por Grajeda (19) se refieren a tal metabolismo al decir: "Las cactáceas pertenecen al ciclo C_3 , pero con el metabolismo del ácido crasuláceo, estas plantas abren sus estomas en la noche cuando las condiciones son menos propicias para la transpiración y absorben CO_2 del aire, convirtiéndolo en ácidos orgánicos, del grupo carboxílico en especial en los ácidos málico e isocítrico. Durante el día los estomas se cierran y son descompuestos los ácidos orgánicos para liberar CO_2 que las células de inmediato utilizan para la fotosíntesis. Como resultado de este comportamiento la transpiración de estas plantas es menor durante la no

che que en el día y en general es menor que en otras plantas. - Esta condición permite succulencia y que efectuen fotosíntesis - conservando agua en sus tallos y hojas, que almacenan cuando es tá disponible".

El nopal por su metabolismo CAM responde ante las condiciones naturales de strees, pero bajo otros sistemas de manejo -- donde se le proporcionan condiciones de cultivo favorables para su desarrollo se observa que tiende a modificar tal metabolismo quizás para comportarse como Planta C_3 , puesto que durante el - día bajo el sistema de túnel hay flacidez de brotes tiernos por pérdidas de agua. (Observación personal).

3.6. AGROECOSISTEMAS DE NOPAL DE VERDURA

3.6.1. SISTEMA DE NOPAL PARA VERDURA A CIELO ABIERTO

El nopal de verdura, se ha considerado desde la época pre-colombina, como un cultivo de mucha importancia, principalmente por constituir parte de la dieta alimenticia de las tribus antiguas y actualmente del pueblo mexicano, así como por las atribuciones que hacen de sus propiedades medicinales. En la actualidad sigue prevaleciendo dicha importancia por lo que se le han tenido como una planta de mucha utilidad.

En México, la región nopalera de la Delegación de Milpa -- Alta, D. F., es la más importante por su extensión en el culti-

vo del nopal para verdura; se producen 1,500 toneladas de nopalito semanalmente, en poco más de 3,000 hectáreas y la verdura es absorbida por el mercado de la Ciudad de México, SAIMEX (36). De esta manera el cultivo del nopal con fines hortícolas, ha representado para los habitantes de Milpa Alta, la base de su economía.

El establecimiento de nuevas plantaciones en el Estado de México, Puebla, Hidalgo, Morelos, PROMAN (27), refleja la importancia que va cobrando el cultivo como alternativa de producción.

El sistema de producción de nopal de verdura bajo condiciones ambientales naturales (cielo abierto) ha sido la forma de explotación de esta especie, en la mayoría de las plantaciones existentes en el país por lo que es necesario resaltar aspectos importantes del manejo de este cultivo.

3.6.1.1. CLIMA Y SUELO

El nopal es una planta de habitats fríos y semi-fríos -- que requiere de las siguientes condiciones climáticas y edáficas para su desarrollo:

La temperatura es uno de los factores de mayor influencia en el desarrollo del nopal de verdura, requiere de un rango óptimo que fluctua entre 16°C. y 28°C., soporta una máxima de -- 35°C., sin que llegue a 40°C. de temperatura ambiental durante la brotación. Los periodos de retorno cortos abajo de 10°C. --

ocasionan daños a los brotes tiernos e inhiben el desarrollo general de la planta. El rango de precipitación pluvial para el nopal es amplio, y se encuentra de 150 a 1 800 mm. anuales. PROMAN (27).

De preferencia el establecimiento del nopal para verdura a cielo abierto debe realizarse en lugares con buena distribución de las lluvias durante el año.

En lo referente a la altura, el cultivo prospera en un rango de 800 a 1800 msnm.. Puede desarrollarse por arriba y por abajo de estos rangos.

El nopal para verdura requiere de suelos de origen calcareo de texturas francas, franco-arenoso, franco-arcilloso-arenosos y arenas francas, que presentan buen drenaje, buena permeabilidad, con pH de 6.5 a 8.5 y pendientes ligeras, de preferencia usar suelos pobres y delgados, suelos en donde otros cultivos difícilmente pueden prosperar. PROMAN (27).

3.6.1.2. PROPAGACION

Es recomendable tener plantas asexualmente, debido a que bajo esta condición aseguramos la conservación de las características fenotípicas de la planta madre o variedad, ya que esta forma de obtener material vegetativo es la más rápida, fácil y con buenos resultados.

3.6.1.3. SELECCION DEL MATERIAL VEGETATIVO

El material debe obtenerse de huertas sanas, y debe presentarse las siguientes características para poder ser seleccionado como material de propagación:

- Que sean plantas jóvenes de 6 meses a un año de edad.
- Que no hayan tenido producción.
- De buen vigor, grosor y succulencia.
- Libre de plagas y enfermedades.
- Sin daño de plagas y enfermedades.
- Que no presenten mal formaciones.
- Tamaño mínimo de 30 cm. de largo por 20 cm. de ancho.
- Que presenten buen corte en la parte de la unión con la planta madre. PROMAN (28).

3.6.1.4. TRATAMIENTO DEL MATERIAL VEGETATIVO

Este consiste en sumergir toda la penca en un recipiente que contenga caldo bordelés al uno por ciento (1-1-100) bañándola completamente, posteriormente se deja orear de 15 a 20 días bajo sombra con la finalidad de que las heridas cicatricen y la planta escurra un poco.

3.6.1.5. PLANTACION

Se debe tener preparado el terreno, con barbecho, rastreo y cruza si el terreno es irregular, realizar curvas a nivel.

La época de plantación debe ser antes de la temporada de lluvias, de esta manera garantizamos un buen enraizamiento y -- emisión de brotes tiernos,

Se recomienda plantar la tercera parte inferior de la penca, PROMAN (27), con una orientación de Este - Oeste, o sea que las caras de las pencas estén dirigidas, una hacia donde el sol sale y la otra donde se mete, Becerra (4).

3.6.1.6. DENSIDAD DE POBLACION Y ABONADO

Con el cultivo a cielo abierto se obtienen altas producciones de "nopalito", debido principalmente al sistema de manejo -- que le proporcionan como son: la alta densidad de población -- (40 000 plantas por hectárea a 80-100 cm. entre hileras y 25-30 cm. entre plantas). - García (15), y la gran cantidad de abono -- orgánico de bovino en estado fresco, cantidad que fluctua en ca pas que van desde 15 cm. al inicio de la plantación, hasta 30 ó 40 cm. de espesor en plantaciones de mayor edad (comunicación -- personal), de esta manera proporcionan humedad a la planta, así como nutrientes principalmente Nitrógeno, elemento indispensable para estimular la brotación y crecimiento de los brotes.

La alta densidad manejada es con la finalidad de obtener -- resultados óptimos en la producción, sin embargo, se ha observado que a mayor densidad de población se dificultan las labores de cultivo (aplicación de abono orgánico, podas, deshierbes y -- cosecha), y se requiere de mayor uso de mano de obra. (Observación personal).

En comunicación personal con productores de Milpa Alta, -- han manifestado que bajo esta densidad, el paso de los años, es más difícil realizar los trabajos de manejo, por lo que actualmente muchos productores están optando por ampliar las distancias entre hileras y plantas disminuyendo la densidad de población, empleando distancias de 1.25 metros entre hileras y 40 -- cm. entre plantas, PROMAN (28) obteniendo una densidad de - - - 20 000 plantas por hectárea, otros productores incluso amplian más la distancia entre hileras a 1.50 metros obteniendo una densidad de 16,666 plantas por hectárea; considerando este aspecto de importancia, hemos visto que la experiencia obtenida por los productores a través del tiempo, les ha dado la razón, recu--- rriendo a mejorar cada vez más el manejo de sus huertas.

3.6.1.7. CONTROL DE MALEZAS

Las malezas compiten con el cultivo por espacio, luz, nutrientes, humedad, etc., dificultan el manejo de la planta cultivada y muchas de ellas son hospederas de algunas plagas y enfermedades.

El control implementado es manual, utilizando azadón, de preferencia se debe mantener limpio al cultivo durante todo el año, sin embargo, por el costo que esto representa, solo se deben realizar 2 a 3 deshierbes al año, en la época de mayor incidencia, que es durante la temporada de lluvias. PROMAN (27),

3.6.1.8. CONTROL DE PLAGAS

El nopal al igual que otros cultivos está propenso al ataque de plagas, por lo que es necesario realizar su control; la época de mayor incidencia de estas coincide por lo general con el aumento de la temperatura ambiental y aumento de la humedad relativa y del suelo, condiciones que se presentan casi durante la temporada de lluvias y que son favorables para el desarrollo de los insectos.

Dentro de las plagas más importantes que causan daños serios al cultivo del nopal, tenemos las siguientes:

- Picudo de las espinas (*Cylindrocopturus biradiatus*, Champs).
- Chinche gris (*Chelinidea tabulata*, Burn).
- Picudo barrenador (*Cactophagus spinolae*, Gyll).
- Gusano cebra (*Olycella nephelepsa*, Dyar).
- Gusano blanco del nopal (*Lanifera cyclades*, Druce).

El tipo de control más usual es el químico, realizando aspersiones de Folidol, Malatión, etc., en dosis de 1 a 2 litros por hectárea en 200 litros de agua, realizando 1 a 3 aplicaciones al año, dependiendo del grado de infestación que tenga el cultivo.

3.6.1.9. RIEGOS

El nopal es una planta que sobrevive tan solo con el agua de lluvias, pero cuando se somete a cultivo, en áreas donde se carece de abono, fresco, que aporte humedad, es necesario suministrar el agua con riegos de auxilio para obtener mayor producción, principalmente durante los meses de sequía, los riegos deben ser ligeros y con una periodicidad quincenal.

3.6.1.10. PODAS

Las podas tienen una función importante, dar a la planta una forma correcta para el manejo, evitando que las calles se cierren y facilitar el acceso al interior de la huerta, además de que estimula la brotación ya que conforme se deja desarrollar un número mayor de brotes de la primera emisión y luego se eliminan, las producciones subsecuentes de brotes son más elevadas, Grajeda (19).

Los tipos de poda que se practican en el nopal de verdura son:

Poda de formación.- Consiste en dar forma a la planta, eliminando aquellas pencas que se amontonan, las mal orientadas, las que van hacia abajo o sobre el suelo, en si se pretende que las pencas que queden, se encuentren bien distribuidas en la planta, la altura a la que se debe dejar la planta para facilitar la cosecha es de 1,70 m.

Poda de sanidad.- Consiste en eliminar todas aquellas pen-
cas que presenten daños fuertes por plagas y enfermedades.

Poda de rejuvenecimiento.- Cuando una huerta ha sido ex-
plotada durante muchos años (15 a 20), su producción tiende a -
decaer, debido a la edad y al agotamiento de sus yemas vegetati-
vas, siendo necesario su eliminación para establecer una planta-
ción nueva o practicar la poda de rejuvenecimiento.

La primera opción, resulta desventajosa, debido a que im-
plica costos el realizar todo el trabajo que se requiere para -
una nueva plantación.

La segunda opción consiste únicamente en eliminar la mayor
parte de la planta, dejando solamente los 40 cm. inferiores del
tronco, e iniciar de nuevo la formación de la planta, la ventaja
que ofrece esta práctica consiste en un ahorro casi total de --
los costos de establecimiento.

A la fecha esta práctica se ha implementado en plantacio-
nes comerciales con buenos resultados.

3.6.1.11. COSECHA

Los mayores volúmenes de producción se obtienen en los me-
ses de mayo a septiembre, correspondiendo éstos al período de -
lluvias, pero debido a que en este período, la brotación de no-
palito se presenta también en las plantas de nopal silvestre la
incidencia de esta verdura en el mercado es alta, ocasionando -

que el precio sea muy bajo.

Chávez y Galicia (9) al respecto resumen que "La Delegación de Milpa Alta, se caracteriza por ser una región fundamentalmente agrícola, de entre cuyos productos destaca el nopal de verdura como puntal de la economía regional. Existe sin embargo, una problemática relacionada con los aspectos de cultivo, comercialización e industrialización del mismo, lo cual constituye un factor que limita la explotación del producto (a pesar de que la producción es perenne), con la característica peculiar, de que en la temporada de más alta producción de nopal de verdura, su explotación no es rentable, creándose así enormes volúmenes de desperdicio".

La cosecha se realiza cuando el brote alcanza el tamaño comercial de 15 cm. aunque el tamaño puede ser mayor, según los gustos del consumidor y exigencias del mercado demandante.

El corte se hace preferentemente por las mañanas, con un cuchillo, cortando en la base de la penca.

Durante los meses de octubre a marzo la producción del nopal de verdura disminuye casi en su totalidad en las zonas productoras por la aparición de bajas temperaturas (heladas) que inhiben la brotación, ocasionando que la producción disminuya y el precio del producto aumente por la poca oferta existente.

Bajo estas circunstancias se investigan sistemas de producción intensiva que permitan tener producción en invierno, --

que garanticen una buena rentabilidad, para el caso se propone el sistema bajo microtúneles, como un cultivo semi-forzado para la producción de nopal con fines hortícolas.

Haciendo una comparación económica de los sistemas a cielo abierto y microtúnel, hemos observado que ofrece ventajas importantes el sistema de microtúnel, puesto que el monto de inversión se amortiza al primer año de establecimiento, lo cual no ocurre con el sistema a cielo abierto que se amortiza hasta el segundo año. (Ver anexo).

3.6.2. SISTEMA SEMI-FORZADO DE NOPAL BAJO TUNEL

El sistema semi-forzado de cultivos bajo túnel es poco practicado en México, y constituye una forma de producción intensiva con la utilización de materiales plásticos de cobertura que generen un "efecto de abrigo", al cultivo y le favorecen en gran medida al crecimiento y desarrollo en periodos en que las condiciones climáticas lo impiden.

El sistema, practicado en muchas especies hortícolas acarrea ventajas importantes para el productor, puesto que: a).- permite obtener cosechas fuera de las épocas normales de producción; b).- permite obtener cosechas precoces y de mayor calidad; c).- aumenta considerablemente los rendimientos de las cosechas; d).- permite un aprovechamiento de los abonos y mantiene el suelo en tempero, Robledo y Martín (31). Y además cons-

tituye una forma de producción intensiva para regiones con alta presión demográfica sobre el suelo agrícola en demanda de alimentos, de necesidades de empleo e inclemencias del tiempo.

Este sistema con el cultivo del nopal representa grandes ventajas, puesto que la planta responde favorablemente a las condiciones generadas en esta forma de cultivo.

En algunos estudios de nopal bajo túnel realizados en México se ha avanzado muy poco sobre el manejo agrícola y condiciones para su utilización, siendo su difusión y aceptación muy limitada. Los productores que lo practican atribuyen grandes ventajas al sistema, aduciendo que se obtienen cosechas de muy buena calidad en épocas del año de gran demanda.

El semi-forzado en nopal representa importantes ventajas ante el sistema a cielo abierto, pues se alcanzan producciones de hasta 27 kilogramos por metro cuadrado cada mes, Grajeda (19), en invierno en plantaciones establecidas de 2 años, o en promedio 36 brotes por metro cuadrado cada mes en el primer año de cosecha durante el establecimiento (Observación personal).

El sistema representa importante ahorro de espacio, agua y calor con un "aprovechamiento mayor de abono". Robledo y Martín (31), manteniendo el cultivo una alta agresividad ante muchas malas hierbas y favoreciendo la retención del suelo por su abundante masa de raíces. Son además ventajas del cultivo por sus características fisiológicas adaptativas, los bajos requeri

mientos de agua dado que es una planta CAM, Grajeda (19) además menciona como una de sus conclusiones que "... el factor humedad no mostró ser el responsable directo de las variaciones en la producción de los brotes".

El nopal de verdura bajo tunel (de noviembre a abril) se establece con raquetas sencillas de 1 año de edad tratadas con caldo bordelés, en camas de 2 metros de ancho y densidad de población de 15 a 55 pencas por metro cuadrado, con estiercol como fuente nutritiva y de humedad. Otros factores de la producción se desconocen en efectos sobre el rendimiento, por lo que generalmente se hacen prácticas agrícolas que se consideran propias pero de las que se desconocen su contribución o demérito en el rendimiento.

El sistema de producción de tunel con plástico térmico normalmente se caracteriza por modificar la temperatura, la humedad del suelo, la cantidad y tipo de luz usada, etc., amortiguándose las inclemencias del tiempo y desvaneciéndose las limitantes en el crecimiento y desarrollo del cultivo, es decir, se logra una modificación de los factores ambientales que generan condiciones más adecuadas para el rendimiento al interactuar ellas con los factores controlables o de manejo del agrosistema.

Algunos de los factores modificados son: la temperatura, la luz y el suelo que a continuación se tratan.

