



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA

**EL CRECIMIENTO Y LAS PRACTICAS CULTURALES DE
LOS AGAVES PULQUEROS DEL VALLE DE MEXICO**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A :
ROCIO JOSE JACINTO

ASESOR:

DR. EDMUNDO GARCIA MOYA



México, D.F.

1993



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

EL CRECIMIENTO Y LAS PRACTICAS CULTURALES
DE LOS AGAVES PULQUEROS DEL VALLE DE MEXICO.

ROCÍO JOSÉ JACINTO

ASESOR: DR. EDMUNDO GARCÍA MOYA.

¿Que le han hecho a la tierra?
¿Que le han hecho a nuestra amable hermana?
La han saqueado y despojado,
la han destripado y taladrado.
Le han clavado puñales
en el costado del atardecer,
la han atado con cercos de alambrada
y la han arrastrado por lo más bajo.
Yo escucho, con tus oídos
un sonido muy dulce
que viene debajo de la tierra:
Queremos el mundo y lo queremos ahora.

JIM MORRISON.

DEDICATORIA

A mi familia, en especial a mis padres por su gran amor, con el cual alientan y fomentan mis sueños para que se transformen en realidades.

A mis amigos, porque siempre conté con su apoyo y cariño.

A la U.N.A.M., que me permitió acceder a otros niveles del conocimiento tanto en las ciencias como en las humanidades.

A los maestros: Dr. García Moya, Diodoro, Silvia, Lupita, Mara y José Luis. Porque un profesor puede decirte lo que espera de ti, pero un verdadero maestro despierta tus propias expectativas.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Edmundo García Moya por su paciente orientación y dirección en el presente trabajo.

Al Colegio de Postgraduados y en especial al Centro de Botánica por haberme dado la oportunidad de realizar mi trabajo de tesis.

A los Sres. Ismael Almaráz, Adán Cedeño, Cecilio González y Dionicio Palafox trabajadores del Laboratorio de Ecología Vegetal del Colegio de Postgraduados por su ayuda en el trabajo de campo.

Al Ing. Alfonso de la Rosa por su valiosa ayuda en el análisis estadístico.

INDICE

	PÁGINA
INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	vi
RESUMEN	vii
1.0. INTRODUCCIÓN	1
2.0. ANTECEDENTES	3
2.1. Historia	3
2.2. Descripción Botánica del grupo <u>Salmianae</u>	7
2.2.1. Descripción de <i>Agave mapisaga</i> Trel.	8
2.2.2. Descripción de <i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm.	10
2.3. Distribución	12
2.4. Prácticas Agrícolas	15
2.4.1. Proceso de Domesticación	15
2.4.3. Obtención del Material Vegetal	16
2.4.4. Preparación del Terreno	17
2.4.5. Transplante	18
2.4.6. Prácticas Culturales	18
2.4.6.1. Podas	18
2.4.6.2. Deshierbe	19
2.4.6.3. Fertilización	19
2.4.6.4. Daño Cuticular	20

2.4.6.5. Control de Plagas y Enfermedades	20
2.5 Problemas en los plantíos de Agave	23
2.6. Preparación del maguey pulquero para la obtención de aguamiel	24
2.6.1. Careo	24
2.6.2. Castración	24
2.6.3. Picazón	26
2.6.4. Raspado	27
2.6.5. Recolección de aguamiel	28
2.6.6. Elaboración del pulque	28
2.6.7. Características del pulque	30
2.6.8. Adulteración del pulque	31
2.6.9. Producción	33
2.6.10. Productos del pulque	36
2.6.11. Aprovechamientos	37
2.7. Ecofisiología	38
2.7.1. Metabolismo de los ácidos dicarboxílicos de las crasuláceas	38
2.7.2. Radiación Fotosintéticamente Activa	40
2.7.3. Temperatura	41
2.7.4. Productividad	42
2.7.5. Disponibilidad de Nutrientes	43
3.0. AREA DE ESTUDIO	45
4.0. MATERIALES Y MÉTODOS	47
5.0. RESULTADOS	55
5.1. Interpretación de gráficas	59