3.6.2.1. LA TEMPERATURA

Con la intención de amortiguar las bajas temperaturas invernales en ocasiones acompañadas de heladas, se utilizan las cubiertas plásticas para captar la energía solar y tratar de conservarla durante la noche, cuidando seleccionar la orientación del túnel, su diseño y las características del plástico, para captar en lo posible las radiaciones incidentes pues ellas son en parte reflejadas, y en parte absorbidas y transformadas en energía, además para favorecer "el fenómeno de transmisión de calor por irradiación, por conducción y convección, pues constituye la causa directa de las variaciones de la temperatura del interior...", dada la selección de las radiaciones infrarrojas cortas (760 a 1000 micras), efecto conocido como "efecto de invernadero" De la Iglesia (14).

La cubierta plástica es un material de alta transmisión térmica (70.8%), causa ello del rápido enfriamiento durante la tarde y noche en los túneles, y una alta temperatura durante el día que puede quemar al cultivo. La energía captada puede sin embargo prolongarse en el interior de los túneles con una película de agua condensada de 0.05 mm. de grosor en la noche para reforzar el efecto de invernadero, Dubois (26).

Una de las desventajas del polietileno es que la transmisión solar de 76% se ve reducida en un 50% por la condensación durante el día de vapor de agua en la cara interna, impidiendo la transmisión térmica, aunado a ello, la adherencia de polvo

en el exterior por las cargas eléctricas del plástico que limitan el mejor efecto de invernadero.

Durante la noche el polietileno por su permeabilidad deja escapar la temperatura captada, como es la radiación infrarroja de onda larga (mayor de 2500 micras) emitida por el suelo, dando lugar a una pérdida térmica elevada, y, "utilizando polietileno es posible que se produzca una inversión de temperatura, - es decir en la región de cero grados centígrados la temperatura es más baja dentro que fuera de la estructura", Dubois (26).

El film o cubierta plástica que normalmente se usa es plástico normal o plástico térmico de calibre 400 a 600 galgas, de ancho suficiente para los aros metálicos que tienen alturas variables. Barrientos (2) sugiere mini-invernaderos (no reporta medidas) aunque bajo condiciones comerciales se practica a 150 cm. de altura, siempre teniendo en cuenta el sistema de poda -- que se usa, la altura de la plantación, y como regla general que indican Robledo y Martín (31) "... que a un metro cuadrado de superficie cultivada y protegida debe corresponderle como mínimo un volumen aproximado de 0.45 a 0.50 m³" aunque en general - entre más grande sea el tunel calienta más.

En cuanto a la temperatura se ha visto que el nopal responde favorablemente al "pequeño efecto de invernadero" generado por la cubierta plástica y soporta algunas bajas temperaturas - que el plástico amortigua poco, siendo dañado solamente cuando se da la inversión de temperatura quemando los brotes o bien --

cuando se carece de una aireación adecuada, durante las horas más calientes del día con una deshidratación tan alta que se sequen los brotes y la planta. Grajeda reporta en su trabajo de tesis que el nopal bajo la cubierta plástica responde favorablemente, pues "...existe un ascenso de la producción asociado al efecto de invernadero... es una evidencia indicadora que uno de los factores que más está influyendo sobre la emisión de los brotes tiernos es la temperatura...".

Los túneles usados son semicirculares anclados con piquetes de hierro y estacas de madera, hilo axial auxiliado de cuerdas cruzadas para sujetar el film (ver figura I).

3.6.2.2. LA LUZ

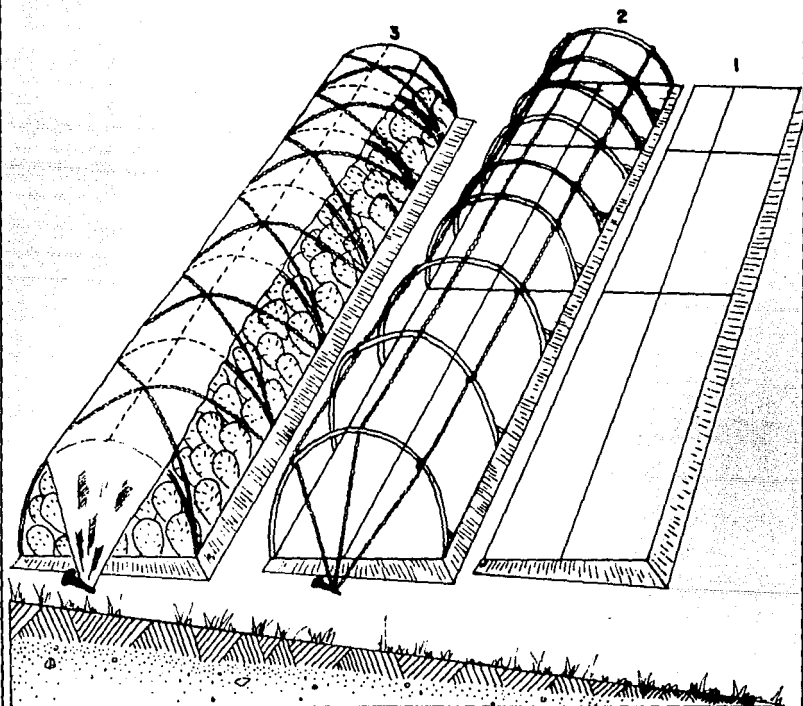
La luz es un factor muy importante para los rendimientos máximos, ya que de ello dependerá la duración de la temperatura favorable y la actividad fotosintética de la planta.

Tratando de proporcionar la mayor cantidad de luz a los cultivos se opta por utilizar recubrimientos de forma parabólica o semicircular, pues estudios revelan que aporta ese diseño un 90% de la luz total con un paso de aproximadamente 75% a través del recubrimiento, con un 20 a 30% o más de la luz reflejada, Robledo y Martín (31).

La intensidad de luz que se proporciona al nopal de verdura es la luz directa del espectro durante las horas más calientes del día y solo con la selección del ultravioleta durante la

Fig. 1

ESQUEMA DEL SISTEMA DE TUNEL



1.-Preparación de la cama de siembra.

2.-Distribución de Arcos y Amarres.

3.-Plantación de Nopal y Colocación del Plástico.

tarde para captar calor.

Es el factor luz muy importante en la producción del nopal de verdura, pues la intensidad luminosa influye marcadamente en la apariencia del brote, desarrollándose brotes muy alargados -- de difícil aceptación en el mercado, dado que la intensidad luminosa disminuye por la inclinación de los rayos solares y la reducida duración del día durante invierno, (observación personal).

En ocasiones la falta de luz en los brotes dadas las características del plástico, le ocasiona alargamiento, alcanzando -- los brotes dimensiones como 15.5 cm. x 6.7 cm. ó 23 cm. x 9 cm. de largo y ancho respectivamente. Lo anterior muestra lo importante que es conocer el manejo técnico del cultivo del nopal de verdura bajo túnel, siempre con la intención de aumentar la producción de alimentos, considerando la desertificación (por asentamientos humanos) que existe en las áreas conurbanas y la necesidad de mejorar las unidades de producción pequeñas.

3.6.2.3 EL SUELO

El suelo representa un factor primordial para que los cultivos alcancen un buen anclaje, medio nutritivo que permita el desarrollo y fortaleza del sistema de raíces.

Resulta primordial por ello que el suelo tenga una buena calidad, es decir, que tenga una relación favorable entre las propiedades físicas, biológicas y químicas que conduzcan a altos -- rendimientos. Para que se alcance tal equilibrio se requiere --

que haya condiciones climáticas, de fertilidad, de manejo, etc., que conserven o mejoren el suelo.

Algunos de los factores del suelo que se consideran en favor de la producción en el sistema intensivo de microtúnel son: la temperatura del suelo, el aporte juicioso de abonos y fertilizantes, y el aporte de agua, entre otros, aunque no se han generado suficientes conocimientos al respecto.

Con la intención de hacer resaltar la importancia que representa el conocer tales factores, a continuación se presenta un bosquejo de algunas bases teóricas que podrían reforzar tal necesidad y se comprende un poco más el presente trabajo que se desarrolla con el nopal de verdura.

Mediante el uso de cubiertas plásticas se seleccionan rayos luminosos y se impide la pérdida total de calor que se irradia del suelo y plantas, modificándose con ello también la condición del suelo y favoreciendo entre otras cosas una mejor realización de las reacciones físicas y químicas que tienen lugar en él, - - pues "la temperatura ejerce una influencia marcada sobre la cantidad y tipo de materia orgánica producida. El índice de descomposición de materia orgánica está controlado casi directamente por la temperatura. La influencia de esta última se puede apreciar con facilidad tomando en consideración la regla de temperatura de Van't Hoff que puede formularse como sigue: por cada aumento de 10°C de temperatura, la rapidez de una reacción química aumenta en un factor de dos a tres veces, S.W. Boul et. al. (35).

Además, siendo que la fuente energética principal es la solar, ello implica una transmisión de calor a la superficie del suelo con su calentamiento y enfriamiento según la cantidad de energía captada, pues es sabido que en invierno ésta disminuye y se hace indispensable tratar de conservarla, ya que el calor metabólico de los organismos y el calor de reacciones exotérmicas es muy bajo. Por ello se intenta en los túneles mantener - en lo posible el efecto de abrigo con el uso aunado de agua por su capacidad térmica específica elevada (una caloría por gramo por grado centígrado) mantiene durante más tiempo el calor que un suelo seco.

La temperatura del suelo también está muy relacionada con las pérdidas de agua evaporada o transpirada, siendo el grado de evapotranspiración más elevado a mayores temperaturas. Estas pérdidas de agua en el sistema de túnel normalmente se evitan - por la acumulación de agua higroscópica en las paredes internas de la cubierta y con un aumento de la humedad ambiental, con lo cual se hacen más lentos los cambios térmicos del suelo, en donde se desarrollan las raíces del nopal, pues "el calentamiento y el enfriamiento tienen lugar principalmente a partir de la superficie" S.W. Boul et. al. en las variaciones diurnas, con cambios menos drásticos de temperatura por abajo de 50 cm. de profundidad.

Si bien la cubierta plástica se utiliza en invierno, consideramos que el calor absorbido por la cubierta y transmitido al

interior mantiene caliente el ambiente y el suelo "las propiedades climáticas de los suelos están relacionadas de modo muy estrecho con los climas atmosféricos ambientales" S.W. Boul et. al. (35).

A) ABONADO Y FERTILIZACION

La producción intensiva de los cultivos exige de importantes aplicaciones de fuentes nutritivas que retribuyen los elementos nutritivos que han sido tomados.

Es la aplicación de los estiercoles una fuente ampliamente usada en el cultivo de nopal como material nutritivo principalmente, aunque "su aplicación continúa y el uso juicioso del estiercol en la tierra de cultivo mejora las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo, y así mejora la calidad del mismo" ITESM (22).

El abonado y la fertilización son muy indispensables en el sistema intensivo por los múltiples beneficios que representa, siendo las respuestas del cultivo muy favorables y manifestada en la emisión de brotes de calidad comercial (suculentos, jóvenes, vigorosos) y una mejor regularidad en la producción, prolongándose esta una semana más en condiciones climáticas ya propias de la estación invernal, cuando se aplica a mediados de verano (diálogo con productores).

La contribución del estiercol más importante para el cultivo es por el aporte de nutrientes y la forma en que los provee -

pasando a segundo término su acción físico-biológica sobre las condiciones del suelo.

En cuanto al aporte nutritivo que hace el estiercol, está el de los nutrientes principales N, P y K, que en suma raramente exceden el 10% del peso seco del estiercol y se encuentran en -- rangos de concentración muy amplios debido entre otras cosas a - la forma de almacenamiento, manejo y aplicación, a la cantidad - aplicada, a la procedencia o condición y edad del animal, digestibilidad y calidad de los alimentos consumidos, la composición de heces-orina-paja, estado de descomposición, factores que definen diferencias muy marcadas en los estiercoles.

Sin embargo los estiercoles contienen N, P, K, micronutrientes y macronutrientes suplementarios, a menudo con un buen balance y con disponibilidad a la planta.

Con la intención de vislumbrar más enteramente la importancia del estiercol a continuación se hará mención a los nutrientes principales N, P, K.

NITROGENO

El N. es uno de los elementos de mayor importancia en el -- uso de estiercoles y es el que se pierde fácilmente por volatilización, pues en la práctica, al rededor de un tercio del nitrógeno se libera con bastante rapidez, pero gran parte es muy resistente y persiste en el suelo por largos periodos de tiempo - - - "Cooke (16) pues el nitrógeno se encuentra en forma orgánica, --

principalmente en forma de urea, proteínas no digeridas y tejidos microbianos, los cuales tienen que pasar por un proceso de descomposición de mineralización antes de que se haga disponible para la planta. Durante el proceso de descomposición se genera amoníaco (NH_3) al hidrolizarse la urea, se forma amonio a partir del ácido úrico y proteínas, pudiéndose este "ser retenido en el suelo por largos periodos de tiempo si las condiciones para la nitrificación son favorables" Ortiz (25), y hay formación de gas nitrógeno (N_2) en forma elemental que se va a la atmósfera.

El N. de los estiercoles es proporcionado gradualmente a la planta debido a que parte de él forma humus en el suelo y parte se libera gradualmente de las formas orgánicas, calculándose en condiciones de laboratorio para la Comarca Lagunera que "una tonelada de estiercol de bovino proporciona un promedio de 2.12 kg. de N. mineral para un periodo de 2.5 meses y 3.45 kg. para un periodo de 10 meses", ITESM (22).

Sin embargo, "las continuas aplicaciones de estiercol tienden a liberar el nitrógeno acumulado del humus, y la eficiencia neta total del N por un periodo de varios años es considerablemente mayor de 50% comparado con el de los fertilizantes comerciales. El aumento en humus producido por el estiercol es menor en climas calientes que en climas fríos", Ortiz (25).

Dada la importancia del N es necesario considerar:

- a) La cantidad de N en el estiercol,

b) La distribución del N entre las formas orgánicas e inorgánicas y

c) La velocidad de mineralización del N orgánico, como condición necesaria para la disponibilidad del N.

FOSFORO

El fósforo de los estiercoles se encuentra en un 30% aproximadamente en forma orgánica con un 25% soluble en agua y 45% en formas solubles inorgánicas, ITESM (22), con alta disponibilidad a pH altos, particularmente en suelos alcalinos similares a la disponibilidad del fósforo procedente de las fuentes inorgánicas.

Según cálculos el fósforo que está presente en una tonelada de estiércol es de 23.4 kg. de P_2O_5 y permite que se asimile el fósforo nativo, "también... al rededor de la mitad del fósforo presente queda disponible con rapidez para los cultivos", Cooke (16).

POTASIO

El potasio en los estiercoles es por lo general casi completamente soluble en agua y se considera tan disponible como de fuentes químicas inorgánicas.

Si bien el estiércol favorece la química del suelo, también en dosificaciones altas puede dañarla. Así por ejemplo altas dosis podrían ocasionar acumulación en los tejidos de las plantas

de elementos que pudieran ser tóxicos al ganado, pueden ocasionar un nivel alto de nitratos en el suelo, estimulándose la absorción de N y K más que de Ca. y Mg y provocarse problemas de deficiencia y problemas metabólicos, ocasionar efectos salinos en el suelo por la acumulación de potasio solubles, etc.

Análisis químico del estiercol de bovino lechero en la Comarca Lagunera. CIAN, INIA-SARH, 1981.

Composición	Rango	Promedio	Kg/Ton.
Nitrógeno	0.91 - 2.44	1.42	14.2
Fósforo	0.41 - 0.82	0.51	5.1
Potasio	1.79 - 4.78	3.41	34.1
Calcio	2.34 - 5.65	3.38	38.6
Magnesio	0.45 - 1.04	0.71	7.1
Sodio	0.25 - 0.75	0.51	5.1
Sales Solubles	3.20 - 9.10	5.00	50.0
Relación C/N	13.00 - 19.00	15.00	-
Humedad	5.00 - 55.00	35.00	-
Cenizas	38.80 - 72.40	48.60	-

Fuente: I.T.E.S.M. (22)

En cuanto a las ventajas que representa el estiercol al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, son observadas solo con aplicaciones altas de estiercol, pero podrían ocasionar degradación de las propiedades químicas del suelo.

Pero cuando se hacen muchas aplicaciones la mejoría en la condición física del terreno (velocidad de infiltración, conductividad hidráulica, retención de agua, reducción de la densidad aparente, mejora de la textura por la acción de sus diluyentes - voluminosos en suelos compactos) causada por sus efectos acumulativos pueden dominar por el efecto que producen en algunos cultivos hortícolas.