6.0. DISCUSIÓN	71
7.0. CONCLUSIONES	75
8.0. CONSIDERACIONES FINALES	75
9.0. BIBLIOGRAFÍA	76

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
No.1. Representación Prehispánica de la Diosa Mayahuel	6
No.2. Áreas de distribución del maguey pulquero en el país	9
No.3. Esquema morfológico de <i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm.	11
No.4. Instrumentos para la extracción del aguamiel	25
No.5. Ubicación de las localidades de estudio	46
No.6. Diagrama de flujo de la Investigación	48
No.7. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas de 20 plantas de cada tipo de agave en la localidad de Coyotepec	59
No.8. Gráfica de valores totales de producción de hojas nuevas de 20 plantas de cada tipo de agave en Tequesquihuac	60
No.9. Gráfica de valores totales de producción de hojas nuevas en tres tratamientos en Singuilucan	61
No.10. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en tres tratamientos en <i>Agave salmiana</i> en Calpulalpan	62
No.11. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en 20 plantas de agave para cada tratamiento en Tizayuca	63
No.12. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en 20 plantas de agave para cada tratamiento en Tizayuca	64
No.13. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en <i>Agave salmiana</i> en diferentes condiciones de cultivo en Rancho San Mateo	65
No.14. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas para tres tratamientos y el testigo en Providencia	66
No.15. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en tres tratamientos en Providencia	67
No.16. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en tres tratamientos en Coatepec	68
No.17. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en agave en diferentes tratamientos de fertilización en Ixtapaluca	69
No.18. Gráfica de valores totales de producción de hojas nuevas en agave con tratamiento de fertilización en Ixtapaluca	70

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
No.1. Areas ecológicas de los agaves pulqueros	14
No.2. Composición química del aguamiel y el pulque	30
No.3. Constituyentes nutritivos del pulque	31
No.4. Análisis químico del pulque	32
No.5. Análisis microbiológico del pulque	32
No.6. Estadísticas de los magueyes pulqueros en el país en el período de 1950-1970	34
No.7. Estadísticas de los principales estados productores de agaves pulqueros en la década de 1950	34
No.8. Estadísticas de los principales estados productores de agaves pulqueros en la década de 1960	35
No.9. Estadísticas de los principales estados productores de agaves pulqueros en la década de 1970	35
No.10. Características de las localidades de la zona de estudio	45

INDICE DE FOTOS

FOTO	PÁGINA
No.1. Desmixiotado de <i>Agave salmiana</i> en Providencia, Hidalgo	50
No.2. Aspecto de <i>Agave salmiana</i> cuando fue "picado" en Providencia, Hidalgo	50
No.3. <i>Agave salmiana</i> con tratamiento de "desmixiotado 6 hojas" en Providencia, Hidalgo	51
No.4. <i>Agave salmiana</i> con tratamiento de "despuntado" en Providencia, Hidalgo	51
No.5. <i>Agave salmiana</i> en Ixtapaluca, Estado de México, aplicándole fertilizante por medio de cajetes	54
No.6. <i>Agave salmiana</i> en Ixtapaluca, Estado de México, aplicándole estiércol por medio de cajetes	54

RESUMEN

Los agaves son elementos representativos de la flora de las regiones áridas y semiáridas del país, su importancia cultural y socio-económica entre las diferentes etnias de nuestro territorio, radica en que los han incorporado de diversas maneras en su vida diaria. El cultivo de los agaves se ha ido perfeccionando por medio de labores agrícolas como: fertilización, estercolado, control de plagas, etc. Las cuales promueven y benefician el crecimiento de la planta.

Sin embargo, existen otros tipos de prácticas que perjudican al agave como lo son: el desmixiotado y el despuntado. El objeto del presente trabajo es evaluar el efecto de la remoción de la cutícula, el picado, el despuntado, la fertilización y el estercolado sobre la tasa de aparición de hojas en los agaves pulqueros, (*Agave salmiana* Otto ex Salm. y *Agave mapisaga* Trel.) en nueve localidades del valle de México, durante dos años; repartidos en ocho muestreos, en cada localidad se hizo un trabajo de caracterización, reconocimiento y localización del material vegetal.

Los resultados obtenidos indican diferencias entre edades, período de estudio y tipo de práctica empleada sobre el desarrollo foliar, en cuanto a los experimentos de fertilización y estercolado, también presentan diferencias significativas ($p = 0.05$). Se concluye que la práctica de desmixiotado afecta significativamente el crecimiento y desarrollo del maguay.

1. INTRODUCCIÓN

Nuestro país alberga una gran cantidad de especies vegetales que viven en diversos hábitats, los cuales son producto de lo accidentado de su fisiografía y la diversidad de climas con que cuenta. De entre éstos resaltan por su extensión (alrededor del 70 % del territorio nacional) las zonas áridas y semiáridas.

En estos entornos se encuentran un amplio número de plantas adaptadas a esas condiciones, que son aprovechadas por los moradores de esos sitios, en algunos casos de manera irracional, por lo cual se hace necesario generar conocimiento científico sustentado en esquemas de aprovechamiento sobre bases sostenidas.

Los agaves son elementos representativos de la flora de las regiones áridas y semiáridas del país. Varios investigadores coinciden en afirmar que México es el centro de variación de estas plantas, dado a que en el territorio se encuentran formas primitivas, así como el mayor número de taxa dentro del país. Su importancia cultural y socio-económica entre las diferentes etnias de nuestro país, radica en que las han incorporado de diversas maneras en su vida diaria (vestido, alimento, vivienda, etc.); es por ello que los agaves son las plantas silvestres más utilizadas que ninguna otra hasta ahora (Ramírez, 1936; Gómez Pompa, 1963 y Gentry, 1982).

El uso de los agaves ha variado a través del tiempo, por lo que su cultivo se ha convertido en algunas zonas, en uno de los principales; en consecuencia se han ido perfeccionando y ampliando las labores culturales durante el desarrollo de esta planta como lo son: el barbeo, las limpias, la fertilización, el control de plagas, etc.; las cuales benefician y promueven el crecimiento de la planta. Sin embargo, existen otras prácticas que

perjudican el desarrollo de la planta como lo son: el despuntado, el picado, y el desmixiotado; este último es un grave problema socio-económico al cual se enfrentan los productores del maguey pulquero, principalmente los que se ubican en el Valle de México, esta circunstancia ha llevado al desánimo y a una posición negativa de los productores de maguey a nuevas plantaciones o replantaciones; ya que invierten en cuidados para la planta, la cual tarda en desarrollarse según la especie hasta doce años, para que a mitad del ciclo provoquen daños a la planta, a través de la remoción de la cutícula (desmixiotado), en muchos de los casos los daños son tan severos que causan la muerte de la planta, además de acarrear problemas de tipo judicial, es por esto que se plantea la necesidad de elaborar el marco legal que permita a los propios productores aprovechar de manera integral todos los productos y subproductos que se derivan de la planta.

Existen antecedentes de estudios realizados sobre la ecología, la etnobotánica, la fisiología y la patología de diversas especies de agaves en nuestro país. Sin embargo, todavía es mucho lo que se desconoce de estas plantas, especialmente de las especies pulqueras, las cuales dado al estado actual que guarda su cultivo y los beneficios que ellos aportan a los pobladores de áreas marginales, deberían incrementarse los estudios hacia este recurso.

En el presente trabajo se plantean los siguientes objetivos:

- Determinar el efecto de la remoción de la cutícula, el picado y el despuntado sobre la tasa de aparición de hojas en los agaves pulqueros.
- Evaluar el efecto de la fertilización y el estercolado sobre el desarrollo de hojas en agaves pulqueros.

2. ANTECEDENTES.

2.1 Historia.

Al maguey desde tiempos prehispánicos se le ha conocido con los nombres de "Metl" en la lengua Náhuatl; "Vada" en Otomí y "Tacamba" en la lengua Purépecha o Tarasca.

México es un país multiétnico con más de 70 grupos, los cuales aprovecharon al maguey de diversas formas y para la llegada de los españoles, ya habían hecho la clasificación de 14 agaves (Payno, 1864): Metlcoztli (se le llamaba también Coztlimetl, Maozticmetl, Hoitzitzimmetl, Tapayemetl, Mexoxochtili (*Agave americana* Karw.), Nexmetl, Quametl, Hoitzitmetl, Tapayemetl, Acametl, Xilometl, Tepeamexcalli (*Agave potatorum* Zucc.), Tlacametl (*Agave atrovirens* Karw.), Teometl (*Agave atrovirens* var. *sigmatophylla* Berger), Quetzalchtili y Xolometl, los cuales eran utilizados en la mayoría de los casos para obtener bebidas de tipo ceremonial y las espigas terminales constituían parte esencial en los autosacrificios; con ellas punzaban diferentes partes del cuerpo (Bahre y Bradbury, 1980). Dentro de las bebidas ceremoniales prehispánicas, la más importante sin lugar a dudas es el pulque, al cual también se le denominan de diversas formas: en Náhuatl se le llamaba "Teoctli" (pulque divino), "Tlalocli" (pulque de la tierra), "Necuchtili", "Neutli", "Tlachique" (pulque ó maguey dulce), "Tlachicotón", "Nécuatl" (el aguamiel sin fermentar); en Otomí se le nombra "Juasei" (pulque divino), Sei (pulque), etc. Otros pueblos indígenas lo denominaban "Oclli polihqui", los españoles entendieron mal el término y lo descompusieron hasta llegar a la palabra "pulque".