El estiercol también es una fuente muy importante de sustrato orgánico para la microflora del suelo, animales pequeños y microorganismos dada la relación favorables de C/N.

La microbiología generada mejora la aireación y el drenaje, se impide que el suelo sea más rígido cuando está seco o desprovisto de aire cuando está mojado. Además con los productos de desecho se cementan las partículas del suelo, específicamente -- las bacterias producen el efecto cementante y los hongos la -- unión.

3.7 MARCO DE REFERENCIA DEL EXPERIMENTO

La importancia que día a día toma el nopal exige un mejor conocimiento de su cultivo para manejar favorablemente las condiciones agroclimáticas, para que la planta muestre todo su potencial de rendimiento en el momento preciso.

Siendo en el manejo del cultivo la etapa del "establecimiento de la plantación" la finalidad de nuestro estudio, a continuación citamos los datos que al respecto han sido arrojados.

SUELO

El suelo donde se cultiva el nopal es muy variado, "las distintas especies de nopal se desarrollan bien en la mayoría de los suelos existentes en el país. Sin embargo, para plantaciones la experiencia ha demostrado que los mejores rendimientos se obtienen en suelos de origen igneo o en suelos calcareos (dependiendo de la especie) pero con textura arenosa, profundidad media y con pH de preferencia neutro o bien ligeramente alcalino, pero nunca ácido", CONAZA (II).

"Los suelos que presentan condiciones bastante favorables para el óptimo desarrollo del nopal, son aquellos que presentan características de textura arenosa y areno-arcillosa siempre que sean del tipo calcareo; así mismo pueden ser aprovechados suelos de poca profundidad que prácticamente son los más apropiados ya que no pueden ser utilizados para otros cultivos", Delegación del D.F. (10).

"El terreno donde se desarrolló mejor el nopal para fruta es terreno tepetatoso...", Bautista (I).

La Promotora del Maguey y del Nopal (ahora parte de CONAZA) considera: "Las texturas más adecuadas para el establecimiento del cultivo del nopal son: franco, franco-arenoso, franco arcillo arenoso. Los tipos de estructura más convenientes son: granular, migajosa, bloques, subangular, angular, prismático y columnar. La estructura laminar impide la penetración de las raíces y la permeabilidad..."

"En cuanto al pH el rango de adaptación se encuentra de 6.0 a 8.3 pero preferentemente se recomienda pH alcalino", PROMAN -- (28).

Véase que la mayoría de las citas anteriores corresponden a observaciones de campo con algún apoyo de análisis de suelo. No se relacionan esas condiciones de suelo con algún manejo al establecimiento como serían: profundidad de siembra o abonado, puesto que se carece de resultados experimentales que correlacionen el suelo con prácticas agronómicas.

EDAD DE LA PENCA

En cuanto este punto, se ha visto que desarrollan mejor las plantas de varios cladodios, maduras, plantando varias por mata, pero por razones prácticas se usan plantas de una sola penca, -- con una planta por mata, con edad de 6 meses a dos años.

"... se seleccionará las pencas de plantas que tengan de 4 a 5 años de edad, que no hayan tenido plagas o enfermedades y -- que se consideren como vigorosas..." Brom (8).

"Plantando brazos de 4 a 5 artículos se obtienen buenos resultados y se consigue mayor precocidad en el desarrollo de la planta; si se plantan 3 pencas por mata se logra la primera cosecha de tuna del segundo al tercer año de plantada, y cuando se hacen por mata se necesitan 4 años para la primera cosecha", -- Brom (8).

"Previo investigación de los hábitos de crecimiento de la variedad del nopal que se va a establecer, se seleccionarán las raquetas de plantas que tengan de uno a dos años de edad...", Delegación del D.F. (10).

"... se seleccionan aquellas pencas mayores de 6 meses hasta las de 3 años de edad que no presenten daño alguno..." CONAZA (II).

"... se procede a cortar en el vivero o huerta, las pencas de 6 meses a tres años de edad, sanas y libres de daños por insectos o malformaciones", Cruz (12).

Sin embargo un estudio específico reporta en sus conclusiones que "en los cladodios de 6 meses de edad se obtuvieron las producciones de brotes más elevadas, por lo que se plantea que en ellos existe un equilibrio fisiológico de máxima eficiencia, saturándose en esa edad la respuesta de producción", Grajeda (19).

PROFUNDIDAD DE SIEMBRA

En las diferentes fuentes de información se habla de una profundidad de siembra, pero no hay correspondencia entre ellas, ni se asocia ello con el tipo de suelo.

Recomiendan "enterrar la mitad de la penca con el corte hacia abajo" en plantación a cielo abierto o bien "enterrar el tercio inferior de la penca en la plantación en mini-invernadero",

García (15).

"La plantación se realiza colocando la mitad de la penca -- dentro de la tierra", Delegación del D.F. (10), Cruz (12).

"... la siembra se realiza colocando las dos terceras partes de la penca dentro de la tierra", CONAZA (II)

Otros reportan hasta una cuarta parte de la penca a enterrar.

ABONADO Y FERTILIZACION

En cuanto a la fertilización y abonado en el cultivo del nopal se tiene poca información impresa, debido principalmente a la falta de investigación al respecto, la mayoría de las dosificaciones que los productores practican son producto de sus experiencias de campo.

Para plantaciones de nopal a cielo abierto se tienen algunos datos aislados provenientes de observación, y para nopal bajo manejo intensivo se carece aún más de tal información.

Algunas fuentes consultadas reportan para nopal de verdura que "al mes o a los dos meses de efectuada la plantación se aplica una capa de estiércol de ganado bovino, de un espesor de 3 a 5 cm. sobre las líneas de las plantas", CONAZA (II).

"En el sistema mini-invernadero o de almácigo se prepara el terreno como se prepara el almácigo. El mini-invernadero se tra

za de la longitud deseada y de dos metros de ancho. Se coloca una capa de 15 cm. de espesor de estiercol seco y mullido, distribuido uniformemente en el almácigo (esto es aproximadamente - 840 toneladas por hectárea), sobre el estiercol se pone una capa de 10 cm. de arena", García (15).

En plantaciones a cielo abierto se recomienda "aplicar de 50 a 100 toneladas de estiercol de cabra, de vaca o de caballo - por hectárea, mezclandolo muy bien con los 25 cm. superiores del suelo. Esta estercoladura puede complementarse con la aplicación de la fórmula 120-100-00 por hectárea dividido en dos aplicaciones (a principios de y a fines de la temporada de lluvias).

Se tienen mejores resultados aplicando simultáneamente el fertilizante químico y el estiercol. Si no se pueden aplicar ambos, el estiercol es más recomendable, pero el fertilizante químico es tan bueno como el estiercol, García (15).

En Milpa Alta (la zona productora de nopal para verdura a cielo abierto más importante del D.F.) se aplican de 15 a 20 cm. de estiercol al establecimiento del cultivo, las aplicaciones -- posteriores son despues de un año, en capas que van de 30-40 cm. con una periodicidad de dos años, a veces acompañada de 100 grs. de sulfato de Amonio por planta.

La estercoladura proviene de ganado semiestabulado generalmente, aplicado en estado fresco, preferentemente a fines de la

época lluviosa con aporte de nutrientes y humedad.

Tales prácticas se observaron en la zona productora, pero no hay un conocimiento preciso de dosis necesaria, época de aplicación, condición del suelo, edad de la plantación, etc.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 LOCALIZACION MUNICIPAL Y SITIOS EXPERIMENTALES

El municipio de Cuautitlán Izcalli se ubica en la zona de transición (según su índice de aridez de 47,96) al Noroeste de la Ciudad de México, y de igual manera al interior del Estado de México, en la porción denominada el Valle de México.

El municipio comprende las siguientes coordenadas geográficas $19^{\circ} 35'LN$, $19^{\circ} 45'LS$, entre los meridianos $99^{\circ} 20'$ y $99^{\circ} 10'$ limitada al Norte con los municipios de Tepetzotlán y Teoluyucan, al Sur con los municipios de Tlalnepantla y Atizapán de Zaragoza y al Este con los municipios de Cuautitlán de Romero Rubio y Tultitlán y al Oeste con los municipios de Tepetzotlán y Nicolás Romero.

La región se encuentra ubicada en una entidad federativa con alto potencial de las plantas de zonas semiáridas: nopal y maguey susceptibles de explotarse.

El trabajo se realizó en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, en dos ejidos representativos de las zonas susceptibles de soportar el cultivo de nopal de verdura, específicamente se montaron en los ejidos de San Francisco Tepojaco y Santa María Tianguistengo situados en la porción Centro y Noroeste del municipio respectivamente.

Por las características de estos ejidos en cuanto a topografía, hidrología, edafología y clima, son representativos del municipio. Este tiene clima templado subhúmedo $C(w')$ (w) b (i') g ,

con lluvias en verano y precipitación media anual de 625 a 725 - mm., concentrándose esta en los meses de Junio a Septiembre, la temperatura máxima es de 27.8°C y la mínima de 0°C con vientos dominantes en dirección Oeste y Sureste, y presenta una altitud de 2250 a 2350 msnm, con pendientes suaves, planicies inferiores a los lomerios existentes y una vegetación característica de las zonas semiáridas pero con diferencias substanciales en cuanto al tipo de suelo por la heterogenidad en color, relieve y profundidad. H. Ayuntamiento de C. Izcalli (18).

SITIOS EXPERIMENTALES

Las localidades donde se montó al experimento reúnen características diferentes una de otra, propias al nopal de verdura, las cuales a continuación se especifican.

A) EJIDO DE SAN FRANCISCO TEPOJACO

Suelo. De las 200 hectáreas susceptibles de cultivar nopal de temporal en este ejido, la mayoría se encuentra en lomerios - en las partes más altas de la localidad, con pendientes de hasta 12 por ciento y relieve irregular, López y Mejía (24), por lo - - cual el nopal en terrazas o surcos en contorno favorece la conservación del suelo y el agua, y con el sistema de microtúnel en terrazas se reduce el arrastre del suelo y la pérdida del estiercol.

Según la clasificación FAO-UNESCO modificada por DETENAL esta localidad presenta un suelo litosol (I vp/3) con característi

cas de vértico pélico de textura fina en los 30 cm. superiores del suelo, ácidos con espesor de 10 cm. que descansa sobre roca o tepetate, Silva (37).

El sitio experimental está ubicado en la parte más alta del ejido a 2350 msnm. (ver croquis de la localización) a un costado de la Presa de Guadalupe en dirección norte, el suelo presenta una profundidad de 25 cm., formado de tepetate desmenuzado y mullido, de textura franco arenosa, de color café grisáceo, calichoso, que descansa sobre tepetate laminar, con infiltración rápida y drenaje lento después de ser preparado el terreno en terrazas.

Algunas características que arroja el análisis de suelo, PROMAN (29) son las siguientes:

Cuadro I
CARACTERISTICAS EDAFICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL DE SN. FCO. TEPO JACO.

Muestra	pH 1-2	C.E.25°C mmhos/cm	M.O W y B	CO ₂ Meq/100gr	Ca Meq/H	Mg Meq/H	Textura			Clase Text.
							Arena	Arcilla	Limo	
1	8.25	0.1231	0.414	101.917	4.471	3.888	70	12	18	fco.aren.
2	8.35	0.1303	0.245	104.960	2.721	4.665	70	10	20	fco.aren.
3	8.01	0.1513	0.865	97.073	5.442	5.053	58	16	26	fco.aren.

La disponibilidad de agua es de temporal y se presenta de mayo o septiembre con una precipitación de 600 a 700 mm. con dis

tribución errática ocasionando erosión, y, se presenta una sequía intraestival en agosto.

Con la finalidad de producción en invierno se requieren riegos ligeros de octubre a marzo.

Viento. El sitio experimental está sujeto a dos corrientes de aire, siendo la principal de febrero a marzo proveniente de norte a sur (Rosario-Tepetzotlán) y de este a oeste de menor importancia; el primero ocasiona trastornos en la cubierta plástica y erosión eólica, en febrero y marzo principalmente, el drenaje del aire en el sitio es muy eficiente disminuyendo los efectos de heladas.

Vegetación. La vegetación característica es de huizaches, nopales, jarillas, magueyes y plantas herbáceas con baja densidad, por lo cual la desertificación se da por la pérdida gradual de suelo y agua, ocasionando un menor potencial biológico.

B) EJIDO DE SANTA MARIA TIANGUISTENGO

Suelo. Este ejido es representativo de más de 50% de los suelos del municipio, pues el tipo vertisol (FAO-UNESCO) que lo caracteriza, se localiza tanto en las porciones bajas de los lomeríos como en las planicies.

El suelo vertisol (vp + 1/3) representa un suelo vertisol pélico litosol, de textura fina y media en los 30 cm. superiores del suelo.

El sitio experimental dentro del ejido, se ubica en la rive-
ra del Río Hondo de Tepetzotlán en la parte baja del ejido (ver
croquis de localización: Mapa 2).

El suelo que caracteriza este sitio es dependiente suave de
5% aproximadamente, de color negro claro con profundidad de 30 -
cm. que descansa sobre tepetate, de textura franco-arcillo-areno-
so y pH ligeramente básico.

Algunas de las características que arroja el análisis de --
suelo, PROMAN (29), son las siguientes:

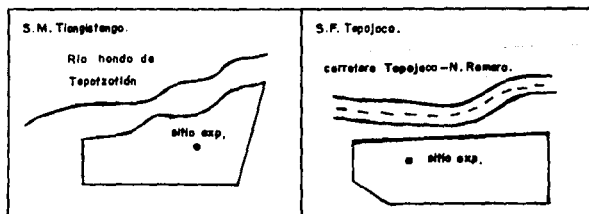
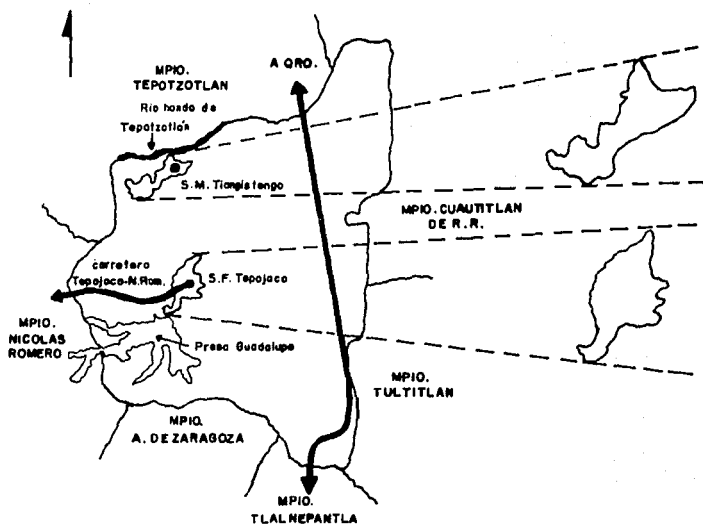
Cuadro 2
CARACTERISTICAS EDAFICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL DE STA. MA. TIAN
GUISTENGO

Muestra	pH J-2	C.E.25°C mmhos/cm	M.O. W y B	CO ₂ Meq/100gr	Ca Meq/H	Mg Meq/H	Textura (BOYUCOS)			CLASE TEXT.
							Arena	Arcilla	Limo	
1	7.94	0.1026	2.276	53.402	3.304	3.304	62	18	20	Franco- Arenoso
2	7.83	0.1045	2.276	51.460	3.110	3.110	64	16	02	Franco- Arenoso
3	7.95	0.4251	1.768	303.839	10.302	6.803	68	14	18	Franco- Arcillo Arenoso

El suelo presenta buena infiltración y drenaje, siendo te-
rrenos que conservan la humedad, sin embargo en invierno se re-
quieren riegos ligeros para continuar con la producción, siendo
permanente la disponibilidad de agua en el sitio experimental.

MAPA 2

LOCALIZACION DE LOS EJIDOS Y SITIOS EXPERIMENTALES



Viento. Considerando que la ubicación del sitio es en la parte baja, se presentan ligeras corrientes de aire amortiguadas por una barrera arborea manteniendo una circulación lenta del aire que en ocasiones provoca descensos de temperatura con presencia de heladas por abajo de 0°C durante el mes de enero principalmente.

Vegetación. La vegetación es más diversa por condiciones de humedad, siendo reducido y casi ocasional la vegetación de zonas semiáridas; existe una cobertura vegetal herbácea la mayor parte del año por lo cual en esta región existe desertificación en cuanto a la reducción de la superficie agropecuaria por la urbanización para la vivienda.