Uno de los registros más antiguos sobre el pulque en la cultura Mesoamericana data de 200 a 300 años A.C., esto queda plasmado en el mural llamado "La bebida del pulque" que se encuentra en la pirámide de Cholula en Puebla, sin embargo, resulta obvio que el pulque no era una bebida nueva cuando el mural fue pintado, por lo tanto su antigüedad es mayor; el hallazgo de un raspador y otros instrumentos de obsidiana similares a los empleados actualmente para la extracción del aguamiel, nos dan información de que el pulque fue conocido y consumido hace aproximadamente 28 siglos (Barrios, 1971; Poloniato, 1986). Lo cierto es que la bebida se convirtió en un importante elemento social y económico, la cual por motivos religiosos se ha convertido en un mito. Para la mayoría de las culturas prehispánicas, el origen de el pulque lo atribuyen en la mayoría de los casos como un hecho divino. Entre los Toltecas durante el reinado de Tecpancaltzin (1045-1050 A.C.) un noble llamado Papatzin descubrió la manera de obtener el aguamiel mediante el corte del pedúnculo floral, el hallazgo regocijó tanto al monarca que le recompensó con riquezas y al poco tiempo contrajo nupcias con Xóchitl, quién era hija del noble. Para los Otomíes, la extracción del aguamiel fué resultado de la observación de la manera en que un grupo de errantes desnudos comían carne cruda y bebían licor de maguey (Payno, 1864). Probablemente el descubrimiento del pulque haya resultado de la observación que los indígenas hicieron acerca de un pequeño roedor *Microtus mexicana* var. *mexicana* (Schränk) Saussure (Macedo, 1950; lo identifica como *Arvicola mexicana*), conocido popularmente como "metoro", el cual por instinto entra al interior del maguey, roe la piña del agave causando así el escurrimiento de la savia (Serendipity), llamada aguamiel y esta se convierte en pulque a través de un proceso de fermentación natural que puede ocurrir dentro de la planta. Sin embargo, el relato que explica más ampliamente todo el proceso de obtención del pulque es el dictado por los informes de Fray Bernardino de Sahagún (Goncálves de Lima, 1956), pues los obtuvo de un grupo de hombres sobrevivientes a la conquista, quienes recrearon las costumbres, descubrimientos e historia de los tiempos prehispánicos, de esta reseña cabe resaltar que los grupos indígenas tenían conciencia de

los efectos del pulque cuando se tomaba en exceso, para lo cual crearon un grupo de dioses llamado "Centzontetochtin" (los cuatrocientos señores conejos), con los cuales representaban los diferentes estados de embriaguez, las formas de temperamentos y costumbres de las personas intoxicadas, en consecuencia, esta bebida ritual tenía varias restricciones para evitar efectos negativos en los individuos, sólo los ancianos y las mujeres embarazadas podían tomarlo cotidianamente y para la demás gente su consumo se restringía a eventos religiosos; el desacato a estas reglas, se castigaba severamente: desde poner a la gente en ridículo hasta la propia muerte. Para el pensamiento mágico de nuestras culturas antiguas coincidieron en elevar a deidad al maguey pulquero, con distintas historias que siempre concuerdan en que la diosa "Mayahuel" es la creadora del pulque (Figura 1). Después de la conquista Española se le quita el carácter ceremonial, lo cual provocó que se tomara extensa e intensivamente, al grado de que significó un factor e indicador de la rápida decadencia de las poblaciones sometidas al régimen español. Fue un negocio lucrativo para los mestizos poseedores de haciendas, ya que frente a los indígenas (los cuales eran pequeños productores), los primeros compraban todo su producto a los indígenas por muy debajo de su valor; y éstos junto con los trabajadores y tlachiqueros constituían la fuerza de trabajo que explotaban los hacendados, haciendo de ello el pilar de su capital (Gayman,1984).

Entre 1910 y 1914 se constituye "La Compañía Expendedora de Pulques S.C.L.", la cual reúne a todos los grandes productores de pulque y garantiza precios ascendentes, sin aumentar la producción, a fines de 1914 todas las haciendas ven suspendidas sus actividades por la política general del monopolio pulquero, el cual tiende a reducir la producción y aumentar precios, además de problemas laborales suscitados por la Revolución Mexicana; en suma ocurre la ruptura del mercado supraregional del pulque y el retorno a los mercados regionales del producto, mientras en las ciudades; las pulquerías fueron establecimientos de reunión adaptadas al estatus socioeconómico de la población,



Figura No.1. Representación Prehispánica de la Diosa Mayahuel.

las cuales fueron fuente de folclore y arte popular de México para el mundo (Guerrero, 1985); sin embargo, al pasar de los años (1914-1934) el desmembramiento de las haciendas y la crisis de la economía pulquera aunada a las presiones sociales como sanitarias desencadenó una modificación en las pautas de consumo y por ende el cierre de pulquerías en el Valle de México (Siliceo, 1920; Leal y Huacuja, 1982; Gob.Edo. Hidalgo, *et al.*,1988).

En México, como en otros países del mundo, el progreso ha hecho que muchas costumbres se pierdan o estén a punto de perderse; tal es el caso del maguay pulquero; pues hoy día se menosprecia a los productos que de él se obtienen (Barrios, 1971; Martín del Campo, 1938; Tello y García-Moya, 1985; Urrutia, 1986; Mercado, 1990).

2.2. Descripción Botánica del grupo *Salmianae*.

Este grupo tiene una pequeña historia taxonómica y ha sido reestructurado y definido. Berger (1915) lo estableció como "Reine Salmianae" incluyendo 19 especies; su grupo incluía una parte de "Semi-marginatae" de Jacobi y "Submarginatae" de Baker. La gama de especímenes ahora disponibles y los largos años de estudios poblacionales llevaron a excluir la mayoría de las plantas incluidas por los autores antes citados. Muchos nombres fueron establecidos por conveniencia hortícola y no por necesidad sistemática. Por lo tanto este grupo se ha reducido a cuatro especies, una subespecie y cuatro variedades (Gentry, 1982). *Salmianae* son nativos de las montañas del centro de México, se encuentra en forma silvestre y cultivada, generalmente ocupan elevaciones entre 2300 y 2460 msnm con una precipitación de 360 a 1000 mm anuales.

El grupo *Salmianae* muestra un alto grado de especialización y filogenia que puede ser considerado entre uno de los agaves más modernos. Esta gran variabilidad obviamente es inducida por el hombre, el cual también es, en parte causal de sus modificaciones. *Agave salmiana* y *Agave mapisaga* son los principales productores de pulque en México (La Figura 2 muestra las áreas de distribución del maguey pulquero en el país).

2.2.1. Descripción de *Agave mapisaga* Trel.

Son plantas amplias de tallo pequeño, tienen de 2 a 2.5 m de altura, forman rosetas con hojas lineales de hasta lineales de hasta 2.5 m pueden ser extendidas o ascendentes, algunas veces presentan coloración de verde a verde-pálido, la base es compacta y carnosa, las hojas tienen margen recto con pequeñas espinas oscuras, espinas distales de 3-5 cm de longitud, inflorescencia compacta de 7 a 8 m ó más de altura; pedúnculo cerrado colocado a lo largo de las brácteas suculentas, panícula ancha extendida, densa con flores largas, suculentas con pétalos frecuentemente rojizos en la yema, ovarios gruesos, tubo profundo de 14-21 mm, filamentos de 55 a 70 mm de longitud, anteras amarillas de 30-35 mm de longitud, excéntricas, pistilo distribuido sobre el corpulento estambre, semillas negras muy pequeñas (Gentry, 1982). Este agave se le reconoce fácilmente por sus largas hojas lineales, se le cultiva extensamente y también se le encuentra disperso en las montañas del centro de México. Por lo general se establece el cultivo combinado con *A. salmiana*, rara vez se le encuentra solo.