4.2 VARIABLES DE ESTUDIO

Variables independientes:

- Tratamiento de la penca con pasta bordeleza
- Densidad de plantación de 50 plantas por metro cuadrado
- Orientación norte - sur
- Oreado de 30 días
- Control de plagas y enfermedades
- Control de malezas
- Tipo de suelo

Variables dependientes:

- Corte de la penca

- a) Mal corte
 - b) Buen corte
- Tamaño de la penca
- a) Chica (ch) hasta 30 cm (codificado: 28 cm)
 - b) Mediana (M) de 30 a 38 cm. (codificado: 36 cm)
 - c) Grande (G) de 38 a 46 cm. (codificado: 44 cm)
 - d) Extra (E) de 46 a 54 cm. (codificado: 52 cm)
- Profundidad de siembra
- a) Enterrar una octava parte de la penca (codificado: 12.5 por ciento)
 - b) Enterrar dos octavas partes de la penca (codificado 25.0 por ciento)
 - c) Enterrar tres octavas partes de la penca (codificado: 37.5 por ciento)
 - d) Enterrar cuatro octavas partes de la penca (codificado: 50.0 por ciento)
- Abonado (fuente: bovino)
- a) Sin abono. 0 kg. por metro cuadrado
 - b) Con 5 cm. de espesor equivalente a 28 kg. por metro cuadrado.
 - c) Con 10 cm. de espesor equivalente a 56 kg. por metro cuadrado.
 - d) Con 15 cm. de espesor equivalente a 84 kg. por metro cuadrado.

INDICADORES A MEDIR:

- Número de brotes cosechables hasta primavera
- Rendimiento en kg. cosechados por tratamiento experimental
- Observaciones cualitativas.

4.3 MATERIAL Y HERRAMIENTAS.

ABONO:

- a) Sin abono.
- b) Con 5 cm. de espesor igual a 8.96 kg. por unidad experimental; ó 161.28 kg. por superficie experimental equivalente a 280 toneladas por hectárea.
- c) Con 10 cm. de espesor igual a 17.92 kg. por unidad experimental; ó 322 kg. por superficie experimental equivalentes a 560 toneladas por hectárea.
- d) Con 15 cm. de espesor igual a 26.88 kg. por unidad experimental; ó 80.64 kg. por superficie experimental equivalentes a 840 ton. por hectárea.

SEMILLA (cladodios o pencas) var. Italiana

- a) Extra: Buen corte (3 x 16) 48
 - Mal corte (3 x 16) 48
- b) Grande: Buen corte (6 x 3 x 16)288
 - Mal corte (6 x 3 x 16)288
- c) Mediana: Buen corte (6 x 3 x 16).....288

	Mal corte (6 x 3 x 16).....	288
d)	Chica: Buen corte (3 x 16)	48
	Mal corte (3 x 16)	48
	Total de pencas	1,344

PASTA BORDELEZA

- Un kg. de sulfato de cobre en 5 litros de agua
- Un kg. de cal en 5 litros de agua

Mezclados para formar la proporción I:I:10

ESTRUCTURA DE MICROTUNEL

- a) 10 aros de alambroń de tres octavos de pulgada, de 1.50 m. de alto y 2 m. de ancho. Pintados de esmalte blanco.
- b) 20 metros de plástico térmico calibre 600 de 5m. de ancho aprox.
- c) Un rollo de hilo de rafia.

HERRAMIENTAS

- Etiquetas
- Pala
- Guantes
- Pico
- Azadón
- Navaja

- C.beta

4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Con la intención de usar un método matemático-agronómico para diseñar recomendaciones óptimas para la producción de cultivos, combinando varios factores modificables de la producción hemos elegido el diseño MATRIZ MIXTA EXPERIMENTAL, ya que se permite que se conozca la interacción o relación entre diferentes factores de la producción y supera los diseños que prueban un solo factor y al enfrentamiento de las recomendaciones técnicas por la falta de conjugación y continuidad de ellas.

El diseño permite amplitud en la dirección de respuesta, pudiendo entonces optimizar la tecnología local.

Para imponer flexibilidad al método y permitir interpretación gráfica y matemática de resultados, utilizamos la matriz mixta experimental PLAN PUEBLA I bajo el arreglo de tratamientos de PARCELAS DIVIDIDAS, distribuidos en BLOQUES AL AZAR (ver figura 2)

Con la utilización del método anterior se reduce notoriamente el material que se requiere para probar todos los factores. Dado el modelo matemático cada repetición se reduce de 71 tratamiento a 14 tratamientos solamente, lográndose un ahorro de material de aproximadamente el 85 por ciento.

A continuación citamos los tratamientos según el diseño ex-

perimental "Matriz Mixta Experimental con Plan Puebla I en Parcelas Divididas y Bloques al Azar".

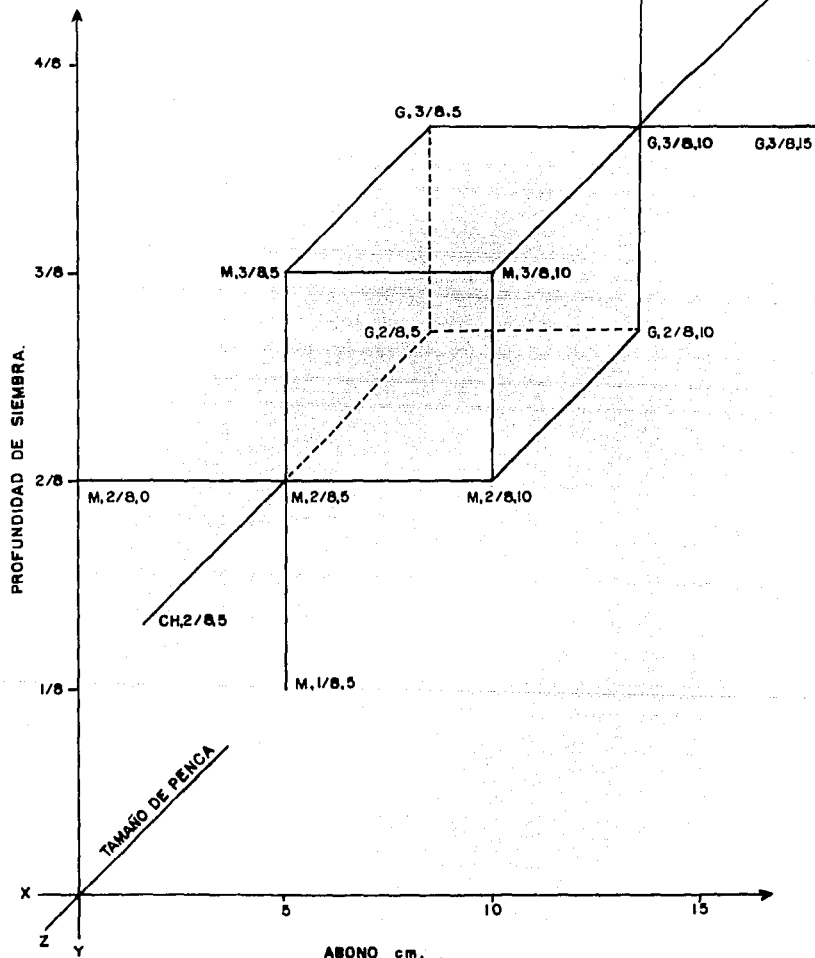
FACTORES Y DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS

PARCELAS GRANDES	
CORTES	
BUEN CORTE	MAL CORTE

PARCELAS CHICAS		
FACTORES		
Factor 1 Tamaño penca	Factor 2 Prof.de siembra	Factor 3 Abonado
Chica (28 cm)	12.5%	0 cm
Mediana (36 cm)	25.0%	5 cm
Grande (44 cm)	37.5%	10 cm
Extra (52 cm)	50.5%	15 cm

TRATAMIENTO DE PARCELA CHICA			
Número de Tratamiento	Factor 1 tamaño	Factor 2 Profundidad de siembra	Factor 3 Abonado
1	36 cm.	25.0%	5 cm.
2	36 cm.	25.0%	10 cm.
3	36 cm.	37.5%	5 cm.
4	36 cm.	37.5%	10 cm.
5	44 cm.	25.0%	5 cm.
6	44 cm.	25.0%	10 cm.
7	44 cm.	37.5%	5 cm.
8	44 cm.	37.5%	10 cm.
9	28 cm.	25.0%	5 cm.
10	52 cm.	37.5%	10 cm.
11	36 cm.	12.5%	5 cm.
12	44 cm.	50.0%	10 cm.
13	36 cm.	25.0%	0 cm.
14	44 cm.	37.5%	15 cm.

Fig.2 REPRESENTACION GRAFICA DE LA MATRIZ EXPERIMENTAL
 PLAN PUEBLA I, PARA TRES FACTORES: PROFUNDIDAD DE
 SIEMBRA, TAMAÑO DE PENCA Y DOSIS DE ABONO.



4.5 METODOLOGIA DE ANALISIS

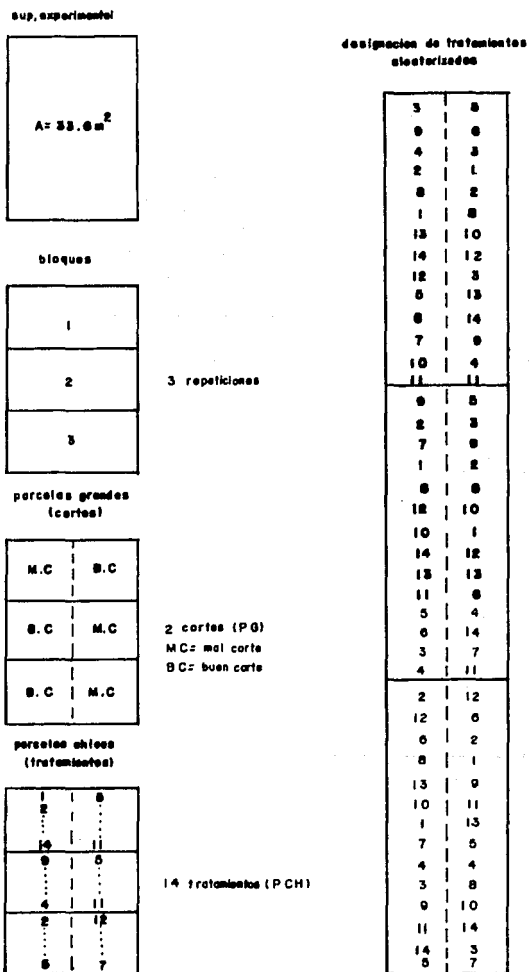
Haciendo uso de las ventajas que ofrece el método experimental, se relacionaron las diferentes variables de estudio. Se trazaron gráficas en los tres ejes coordenados x, y, z para visualizar la tendencia del comportamiento de cada factor o variable, así como la dirección y especie de respuesta de rendimiento.

Además se hizo un análisis estadístico de los resultados, utilizando un procedimiento de análisis electrónico llamado GLM del paquete estadístico SAS (Statycal Analysis System) para obtener la tabla de análisis de varianza del diseño experimental.

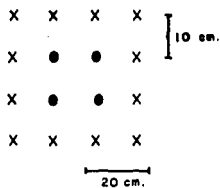
Para cotejar los resultados del análisis de varianza se hizo la comparación múltiple de medias Tukey.

Se realizó un análisis de regresión multifactorial para conocer el cambio de las variables, asociadas al cambio unitario de otra variable.

Fig. 3 DISEÑO EXPERIMENTAL: MATRIZ MIXTA EXPERIMENTAL PLAN PUEBLA I (PARCELAS DIVIDIDAS Y BLOQUES AL AZAR).



UNIDAD EXPERIMENTAL



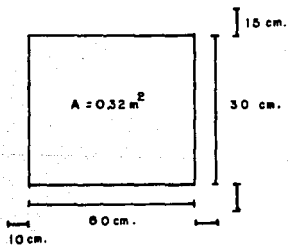
distancia entre hileras 10 cm.

distancia entre pencas 20 cm.

unidad experimental = 16 pencas.

parcela útil = 4 pencas.

TAMAÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL



5. RESULTADOS

5.1 DATOS DE CAMPO

A continuación presentamos los cuadros 3,4,5 y 6 que concen-
tran los datos de campo para los dos sitios experimentales.

En los cuadros se registran los 14 tratamientos o parcelas
chicas (PCH) caracterizadas por las tres variables de estudio: -
Largo (L), Profundidad de siembra (P), abono o estiércol (E). --
Además se concentran las tres repeticiones (R1, R2, R3) tanto de
buen corte como de mal corte (PG).

La tabla final de concentración de datos resume los prome-
dios de producción y sumatorios para cada parcela chica como pa-
ra cada parcela grande.

El cuadro 3 indica el rendimiento en kilogramos por parcela
experimental para San Francisco Tepojaco donde a simple vista --
destaca el tratamiento 3, seguido por el tratamiento 1, 9 y 7 --
respectivamente.

El cuadro 4 indica el número de brotes por parcela útil pa-
ra San Francisco Tepojaco donde destaca el tratamiento 3 y 9.

El cuadro 5 indica el rendimiento en kilogramos en Santa --
María Tianguistengo por parcela experimental sobresaliendo el --
tratamiento 2 y el 10.

El cuadro 6 indica el número de brotes por parcela útil pa-
ra Santa María Tianguistengo, destacando el tratamiento 14 y el
3.

DATOS OBTENIDOS EN LA PARCELA EXPERIMENTAL DE SAN FRANCISCO TEPOJACO,
RENDIMIENTO EN KG.

Cuadro 3.

PCH	PG			BUEN CORTE					MAL CORTE				
	No.	L (cm)	P (%)	E (cm)	R1	R2	R3	\bar{x}	R1	R2	R3	\bar{x}	
1	36	250	5	5.047	2.535	2.625	10.207	3.402	4.295	2.962	2.484	9.741	3.247
2	36	250	10	2.456	2.477	2.094	7.027	2.342	2.480	2.540	1.965	6.985	2.328
3	36	375	5	3.842	3.509	4.574	11.925	3.975	2.446	3.492	2.650	8.588	2.862
4	36	375	10	3.604	2.570	3.604	9.778	3.259	1.070	1.248	1.893	4.211	1.777
5	44	250	5	2.366	3.786	2.854	9.006	3.002	1.772	1.497	3.213	6.482	2.160
6	44	250	10	4.044	2.968	2.131	9.143	3.047	1.847	1.807	1.262	4.916	1.638
7	44	375	5	3.223	2.818	3.876	9.917	3.305	3.350	3.141	2.729	9.220	3.073
8	44	375	10	3.619	2.053	2.695	8.367	2.789	1.782	2.741	2.629	7.152	2.384
9	28	250	5	3.484	3.635	4.448	11.567	3.855	2.692	3.124	2.165	7.981	2.660
10	52	375	10	3.165	2.801	3.736	9.702	3.234	2.419	2.952	1.990	7.361	2.453
11	36	125	5	3.406	2.176	3.114	8.696	2.898	2.162	2.954	3.286	8.402	2.800
12	44	500	10	2.994	2.239	2.181	7.414	2.471	3.068	3.912	1.435	8.415	2.805
13	44	250	0	3.468	3.416	3.521	10.405	3.468	3.446	3.435	3.594	10.475	3.491
14	44	375	15	2.653	3.469	3.453	9.575	3.191	3.172	2.087	2.310	7.569	2.523
		Y1j		47.371	40.452	44.906	132.729	44.243	36.001	37.892	33.605	107.498	35.832
		\bar{x}		3.383	2.889	3.207	9.480	3.160	2.571	2.706	2.400	7.678	2.559
		Y1..							83.372	78.344	78.511	240.227	

PG	PCH														Y.j.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
BUEN CORTE	10.207	7.027	11.925	9.778	9.006	9.143	9.917	8.367	11.567	9.702	8.696	7.414	10.405	9.575	132.729
MAL CORTE	9.741	6.985	8.588	4.211	6.482	4.916	9.220	7.152	7.981	7.361	8.402	8.415	10.475	7.569	107.498
Y..k	19.948	14.012	20.513	13.989	15.488	14.059	19.137	15.519	19.548	17.063	17.098	15.829	10.880	17.144	240.227
$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^k Y_{1j}}{k}$	3.324	2.335	3.418	2.331	2.591	2.343	3.189	2.586	3.258	2.843	2.849	2.638	3.480	2.857	Y...

Cuadro 4.