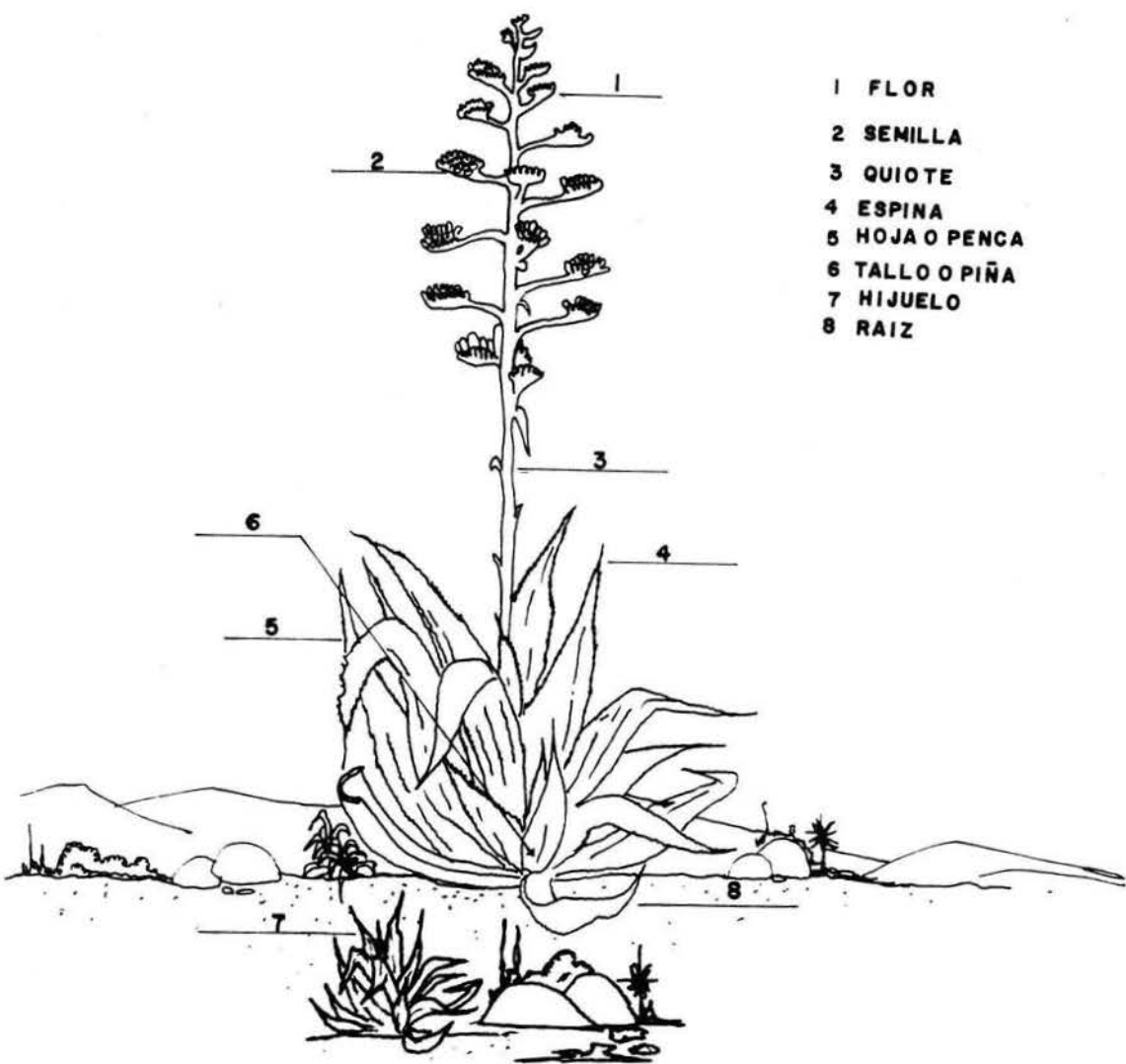


Figura No.3. Esquema morfológico de *Agave salmiana* Otto ex Salm.