DATOS OBTENIDOS EN LA PARCELA EXPERIMENTAL DE SAN FRANCISCO TEPOJACO,

NUMERO DE BROTES POR PARCELA UTIL

PCH	PG			BUEN CORTE					MAL CORTE				
	No.	L (cm)	P (%)	E (cm)	R1	R2	R3	Σ	\bar{x}	R1	R2	R3	Σ
1	36	250	5	25	10	13	48	16.000	21	18	13	52	17.333
2	36	250	10	11	10	16	37	12.333	15	18	13	46	15.333
3	36	375	5	24	14	22	60	20.000	17	20	19	56	18.666
4	36	375	10	24	10	15	49	16.333	8	8	11	27	9.000
5	44	250	5	14	19	24	47	15.666	10	11	15	36	12.000
6	44	250	10	20	16	9	45	15.000	13	15	10	38	12.666
7	44	375	5	16	13	20	49	16.333	12	14	16	42	14.000
8	44	375	10	16	11	16	43	14.333	10	16	19	45	15.000
9	28	250	5	22	15	22	59	19.666	17	16	11	44	14.666
10	52	375	10	16	18	22	56	18.666	12	16	16	44	14.666
11	36	125	5	17	9	17	43	14.333	10	16	16	42	14.000
12	44	500	10	20	11	12	43	14.333	17	23	9	49	16.333
13	44	250	0	22	13	14	49	16.333	19	17	15	51	17.000
14	44	375	15	17	19	15	51	17.000	14	12	11	37	12.333
	Y _{1j}			264	188	227	679	276.33	195	220	194	609	20.3
	\bar{x}			18.85	13.42	16.21	48.5	16.16	13.92	15.71	13.85	43.5	14.5
	Y _{1..}								32.77	29.13	30.06	1.288	

PG	PCH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Y _{..k}
BUEN CORTE		48	37	60	49	37	45	49	43	59	56	43	43	49	51	679
MAL CORTE		52	46	56	27	36	38	42	45	44	44	42	49	51	37	609
Y _{..k}		100	83	116	76	83	83	91	88	103	100	85	92	100	88	1,288
$\bar{x} = \frac{Y_{..k}}{6}$		16.6	13.86	19.33	5.84	13.83	13.83	15.16	14.66	17.16	16.6	14.16	15.33	16.6	14.66	Y...

Cuadro 5.

DATOS OBTENIDOS EN LA PARCELA EXPERIMENTAL DE SANTA MARIA TIANGUISTENGO
RENDIMIENTO EN KG.

PCH	PG			BUEN CORTE					MAL CORTE					
	No.	L (cm)	P (%)	E (cm)	R1	R2	R3	\bar{x}	\bar{X}	R1	R2	R3	\bar{x}	\bar{X}
1	36	250	5		3.384	1.691	1.940	7.015	2.338	3.856	2.081	5.812	11.749	3.916
2	36	250	10		3.925	2.930	3.364	10.219	3.406	3.516	3.502	3.073	10.091	3.363
3	36	375	5		3.374	2.681	3.280	9.335	3.111	2.450	4.604	2.702	9.756	3.252
4	36	375	10		3.493	2.404	1.795	7.692	2.564	2.888	1.938	3.445	8.271	2.757
5	44	250	5		2.966	1.893	1.952	6.811	2.270	1.287	3.882	4.670	9.839	3.279
6	44	250	10		2.969	2.431	2.703	8.103	2.701	3.493	3.035	1.638	8.166	2.722
7	44	375	5		3.276	3.004	3.492	9.772	3.257	1.711	4.893	2.833	9.437	3.145
8	44	375	10		2.438	3.587	3.549	9.574	3.191	2.712	2.658	1.989	7.359	2.453
9	28	250	5		3.294	2.154	3.107	8.555	2.851	2.555	3.023	3.829	9.407	3.135
10	52	375	10		4.359	3.406	6.079	13.844	4.614	2.946	3.668	3.597	10.211	3.403
11	36	125	5		3.021	3.006	1.790	7.617	2.605	2.989	3.658	3.422	10.069	3.356
12	44	500	10		3.096	2.192	2.930	8.218	2.739	2.878	2.693	3.411	8.982	2.994
13	44	250	0		2.366	1.810	2.059	6.235	2.078	2.931	2.965	3.137	9.033	3.011
14	44	375	15		2.914	2.607	3.459	8.980	2.993	1.522	3.455	4.136	9.113	3.037
		Y1j.			44.875	35.796	41.499	122.170	40.723	37.734	46.055	47.694	131.483	43.827
		\bar{X}			3.205	2.556	2.964	8.726	2.908	2.695	3.289	3.406	9.391	3.130
		Yi...								82.609	81.851	89.193	253.653	

PG	PCH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Y..k
BUEN CORTE		11.749	10.091	9.756	8.271	9.839	8.166	9.437	7.359	9.407	10.211	10.069	8.982	9.033	9.113	122.170
MAL CORTE		7.015	10.219	9.335	7.692	6.811	8.103	9.772	9.574	8.555	13.844	7.817	8.218	6.235	8.980	131.483
Y..k		18.764	20.310	19.091	15.963	16.650	16.269	19.209	16.933	17.962	24.055	17.886	17.200	15.268	18.093	253.653
$\bar{X} = \frac{(Y..k)}{6}$		3.127	3.385	3.181	2.660	2.775	2.711	3.201	2.822	2.993	4.009	2.981	2.866	2.544	3.015	Y...

Cuadro 6,

DATOS OBTENIDOS EN LA PARCELA EXPERIMENTAL DE SANTA MARIA TIANGUISTENGO

NUMERO DE BROTES POR PARCELA UTIL

PCH	PG			BUEN CORTE						MAL CORTE				
	No.	L (cm)	P (%)	E (cm)	R1	R2	R3	n	\bar{x}	R1	R2	R3	n	\bar{x}
1	36	250	5	13	17	20	50	16.666	18	8	6	32	10.666	
2	36	250	10	15	27	14	56	18.666	19	10	11	40	13.333	
3	36	375	5	11	29	18	58	19.333	19	9	13	41	13.666	
4	36	375	10	19	13	12	44	14.666	15	13	6	34	11.333	
5	44	250	5	9	12	16	37	12.333	16	11	8	35	11.666	
6	44	250	10	12	17	7	36	12.000	17	10	12	39	13.000	
7	44	375	5	8	27	9	44	14.666	15	15	14	44	14.666	
8	44	375	10	10	20	14	44	14.666	14	15	14	43	14.333	
9	28	250	5	8	18	13	39	13.000	11	7	11	29	9.666	
10	52	375	10	12	18	13	43	14.333	20	16	11	47	15.666	
11	36	125	5	10	16	13	39	13.000	11	10	10	31	10.333	
12	44	500	10	13	16	18	47	15.666	18	17	16	51	17.000	
13	44	250	0	15	11	12	38	12.666	14	10	7	31	10.333	
14	44	375	15	11	17	16	44	14.666	27	17	16	60	20.000	
Y.i.j.				116	258	195	619	206.327	234	168	155	557	185.661	
\bar{x}				11.85	18.42	13.92	44.21	14.73	16.71	12	11.07*	39.78	13.26	
Y..									400	426	350		1.176	

PG	PCH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Y..j.
BUEN CORTE		50	56	58	44	37	36	44	44	39	43	39	47	38	44	619
MAL CORTE		32	40	41	34	35	39	44	43	29	47	31	52	31	60	547
Y..k		82	96	99	78	72	75	88	87	68	90	70	98	69	104	1,176
$\bar{x}=(Y..k)$		13.66	16	16.5	13.0	12	12.5	14.66	14.5	11.33	15	11.66	16.33	11.5	17.33	Y...

5.2 RESULTADOS ESTADISTICOS

A continuación se presentan las tablas de análisis estadístico para los dos ejidos, tanto para el rendimiento como número de brotes (cuadro 7 y 7a, 8 y 8a).

Se ha considerado necesario usar la comparación múltiple de medias Tukey para conocer las diferencias entre medias de los -- tratamientos (cuadro 9 y 10).

CUADRO 7 TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA

VARIABLE: RENDIMIENTO

EJIDO: SAN FRANCISCO TEPOJACO

FUENTE DE VARIACION	g. l.	SC	CM	Fc	Ft		DESICION ESTADISTICA
					0.05	0.1	
Repeticiones	2	0.582	0.291	0.32	9	19	N.S.
Parcela grande	1	7.578	7.578	8.27	18.51	98.49	N.S.
Error A	2						
Parcela chica	13	13.219	1.016	2.47	1.95	2.56	*
Interacción Rep * PG	2	1.833	0.916	2.22	3.18	5.06	N.S.
Interacción PG*PCh.	13	7.755	0.596	1.45	1.95	2.56	N.S.
Error B	52	21.444	0.4123				
T o t a l	83	52.411					

CUADRO 7a

VARIABLE: No. DE BROTES

EJIDO: SAN FRANCISCO TEPOJACO

FUENTE DE VARIACION	g.1	SC	CM	Fc	Ft		DESICION ESTADISTICA
					0.05	0.1	
Repeticiones	2	50.166	25.083	0.27	9	19	N.S.
Parcela grande	1	58.333	58.083	0.62	18.51	98.49	N.S.
Error A	2						
Parcela chica	13	245.00	18.84	1.43	1.95	2.56	N.S.
Interacción Rep * PCh	2	187.166	93.58	7.11	3.18	5.06	**
Interacción PG*PCh	13	179.333	13.79	1.05	1.95	2.56	N.S.
Error B	52	684.66	13.166				
T o t a l	83	1296.165					

* Significativo.

** Altamente significativo.

N.S. No significativo.

Utilizando la prueba de Tukey resultan ser iguales todas las medias de los tratamientos (PCh) quizá sea necesario usar otro tipo de C.M.M.

La significancia presente de REP* PG, se da en las parcelas grandes de los bloques, ello por efecto de sombreado del plástico en una de las mitades del bloque.

CUADRO 8 TABLAS DE ANALISIS DE VARIANZA

VARIABLE: RENDIMIENTO

EJIDO: SANTA MA. TIANGUISTENGO

FUENTE DE VARIACION	g.l	SC	CM	Fc	Ft		DECISION ESTADISTICA
					0.05	0.1	
Repeticiones	2	1.164	0.58	0.20	9	19	N.S.
Parcela Grande	1	1.032	1.032	1.032	18.51	98.49	N.S.
Error A	2	5.964	2.982				
Parcela chica	13	10.545	0.811	1.20	1.95	2.56	N.S.
Interacción Rep * PG.	2	5.918	2.959	4.38	3.18	5.06	*
Interacción PG. * PCh.	13	9.726	0.748	1.11	1.95	2.56	N.S.
Error B	52	35.152	0.676				
T o t a l	83	63.539					

CUADRO 8a

VARIABLE: No. DE BROTES

EJIDO: SANTA MA. TIANGUISTENGO

FUENTE DE VARIACION	g.l	SC	CM	Fc	Ft		DESICION ESTADISTICA
					0.05	0:1	
Repeticiones	2	106.571	53.285	0.23	9.00	19.00	N.S.
Parcela grande	1	45.761	45.761	0.20	18.51	98.49	N.S.
Error A	2						
Parcela chica	13	328.00	25.230	1.95	1.95	2.56	*
Interacción Rep. * PG	2	465.809	232.904	17.96	3.18	5.06	**
Interacción PG * PCh	13	201.571	15.505	1.20	1.95	2.56	N.S.
Error B	52	674.285	12.967				
T o t a l	83	1.822					

* Significativo.

** Altamente significativo

N.S. No significativo.

La prueba de Tukey para la comparación de medias de los tratamientos (PGI) indica que para el número de brotes no hay diferencia significativa al 5%.

La interacción REP* PG muestra alta significancia en las diferencias de las PG de un bloque con sus repeticiones.

La tabla de análisis de varianza de la variable rendimiento en San Francisco Tepojaco, arroja significancia al 5% en las parcelas chicas. Para conocer la diferencia en los tratamientos específicos se realizó la comparación múltiple de medias (C.M.M.) de Tukey la cual muestra igualdad de medias.

Los resultados son:

Cuadro 9

PARCELA GRANDE	PARCELAS CHICAS	MEDIA	D.M.S. 5%, 2 g.1 CME=0.916	DECISION ESTADISTICA
BUEN CORTE	42	3.160	0.858	N.S.
MAL CORTE	42	2.559		N.S.
PARCELAS CHICAS	REPETICIONES CONSIDERADAS	MEDIA	D.M.S. 5%, 52 g.1 CME=0.412	
13	6	3.480	1.303	N.S.
3	6	3.418		N.S.
1	6	3.324		N.S.
9	6	3.258		N.S.
7	6	3.189		N.S.
14	6	2.857		N.S.
11	6	2.849		N.S.
10	6	2.43		N.S.
12	6	2.638		N.S.
8	6	2.586		N.S.
5	6	2.581		N.S.
6	6	2.343		N.S.
2	6	2.335		N.S.
4	6	2.331		N.S.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

79

La tabla de análisis de varianza para el ejido de Santa María Tianguistengo muestra significancia al 5% en las parcelas chicas, para determinar entre cuales tratamientos está la diferencia significativa, se realizó la comparación múltiple de medias (C.M.M.) de Tukey, la cuál arroja igualdad de tratamientos.

Los resultados son:

Cuadro 10.

PARCELA GRANDE	PARCELA CHICA	MEDIAS	D.M.S. 5%, 2 g.l. C.M.E=232.905	DECISION ESTADISTICA
BUEN CORTE	42	14.738	13.68	N.S.
MAL CORTE	42	13,262		N.S.
PARCELA CHICA	REPETICIONES CONSIDERADAS	MEDIAS	D.M.S. 5%, 52 g.l. C.M.E=12.967	
14	6	17.333	7.311	N.S.
3	6	16.500		N.S.
12	6	16.333		N.S.
2	6	16.000		N.S.
10	6	15.000		N.S.
7	6	14.667		N.S.
8	6	14.550		N.S.
1	6	13.667		N.S.
4	6	13.000		N.S.
6	6	12.500		N.S.
5	6	12,000		N.S.
11	6	11.667		N.S.
13	6	11.500		N.S.
9	6	11.333		N.S.

5.3 RESULTADOS GRAFICOS

Las 12 gráficas siguientes de la matriz Plan Prueba I representan la tendencia de respuesta de cada uno de los factores o variables de estudio.

Para ello se consideró en el eje vertical (Y) el rendimiento en kilogramos o el número de brotes y en el eje horizontal (X) al factor a observar en su comportamiento, siempre formando las curvas con la variación de uno de los factores y manteniendo constantes los otros dos. (véase la figura 2).

Los números y letras que representan a las curvas corresponden a los factores de estudio, es decir, extra (E), grande (G), mediana (M), chica (CH), al factor tamaño de penca, para la profundidad de siembra se utilizan quebrados que significan 1/8 - - (12.5%), 2/8 (25%), 3/8 (37.5%), 4/8 (50%), para el abono o estiércol se indican 0, 5, 10, 15 que son el espesor en centímetros del abono.

Finalmente se resumen las tendencias de respuestas de las gráficas mediante su análisis.

Fig. 4

TENDENCIA DE RESPUESTA A LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA
EN SAN FRANCISCO TEPOJACO. NUMERO DE BROTES.

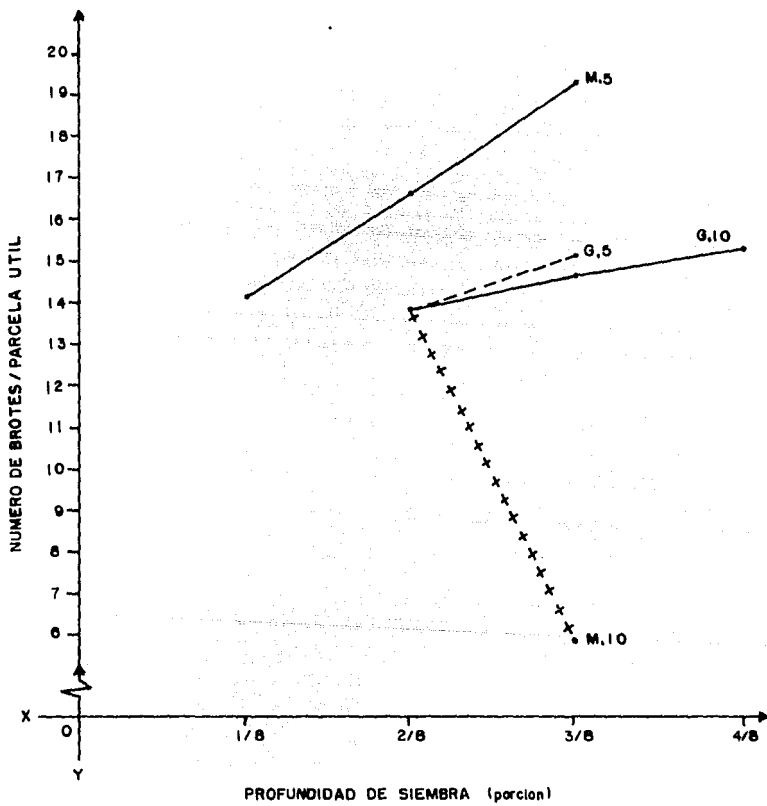


Fig.5

TENDENCIA DE RESPUESTA A LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA
EN SAN FRANCISCO TEPOJACO . RENDIMIENTO.