2.2.3. Descripción de *Agave salmiana* Otto ex. Salm.

Es una planta de raíz fibrosa, con el tallo grueso y corto, las pencas tienen espinas terminales y también en sus bordes, el conjunto de pencas forman una roseta de color verde oscuro a verde glauco; el magüey emite un escapo floral alrededor de los diez años de edad, el cual puede alcanzar una altura de 4 m (Figura 3), tiene flores amarillo-verdoso de 10-12 cm de largo, es incompleta, hermafrodita de perigonio simple; forman una inflorescencia en corimbo; el fruto es una cápsula oblonga, con seis divisiones longitudinales y tres lóculos poliespermos; las semillas son negras deprimidas, triangulares con el embrión recto y el endospermo carnososo (Ramírez, 1931; Gentry, 1982; Meyrán y Piña, 1986). Trelease (1915) y Berger (1915) fijaron muchos nombres hortícolas que tuvieron una aplicación muy compleja. El primero no reconoció a *Agave salmiana* Salm y propuso equivocadamente *A. atrovirens* Otto ex Salm. Berger identifica este mismo agave como *A. salmiana* Otto ex Salm. Estos casos demuestran la inexactitud que surge de la falta de especímenes e información de poblaciones naturales de agaves. Este agave incluye amplias poblaciones silvestres y cultivadas. Blásquez (1920) publicó en Puebla un tratado sobre magüey, en el cual menciona 32 formas de magüey pulquero de la región, las cuales enumera e ilustra. Por su parte Gentry en su libro de "Agaves de Norteamérica" menciona sólo a seis especies de agave como las más importantes. Existen muchas poblaciones silvestres de *A. salmiana* especialmente en la parte norte de San Luis Potosí e Hidalgo. Crecen en áreas semiáridas y pedregosas; se encuentran frecuentemente asociadas con *Acacia* y *Opuntia* (Galván, 1988).



Figura No.2. Areas de distribución de maguey pulquero en el país.

2.3. Distribución

El maguey pulquero se cultiva en el extremo meridional del D.F. y en los puntos que se localizan a la misma altura, en los estados de México y Puebla, al eje Neovolcánico por el sur; hasta las llanuras de San Luis Potosí, Saltillo y Coahuila en la mesa del norte y desde Tehuacán, Perote y Teziutlán por el este, hasta Zitácuaro y Morelia por el oeste. En los estados de Hidalgo, México y Tlaxcala el cultivo del maguey es más intenso. El cultivo del maguey prospera en condiciones de temperatura que va desde los 13.6°C hasta 17.8°C, temperaturas medias anuales del Valle de México, de acuerdo al régimen térmico de una región determinada corresponde a especies o variedades adaptadas a estas condiciones.

El maguey subsiste en precipitaciones medias anuales, que van desde los 335 mm hasta los 924 mm o si se desvía un poco de esta gama es porque corresponden a especies o variedades que están adaptadas a dichas condiciones. El grupo *Salmianae* es natural de la meseta central de México se desarrolla en una altitud que va desde los 1230 a 2430 msnm, los suelos de la zona magueyera son por lo general calcáreos, alfisoles y aridisoles, las texturas predominantes son franco-arenosos, franco-arcillosos, areno-limoso y en general, requieren de suelos bien drenados; con un pH de 6.3-7.8 (Loyola, 1956; Galván, 1988; Meyrán y Piña, 1986).

Los agaves pulqueros de la zona del Valle de México son:

- Maguey "penca larga" (*A. mapisaga*), se le encuentra en lugares con precipitaciones de 360-100 mm y altitudes de 1230 a 2460 msnm, se utiliza en regiones frías a templadas, sin embargo, puede prosperar en climas cálido-secos.

- Maguey "manso" (*A. salmiana*), prospera en sitios con precipitaciones no menores a 450 mm hasta 1200 mm, en altitudes de 1230 a 2460 msnm, se utiliza para regiones frías a templadas en Hidalgo, edo. de México y Tlaxcala, es poco prolífico de 4-6 vástagos por planta.

- Maguey "chalqueño" (*A. salmiana*), crece en lugares con precipitaciones de 360-1000 mm y altitudes de 1230-2460 msnm, es muy prolífico de 6-12 vástagos, tiene un ciclo biológico muy largo de 18 años aproximadamente; es uno de los más grandes.