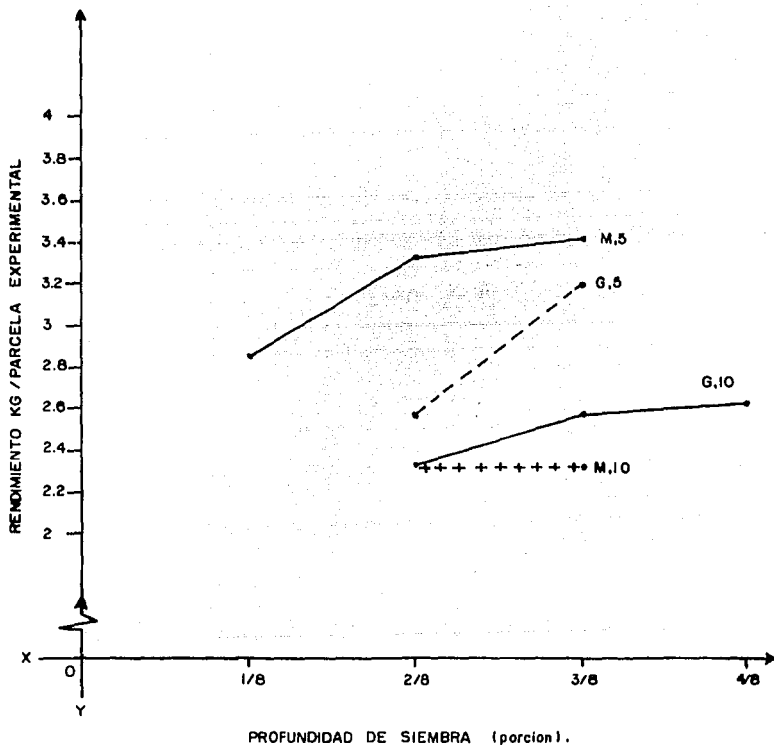


Fig. 6

TENDENCIA DE RESPUESTA AL TAMAÑO DE LA PENCA EN SAN FRANCISCO TEPOJACO. NUMERO DE BROTES.

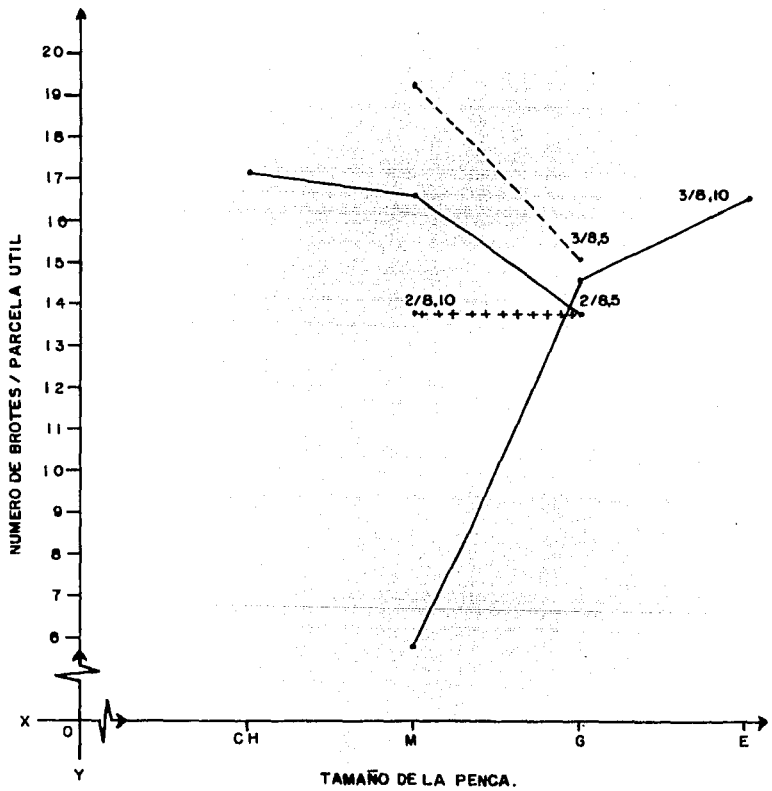


Fig. 7

TENDENCIA DE RESPUESTA AL TAMAÑO DE LA PENCA EN SAN FRANCISCO TEPOJACO. RENDIMIENTO.

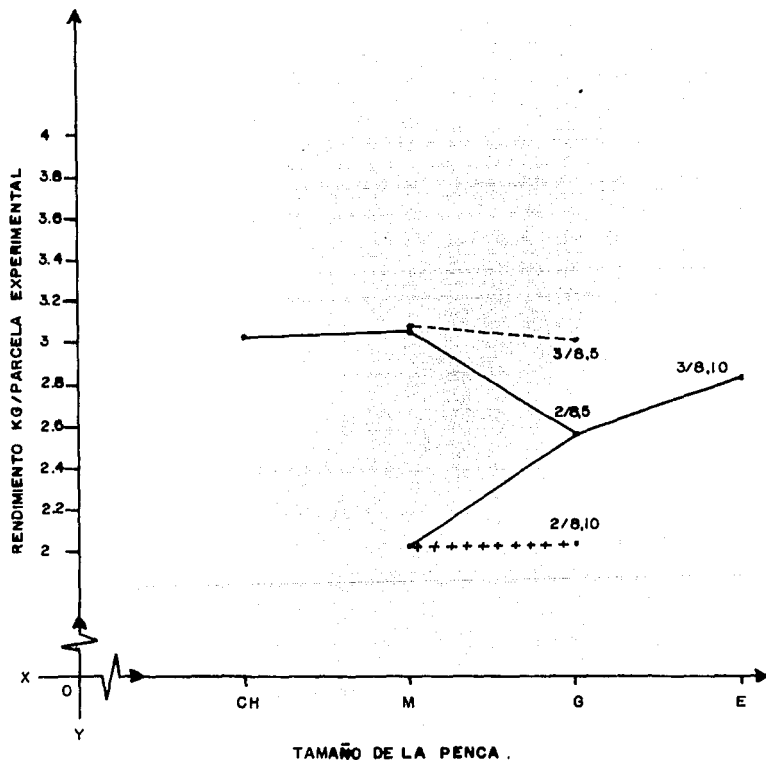


Fig. 8

TENDENCIA DE RESPUESTA AL ABONO EN SAN FRANCISCO
TEPOJACO. NUMERO DE BROTES.

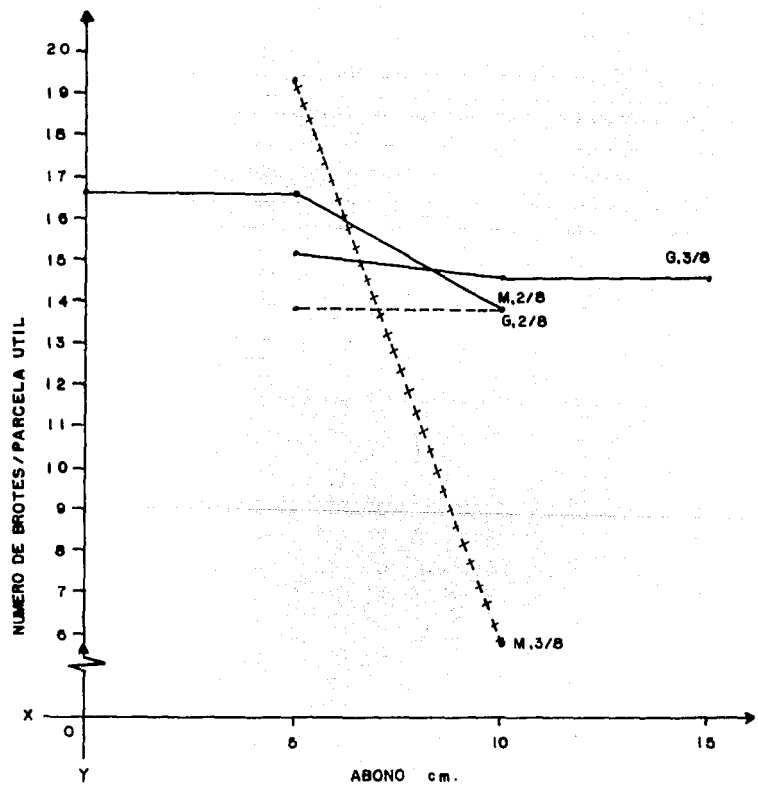


Fig. 9

TENDENCIA DE RESPUESTA AL ABONO EN SAN FRANCISCO
TEPOJACO. RENDIMIENTO.

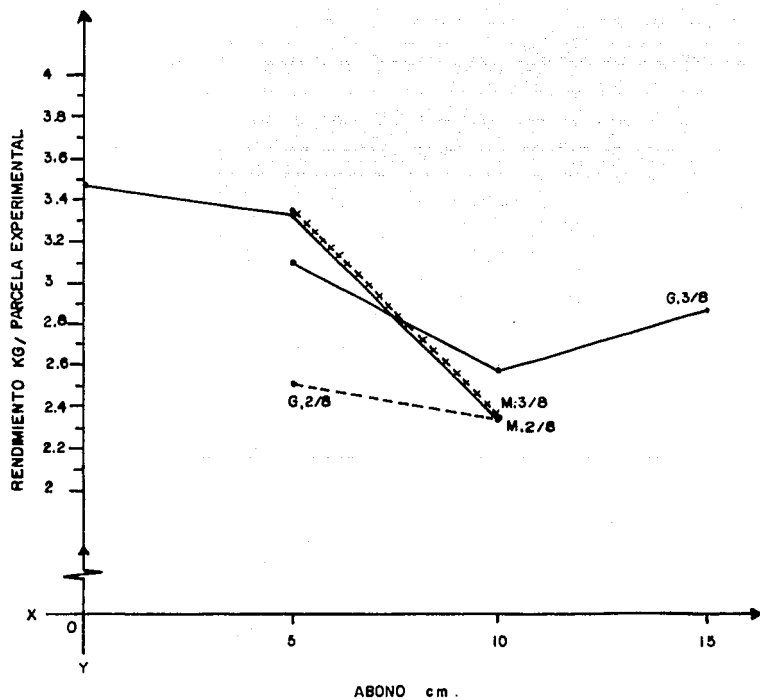


Fig. 10

TENDENCIA DE RESPUESTA A LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA,
EN SANTA MARIA TIANGUISTENGO. RENDIMIENTO.

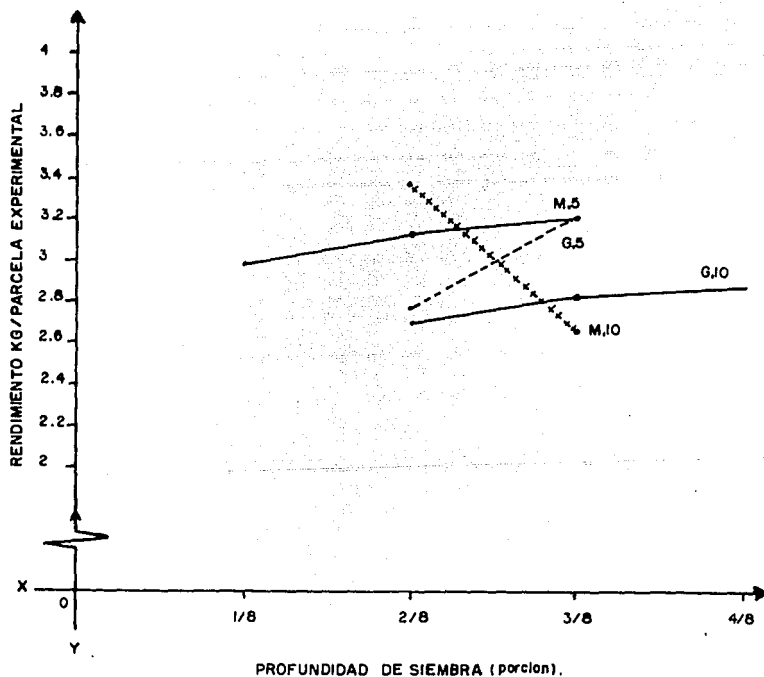


Fig. 11

TENDENCIA DE RESPUESTA A LA PROFUNDIDAD DE SIEMBRA,
EN SANTA MARIA TIANGUISTENGO: NUMERO DE BROTES.

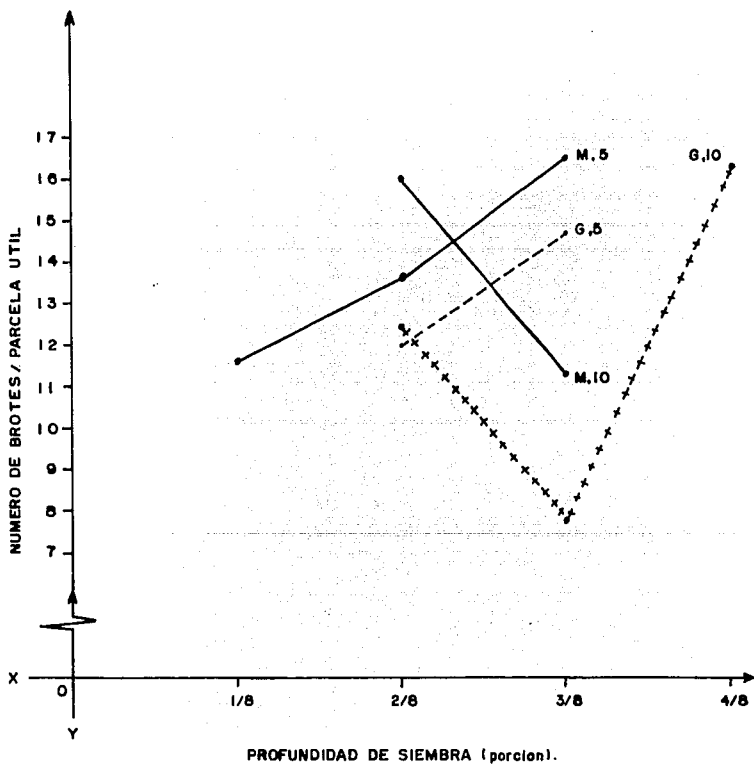


Fig.12

TENDENCIA DE RESPUESTA AL TAMAÑO DE LA PENCA EN SANTA MARIA TIANGUISTENGO. NUMERO DE BROTES.

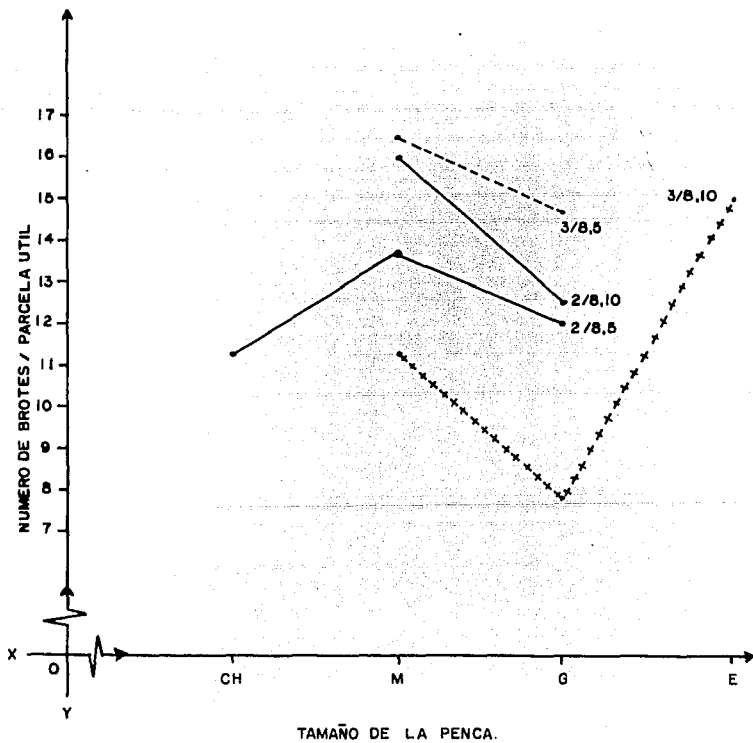


Fig. 13

TENDENCIA DE RESPUESTA AL TAMAÑO DE LA PENCA EN
SANTA MARIA TIANGUISTENGO. RENDIMIENTO.

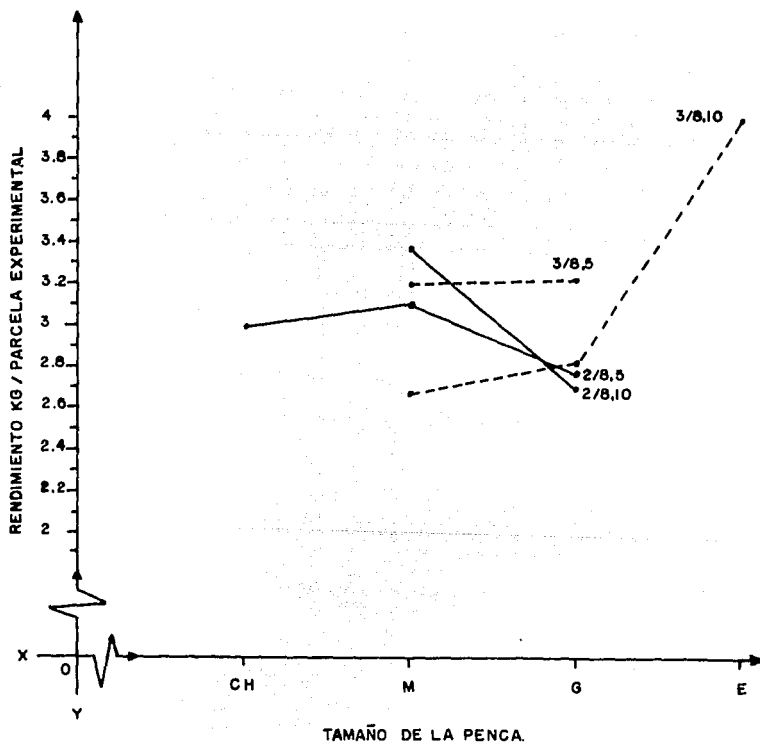


Fig.14

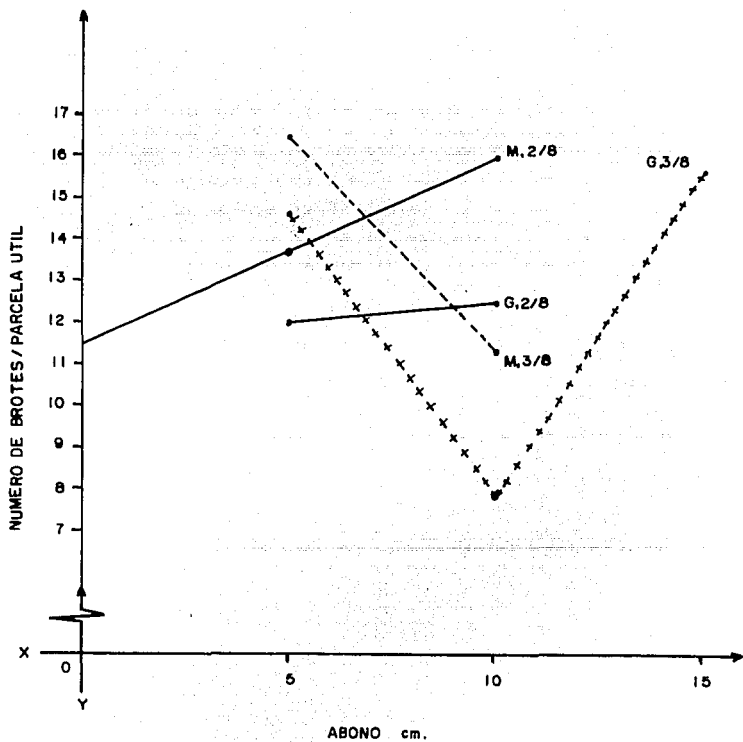
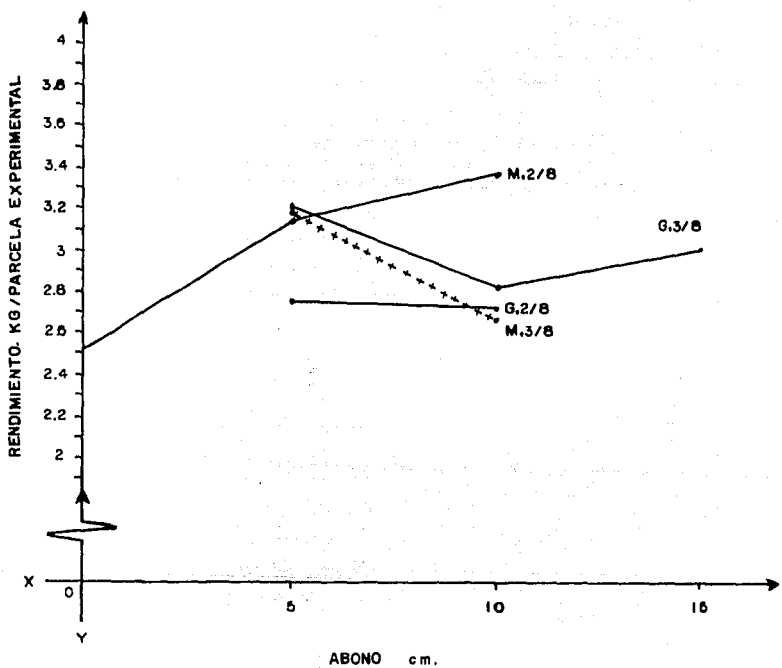
TENDENCIA DE RESPUESTA AL ABONO EN SANTA MARIA
TIANGUISTENGO. NUMERO DE BROTES.

Fig.15

TENDENCIA DE RESPUESTA AL ABONO EN SANTA MARIA
TIANGUISTENGO. RENDIMIENTO.



ANALISIS DE LAS GRAFICAS.

SAN FRANCISCO TEPOJACO		
VAR. DEP. VAR. INDEF.	RENDIMIENTO	NUMERO DE BROTES
ABONO	En 0 de abono la gráfica muestra excelente rendimiento ello por la contaminación. A 5 de abono se presentó la mejor -- respuesta, destacando las pencas --- M, 2/8 y M, 3/8.	En 5 cm. hubo la máxima respuesta des tacando la M, 3/8 y la M, 2/8 encima sobre las G. La G 3/8 mostró un descenso muy fuerte en 10 cm. más mercado que las otras.
	RESUMEN: A 5cm. de abono las pencas responden mejor. Destacan las M, 2/8 y M, 3/8.	
PROFUNDIDAD DE SIEMBRA	A 3/8 se observa la mejor respuesta, M, 5, G, 5 y G, 10 mostraron aumento en el rendimiento a medida que aumentó la profundidad de siembra.	Las curvas son positivas, aumentando el número de brotes cuando aumenta la profundidad de siembra excepto el M, 10 que decae notablemente en 3/8. Destaca la M,5 para todas las profundidades, seguida por G,5.
	RESUMEN: Hay respuesta directa al aumento en profundidad a excepción de - - M, 10. Destaca M, 5 en su rendimiento y número de brotes para 1/8, 2/8 y 3/8. Seguida por G, 5.	
TAMARO DE LA PENCA	En la M tanto 2/8, 5 como 3/8, 5 se observa el máximo rendimiento, aunque decrece en G. El 2/8, 10 se mantiene bajo en M y G. El 3/8, 10 se observa una respuesta directa al aumento de tamaño.	La M 2/8, 5 y 3/8, 5 destacan, aunque hay un descenso en la Grande. La 2/8, 10 se mantiene igual en M y G. A medida que aumenta el tamaño de la penca en 3/8, 10 se incrementa notablemente el número de brotes.
	RESUMEN: La penca mediana resulta ser la más productiva, pues destacan en rendimiento y número de brotes en 3/8, 5 y 2/8, 5 pero no para 3/8, 10 y 2/8, 10. A medida que aumenta el tamaño lo hace el número de brotes y rendimiento para 3/8, 10.	
CONCLUSION GENERAL POR EJIDO	El tratamiento que mejor responde al rendimiento y número de brotes es el -- M, 2/8, 5 y M, 3/8, 5 pues destacan en su producción por efecto del abono -- las M 2/8 y M 3/8, por efecto de la profundidad de siembra la M, 5 para los 3 primeros niveles, y por efecto del factor tamaño de la penca la mediana -- tanto a 3/8, 5 como 2/8, 5.	

SANTA MARIA TIANGUISTENGO		
VAR. INDEP.	VAR. DEP. RENDIMIENTO	NUMERO DE BROTES
ABONO	La penca M, 2/8 responde directamente al abono. Sembrada a 3/8 más de 5 cm. de abono disminuye el rendimiento la - G 2/8 a 5 y 10 cm. es estable.	La penca M, 2/8 responde directamente al abono de 0,5,10 cm. Sembrada a 3/8 disminuye su número de brotes después de 5 cm. de abono. La G 2/8 a 5 y 10 cm. es ligeramente ascendente. La G, 3/8 mostró variaciones.
	RESUMEN: En la dosis de abono de 5 cm. las M, 3/8 y G, 3/8 responde más pero a 10 cm. las M, 2/8 y G 2/8 con más eficaces en número de brotes y rendimiento.	
PROFUNDIDAD DE SIEMBRA	La M, 5 cm. responde positivamente -- con el aumento en la profundidad de siembra hasta 3/8 la M, 10 cm. solo hasta 2/8 es alto su rendimiento, pero al aumentar su profundidad disminuye su rendimiento. La G, 5 ó G, 10 muestra mejor rendimiento a medida que se entierran más	La M, responde activamente a medida que aumenta la profundidad la M, 10 disminuyó el número de brotes cuando se sembró a más de 2/8. La G, 5 respondió directamente al aumento de profundidad de siembra hasta 3/8, pero la G, 10 disminuyó en los 3/8 para dispararse en aumento a los -- 4/8.
	RESUMEN: La profundidad de 2/8 es más buena para la M, 10; M, 5, G, 10, --- G, 5 en órden decreciente, pero solo en M, 5 y G, 5 resulta ser -- mejor que las anteriores a 3/8.	
TAMANO DE PENCA	La M y G a 3/8, 5 y 3/8, 10 mostraron aumento rendimiento, pero la G a 2/8, 5 y 2/8, 10 disminuyeron en su rendimiento. La M a 2/8, 5 y 2/8, 10 es bueno su rendimiento, mayor que la M a 3/8, 10.	En la penca M se observa mayor respuesta, pues esta desciende tanto - en 3/8, 5; 2/8, 10; 2/8, 5 y 3/8, 10 para la penca G. En si las medianas en 3/8, 5 y 2/8, 10 son mejores.
	RESUMEN: El tamaño mediano muestra mejor respuesta en 3/8, 5 y 2/8, 10 muy superior que el tamaño grande. La extra resulta ventajosa.	
CONCLUSION GENERAL POR EJIDO	El tratamiento que mejor responde al rendimiento y número de brotes es el -- M, 2/8, 10 y M, 3/8, 5, pues destacan en su producción por efecto del abono tanto M, 3/8, 5 y G 3/8, 5 como M, 2/8, 10 y, 2/8, 10; por el efecto de la - profundidad se siembra la M, 2/8, 10 - M, 2/8, 5 - G, 2/8, 10 - M 3/8, 5 - G 3/8, 5, y por efecto del factor tamaño de la penca la mediana en M, 3/8, 5 y M, 2/8, 10.	

De las tendencias de respuesta concluimos que el tratamiento M, 3/8, 5 es el más propio usar como punto de partida en las huertas a establecer; sin embargo también se encontró para San Francisco Tepojaco por su respuesta al rendimiento y número de brotes el tratamiento M, 2/8, 5 y para Santa María Tianguistengo también el tratamiento M, 2/8, 10 siendo los tratamientos G, 3/8, 5 y G 2/8, 10 en este último ejido como posibles o menos ciertos.

6 INTERPRETACION Y ANALISIS DE RESULTADOS.

6.1 RESULTADOS ESTADISTICOS.

Las tablas de análisis de varianza arrojan una falta de significancia para las parcelas grandes y parcelas chicas al 99 y 95% de confiabilidad, tanto para el rendimiento en kg. como en el número de brotes en ambos ejidos. En parcelas chicas en rendimiento y número de brotes en San Francisco Tepojaco y Santa María Tianguistengo respectivamente hubo significancia pero en la comparación múltiple de medias Tukey no se encontraron diferencias por estar en el límite de significancia.

Tal respuesta no significativa se debió a que no se condujo el estudio durante el tiempo necesario para la plena expresión de las variables en estudio, ya que el experimento se limitó a la producción en invierno durante el primer periodo de cosecha; sin embargo los niveles de estudio de las variables cumplen con un espacio de exploración amplio que llega a ser impráctico en

sus límites extremos.

En los cortes de la base de la penca (PG) no hubo diferencia debido a que el establecimiento de raíces fue satisfactorio, la aplicación preventiva de fungicida y el oreado de ambos cortes influyeron en la estabilidad de la PG.

En las parcelas chicas la no significancia ocurrió también debido a que el error experimental fue de 26.31 ubicado en los límites permisibles.

En la interacción repetición-parcelas grandes se encontró alta significancia en número de brotes en los 2 ejidos y significancia en rendimiento en Santa Marfa Tianguistengo ello como respuesta al sobreado por el plástico en una de las mitades del túnel, y una alta incidencia solar en la otra mitad lo cual estimuló la brotación por la temperatura generada puesto que la pendiente del suelo condicionó la orientación solar de las camas experimentales E-W.

Haciendo uso del análisis gráfico que nos permite el diseño experimental, a continuación presentamos el análisis e interpretación de los resultados de las gráficas.

6.2 RESULTADOS GRAFICOS.

Considerando que la penca mediana resultó ser la mejor porque la densidad de 50 pencas/m² le favoreció, dado que al ordenarlas en el suelo mantuvieron un mejor espaciamiento que los --

otros tamaños, con mejor incidencia de luz (menos sombreado entre pencas) y mayor espacio para el sistema de raíces. Aunque se respetó la densidad como variable controlada ésta afectó los tratamientos por el tamaño de pencas, ocasionando competencia entre pencas grandes y extras, pues se esperaban mejores rendimientos en estas dada la mayor cantidad de reservas nutritivas y mayor superficie fotosintética. Las pencas medianas por la luminosidad que recibieron alcanzaron sin embargo una mayor eficiencia fotosintética.

La profundidad de siembra que mejor tendencia mostro fue del rango de 2/8 a 3/8 según la cantidad de estiercol aplicado, suponiendo tal respuesta a un mejor crecimiento de raíces por las condiciones adecuadas de humedad, nutrientes y temperatura con que contribuyó el estiercol; con el máximo rendimiento y número de brotes en las últimas mediciones del 26 de abril en Santa Ma. Tianguistengo y del 4 de abril en San Fco. Tepojaco. Ello favorecido quizás por la eficiencia del sistema de raíces, la disponibilidad de nutrientes y la relación equilibrada de la parte aérea y enterrada.

La dosis de abono de 5 y 10 cm. fueron las más destacadas, pero considerando el análisis químico del suelo de los sitios experimentales, que muestran una fertilidad baja, en base al porcentaje de materia orgánica, considerada como media para Sta. Ma-

ría Tianguistengo y muy pobre para San Fco. Tepojaco, con un contenido de N. pobre en ambos, razón por la cual respondieron directamente al abonado.

Sin embargo en el sitio más fértil (Sta. Ma. Tianguistengo) fue mejor la dosis de 10 cm. debido en parte a la lenta descomposición del estiércol ocasionado por la mayor incidencia de bajas temperaturas en este sitio, lo que repercutió en la velocidad de las reacciones físico-químicas del suelo, y también por las pérdidas de N. por volatilización, ya que el estiércol se aplicó semi-húmedo en la superficie del suelo.

El sitio experimental de San Fco. Tepojaco, la dosis del estiércol que tuvo una tendencia más favorable fue la de 5 cm. tal respuesta se debe a la mejor descomposición del estiércol, aportando mayor contenido de elementos nutritivos aprovechables, debido a la incidencia de alta temperatura.

7. CONCLUSIONES

- 1a. El nopal por sus características morfológicas y fisiológicas crece y se desarrolla en condiciones hostiles, sin embargo alarga el periodo de cosecha y aumenta la producción al modificar los factores para favorecer su crecimiento y desarrollo.
 - b. No hubo estadísticamente diferencias significativas en parcelas grandes: buen corte y mal corte, ni en las parcelas chicas: en los 14 tratamientos probados.
 - c. Las tendencias de respuesta según el análisis gráfico muestran al tratamiento mediana (36 cm), plantada a una profundidad de 37.5 por ciento con 5 cm. de abono como el mejor para ambos ejidos, y además al tratamiento mediana, con el 25 por ciento enterrada y 5 cm. de abono para San Francisco Tepojaco y el tratamiento: mediana (36 cm.), enterrada 25 por ciento con 10 cm. de abono para Santa María Tianguistengo.
2. El nopal de verdura bajo explotación intensiva de microtúnel responde favorablemente a los factores modificables de la producción con altos rendimientos.
 3. Se obtienen altos rendimientos en kilogramos y número de brotes por unidad de superficie, con aumento en la productividad en la tierra, y uso óptimo del suelo.

4. Los dos tipos de suelo representativos del municipio de Cuautitlán Izcalli son susceptibles de soportar el cultivo de nopal de verdura.
- 5a. De manera tentativa sugerimos usar pencas medianas a grandes preferentemente de 32 a 40 cm. de longitud, bajo una densidad de población de 50 pencas por metro cuadrado.
- b. Controlando el período de oreado y tratamiento preventivo resulta indiferente plantar pencas de bueno o mal corte en la base.
- c. Se obtuvieron mejores resultados plantando pencas a una profundidad de dos octavos a tres octavos (enterradas el 25 por ciento al 37.5 por ciento respectivamente) con 5 y 10 cm. de abono bovino.

En producción en invierno en el sistema intensivo de microtúnel no hay incidencia de plagas insectiles ni malezas con el manejo agrícola experimentado.

8. ALTERNATIVAS

1. Para futuras investigaciones se sugiere que la época de plantación sea a principios de septiembre para aprovechar la humedad del período de lluvias y las temperaturas aún favorables, y así asegurar la emisión de brotes en invierno.

2. Evaluar la producción del sistema intensivo durante invierno en varios ciclos, para alcanzar a conocer el potencial del agrosistema.
3. Integrar en la dosis de fertilización fuentes orgáni-
cas e inorgánicas para los suelos de fertilidad pobre
en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de Méxi-
co.
4. Es necesario utilizar densidades de población menores
a 50 pencas por metro cuadrado con la finalidad de evi
tar la dificultad en el manejo agrícola.
5. Seleccionar terrenos de relieve que permita el drenaje
del aire y suavice el efecto de heladas.
6. Implementar el sistema de microtúnel en superficies --
próximas a 1,000 metros cuadrados dado que el monto de
de la inversión por hectárea es de 78,923,628.00 (ver
anexo).

Además para tener un mayor conocimiento de costos y be
neficios es preciso se haga un estudio económico más -
amplio poniendo énfasis al proceso de mercado y comer-
cialización.

9. B I B L I O G R A F I A

1. BAUTISTA CASTARON, RAUL. 1982. "Los agroecosistemas nopales del Valle de México". (Tesis de Licenciatura, Departamento de Zonas Áridas, Chapingo), México.
2. BARRIENTOS PEREZ, FACUNDO. 1981. El Nopal (Opuntia spp.) su mejoramiento y utilización en México. Comisión de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (CODAGEM), Servicios Agrícolas Integrados en el Estado de México (SAIMEX), México.
3. _____. 1969. Variedades de nopal (Opuntia spp) y su utilización en México. Departamento de fruticultura.
4. BECERRA RODRIGUEZ, S. 1975. Eficiencia fotosintética del nopal (Opuntia spp) en relación con la orientación de sus cladodios. (Tesis de maestría). Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, México.
5. BOCK SANCHEZ, YADIRA. 1984. "Usos y comercialización de los productos de la nopalera (Opuntia spp) en el municipio de Salinas, S.L.P." (Tesis Lic. U.A.CH., Departamento de -- Economía Agrícola), México.
6. BRAVO HOLLINS, H. 1978. Las cactáceas de México. 2a. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México.

7. BRITTON, N.L. and ROSE, J.N. 1963. The cactaceas: descriptions and illustrations of plants of the Cactus family. New - York, U.S.A.
8. BROM ROJAS, FERNANDO. 1970. El nopal. Comisión Nacional de Fruticultura, Secretaría de Agricultura y Ganadería. México.
9. CHAVEZ GRIS, FERNANDO Y GALICIA ROASAS, ELSA. "Problemática y perspectivas del nopal de verdura en la región de Milpa Alta". En el Departamento de Investigación, Centro de Estudios Científicos y Técnicos No. 15 "Diodoro Antunez - Echegaray" I.P.N. Resumen del II Reunión Nacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Junio 15 a 20 de 1987, pág. 30. México.
10. COMISION NACIONAL DE FRUTICULTURA. Delegación del D.F. 1983, Generalidades sobre el cultivo del nopal. México.
11. COMISION NACIONAL DE ZONAS ARIDAS. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. (INIF). 1982. El nopal, México.
12. CRUZ HERNANDEZ, PABLO. 1982. Güfa para cultivar nopal tunero en el Estado de Puebla. INIA, SARH, México.

13. CRUZ MEDRANO, SERGIO. s.a. Abonos Orgánicos, s.l., s.c.
14. DE LA IGLESIA GONZALEZ, JOSE. 1980. Cultivo en invernadero
2a. Ed. Mundi-Prensa. España.
15. GARCIA VELAZQUEZ, ARMANDO y GRAJEDA GOMEZ, JUAN ENRIQUE. --
1982. Cultive nopal para verdura. Folleto del Centro de
Genética, Colegio de Postgraduados de Chapingo. México.
16. G.W. Cooke. 1975. Fertilización para rendimientos máximos.
CECSA. México.
17. GARCIA DE MIRANDA, ENRIQUETA. 1980. Apuntes de climatolo--
gía. UNAN, México.
18. Gobierno del Estado de México. Secretaría de Desarrollo Ur-
bano y Obras Públicas. H. Ayuntamiento de C. Izcalli. -
1985. Plan del centro de población estratégico de Cuauti-
tlán Izcalli, Edo. de México.
19. GRAJEDA GOMEZ, JUAN ENRIQUE. 1978. Influencia de la poda -
sobre la producción intensiva del nopal de verdura (Opun-
tía spp) y su relación con la tasa de asimilación neta. -
SARH, Colegio de Postgraduados de Chapingo (Tesis para --
maestro en Ciencias), México.

20. HERNANDEZ RIVERA, LUIS. 1978. Distribución del sistema radical del nopal (Opuntia amyclaea Tenore). Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados de Chapingo, México.
21. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES. 1980. --
1a. Reunión Nacional sobre Ecología Manejo y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto. México.
22. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY. -
1980. Memoria del ciclo internacional de conferencia sobre la Utilización del estiércol en la agricultura. Monterrey, N.L. México.
23. LEIA SCHEINVAR. 1987. "Importancia de las colecciones de Opuntia spp como material de referencia para diversos estudios y el proyecto: Atlas del género Opuntia en México". En Jardín Botánico. Instituto de Biología. UNAM. Resumen de la 1a, 2a. Reunión Nal. sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Junio 15 a 20 de 1987. pág. 2, México.
24. LOPEZ MENDOZA, LUIS CLEMENTE. y MEJIA LARA, FIDEL. "Aprovechamiento de áreas temporales deficientes, con el cultivo de nopal tunero (Opuntia amyclaea Tenore) en el municipio de Cuautitlán Izcalli". Proyecto de Semestre de Campo de la Carrera de Ing. Agrícola, FES-Cuautitlán, UNAM., - México.

25. ORTIZ VILLANUEVA, BONIFACIO. s.a. Notas del curso de conservación y mejoramiento de los suelos. E.N.A. Chapingo, -- México.
26. P. DUBOIS. 1980. Los plásticos en la agricultura. Mundi- - prensa, España.
27. PROMOTORA DEL MAGUEY Y DEL NOPAL. 1987. El cultivo del nopal. Departamento de Asistencia Técnica (Inédito), México.
28. _____. 1986a. "Apuntes sobre el establecimiento y cultivo del nopal tunero". Archivo Departamento de Asistencia Técnica. (inédito), México.
29. _____. 1986b. Departamento de Investigación Biológica. Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas y Aguas. México.
30. 1987. Resumen de costos y rentabilidad del cultivo de nopal verdura bajo microtunel. Dpto. Asistencia Técnica. México
31. ROBLEDO DE PEDRO, FELIX Y MARTIN VICENTE, LUIS. 1980. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Ed. mundi-prensa, Madrid, España.
32. REBOLLEDO VELEZ, JUAN DE DIOS Y FIGUEROA SANDOVAL, BENJAMIN. 1987. "Estudio comparativo del Desarrollo en Invernadero de Tres Especies de Nopal (Opuntia spp) en Diferentes --

- Condiciones de Suelo". En el Centro Regional de Zacatecas, Colegio de Postgraduados. Resúmenes de 2a. Reunión Nal. sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, - Junio 15 a 20 1987. pág. 16, México.
33. SANCHEZ SANCHEZ, OSCAR. 1980. La flora del Valle de México. Herrero México.
34. SALGADO MOLINA, C. Y S.M.A. 1984. El cultivo del nopal, -- una alternativa económica en suelos áridos y semiáridos. CODAGEM, Depto. de Asistencia Técnica Forestal, Subdirección de Operación de la Dirección General de Distritos y Unidades de Temporal, México.
35. S.W. BOUL, F.D. HOLE Y R.J. McCRAKEN. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Trillas, México.
36. Servicios Agrícolas Integrados en el Estado de México (SAI--MEX), Centro del Nopal y la Tuna en el Estado de México, (CETEMEX). 1981. Perspectivas de la utilización del nopal y la tuna en México. Méx.
37. SILVA MACIORRO, CARLOS. 1985. Unidades de suelo, interpretados para su uso en ingeniería civil y aprovechados por el campesino en usos agrícolas. CECSA, México.
38. TISCORNIA, Julio. 1976, Cactus y otras plantas de ornamen--

- to. Albatros Buenos Aires, Argentina.
39. TURRENT FERNANDEZ, ANTONIO. s.a. Sistemas agropecuarios integrados. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas. Colegio de Postgraduados, México.
40. _____. 1985. El agrosistema, un concepto útil dentro de la disciplina de productividad. No. 3 Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas. Colegio de Postgraduados. México.
41. _____. 1985b. El método gráfico-estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I. No. 5. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas.
42. _____. 1985c. Uso de una matriz mixta, para la optimización de 5 a 8 factores controlables de la producción. No. 6. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas. Colegio de Postgraduados. México.
43. _____. y REGGIE J, LAIRD. 1975. La Matriz mixta experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de pro-

ducción de cultivos. No. 1. Colegio de Postgraduados. -
México.

10. A N E X O

**COSTOS DE PRODUCCION DEL NOPAL PARA VERDURA A CIELO ABIERTO
Y MICROTUNEL PARA UNA HECTAREA DURANTE EL PRIMER AÑO. 1988.**

COSTOS DE PRODUCCION PARA EL NOPAL DE VERDURA BAJO MICROTUNEL
PARA UNA HECTARIA PARA EL PRIMER AÑO (ESTABLECIMIENTO). JUNIO
1988.

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL PESOS	TOTAL MILES DE PESOS
1. PREPARACION DEL SUELO	Tractor				205
1.1 Barbecho	Tractor	60,000	1	60,000	
1.2 Rastreo	Tractor	30,000	2	60,000	
1.3 Trazo de camas	Jornal	8,500	10	68,000	
2. PLANTACION					25,270
2.1 La planta +	Pencas	190	116,000	22040000	
2.2 Distribución y selección	Jornal	8,500	30	255,000	
2.3 Plantación	Jornal	8,500	350	2975000	
3. ABONADO Y FERTILIZACION					6,040,626
3.1 Abono orgánico	Tonelada	1,500	350	515,000	
3.2 Transporte (40 km)	Tonelada	300/Ton/ Km.	350	4200000	
3.3 Aplicación de abono y fertilización	Jornal	8,500	70	595,000	
3.4 Fertilizantes (urea)	Tonelada	243,562	3	730,626	
4. INSTALACION Y MATERIALES DEL MICROTUNEL					33,426
4.1 Alambrcn de 3/8 pb.	pza. 6m.	6,000	1,551	9306000	
4.2 Pintado de arcos	Jornal	8,500	10	85,000	
4.3 Pintura esmalte blanco	Litro	7,500	40	300,000	
4.4 Colocaci3n y fijaci3n de arcos	Jornal	8,500	20	170,000	
4.5 Hilo rafia	rollo 1,500 m	35,000	19	665,000	
4.6 Colocaci3n del pl3stico	Jornal	8,500	20	170,000	

continuación....

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL PESOS	TOTAL MILES DE PESOS
4.7 Polietileno térmico de calibre 600.	rollo de 100 m.	650,000	33	21,450,000	
4.8 Manejo del plástico por cinco meses.	Jornal	8,500	150	1,275,000	
5. CONTROL DE MALEZAS					1,305
5.1 Deshierbes de camas y pasillos	Jornal	8,500	150	1,275,000	
5.2 Herbicida	Litro	15,000	2	30,000	
6. CONTROL DE INSECTOS					43
6.1 Aplicación	Jornal	8,500	2	17,000	
6.2 Insecticida (folidol)	Litro	13,000	2	26,000	
7. COSECHA ++					12.634
7.1 Cortes (24) y empaque	Jornal	8,500	924	7,754,000	
7.2 Transporte (924 pacas)	Viajes	80,000	61	4,880,000	
TOTAL					78,923.626

+ Se considera el costo de la planta como susceptible de evitarse si se hace convenio con CONAZA (antes PROMAN) para la adquisición de la planta, pagando la planta una vez que se hallan generado en la plantación pacas para propagación. Con lo cual se reduce el monto de inversión a 56,883,626.00 pesos.

++ La producción que consideramos segura de recoger en una hectárea en el primer año de cosecha es de 1,276,000 brotes, procedentes de cosechar un

brote por mes por penca. Ello nos arroja un ingreso de 63,800,000.00 - anuales considerando a 50 pesos el precio del brote como promedio.

De lo anterior se concluye que el costo de producción se -- amortiza al primer año de producción, quedando para los años subsecuentes el pago a CONAZA de 230,000 pencas adultas pero con -- las ventajas de cubrir solamente el mantenimiento del sistema -- hasta por 7 años sin desembolso significativo, con predominancia evidente de utilidades.

COSTO DE PRODUCCION PARA NOPAL DE VERDURA A CIELO ABIERTO PARA UNA HECTAREA DURANTE EL PRIMER AÑO (ESTABLECIMIENTO). JUNIO DE 1988.

C O N C E P T O	UNIDAD	PRECIO \$ UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL PESOS	TOTAL MILES \$
1. PREPARACION DEL TERRENO					188,000
1.1 Barbecho	Tractor	60,000	1	60,000	
1.2 Rastreo	Tractor	30,000	2	60,000	
1.3 Trazo de plantación	Jornal	8,500	8	68,000	
2. PLANTACION					4,276,000
2.1 La planta +	Pencas	190	20,000	3,800,000	
2.2 Distribución y selec.	Jornal	8,500	6	51,000	
2.3 Plantación	Jornal	8,500	50	425,000	
3. CONTROL DE MALEZAS E INSECTOS PLAGA					400,000
3.1 Deshierbes (2/año)	Jornal	8,500	40	340,000	
3.2 Aplicación insecticida	Jornal	8,500	4	34,000	
3.3 Insecticida (folidol)	Litro	13,000	2	26,000	

Continúa.....

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO \$ UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL PESOS	TOTAL MILES \$
4. PODA DE FORMACION					68,000
4.1 Realizar la poda	Jornal	8,500	8	68,000	
SUBTOTAL					4,932,000
COSTO DE PRODUCCION DEL NOPAL DE VERDURA A CIELO ABIERTO PARA UNA HECTAREA DURANTE EL PRIMER AÑO DE PRODUCCION (SEGUNDO AÑO DE ESTABLECIDO). JUNIO 1988.					
CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO \$ UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL PESOS	TOTAL MILES \$
5. ABONO					2,955
5.1 Abono bovino	Tonelada	1,500	200	300,000	
5.2 Transporte (40 Km)	Tonelada	300/Ton/ Km	200	2,400,000	
5.3 Aplicación abono	Jornal	8,500	30	255,000	
6. CONTROL DE MALEZAS E INSECTOS PLAGA					400
6.1 Deshierbes (2/año)	Jornal	8,500	40	340,000	
6.2 Aplicación insect.	Jornal	8,500	4	34,000	
6.3 Insecticida (folidol)	Litro	13,000	2	26,000	
7. COSECHA ++					1,660
7.1 Cortes (6) y empaques	Jornal	8,500	120	1,020,000	
7.2 Transporte (120 pacas) Viajes		80,000	8	640,000	
SUBTOTAL					5,055,000
TOTAL					9,947,000

- + Se consideró una densidad de población media de 20,000 plantas / hectárea. El costo de 190 pesos por penca incluye la planta tratada y puesta en el predio.

Si se hace convenio con CONAZA para adquirir la planta sin hacer desembolso, se reduce el costo de producción del establecimiento del cultivo a 4,087,000.00, que junto con el costo de producción del primer año de producción suman 6,147,000.00.

- ++ Considerando el precio medio del brote de 25.00 se logra un ingreso de 9,000,000.00 por concepto de los 360,000 brotes cosechados, con lo cual se amortiza la deuda con una diferencia de 2,853,000.00. Las 40,000 pencas a pagar a CONAZA se hará a los dos años.