- Maguey "xamini" (*A. salmiana*), se encuentra en sitios con precipitación de 360-1000 mm y en altitudes entre 1500 y 2700 msnm. Es común en lugares con clima cálido-seco. Es muy precoz, pues su ciclo biológico es de 6-7 años y llega a tener de 6-12 vástagos.

El Cuadro 1 muestra los municipios de los distintos estados en que se encuentra el maguey pulquero.

Dentro de estas regiones se encuentran otras variedades de agaves de menor importancia, sólo se tomaron en cuenta la población de agaves más predominantes en la zona.

Cuadro 1. Áreas ecológicas de los agaves pulqueros. (Granados, 1990).

ESTADO	MUNICIPIO	TIPO DE MAGUEY
Veracruz	Perote	Negro, manso, amarillo y pence larga.
*Tlaxcala	Cuapixtla	Manso, negro, amarillo y pence larga.
**Edo. de México	Ecatzingo	Chalqueño, pence larga y manso.
	Tepetitlaxpa	" " "
	Atlixpa	" " "
	Ozumba	" " "
	Ayapango	" " "
	Juchitepec	" " "
	Tlamanalco	" " "
	Chalco	" " "
	Ixtapaluca	" " "
	Chicoloapan	" " "
	Texcoco	Manso, pence larga y ayoteco.
	Tepetitlaxpa	" " "
	Chimala	" " "
	Chiconcuac	" " "
	Tezoyuca	" " "
	Tecotihuacán	" " "
	Acolman	" " "
	Tecámac	" " "
	Axapusco	" " "
	Nopaltepec	" " "
	Huaypextlá	" " "
	Apaxco	" " "
	Zumpango	" " "
Hidalgo	Temascalapa	Xamini, pence larga, blanco
	Valle de Mezquital	Chalqueño, palomillas, verde y chino.
	Huasteca	Manso y pence larga
	Apam	" " "
	Tepapulco	" " "
	Zempoala	" " "
	Singuilucan	" " "
	Epazoyucan	" " "
	Pachuquilla	" " "
	Santiago Tultepec	" " "
	Cumatepec	" " "
	Tulancingo	" " "
	Acazochitlán	" " "
	Metepéc	" " "
	Agua Blanca	" " "
	Atotonilco	Palomillo, verde y pence larga
	Huautla	" " "

1

1* En el estado de Tlaxcala a excepción de los municipios mencionados, se encuentra generalmente a tres variedades: manso, pence larga y chalqueño.

** Hacia el occidente del Estado de México, se encuentran predominantemente los magueyes: pence larga, verde y manso.

En el Edo. de Querétaro se encuentran: maguey manso, pence larga, xamini y blanco.

2.4. Prácticas Agrícolas

2.4.1. Proceso de Domesticación.

En las zonas áridas y semiáridas del territorio nacional existen especies perennes que se cultivan intensa y extensamente como el maguey. La relación del hombre con el agave data no de ahora, sino desde épocas remotas. Gentry (1976) estima que desde hace nueve mil años tenemos una "simbiosis" con esta planta para que en la actualidad estemos en posibilidad de estudiar una diversidad única que hay en estos elementos vegetales (Gómez Pompa, 1985).

Son varios los estudios sobre el hombre mesoamericano, sin embargo, las referencias que existen sobre estas culturas antiguas y su relación con los agaves, (en particular sobre lo que representaban los agaves pulqueros), no dan una idea completa de la cosmovisión que se tenía en la vida prehispánica, ya que no era una planta más sino que se le consideraba como un "Don Divino", por lo cual era objeto de veneración y explotación. Cada una de las partes de la planta tenía un fin utilitario y propósitos rituales específicos. De ahí que las propiedades de esta planta contribuyeran a su proceso de domesticación y que el hombre antiguo seleccionara y fuera cultivando aquellas especies y variedades que más se adaptarían a la satisfacción de sus necesidades (Gob. Edo. Hidalgo, *et al.*, 1988). Se puede decir que, en general, los grupos prehispánicos aprovecharon el jugo, de las hojas sacaban fibra para obtener hilo y fabricar telas o para elaborar papel, la espina terminal de las pencas servía a manera de aguja para coser y como instrumento en la práctica de sacrificios, las hojas secas las usaron como suela de calzado, como teja en techos de casas y como combustible, los "quiores" (pedúnculo floral) se utilizaban en la construcción de

casas y también la llegarón a emplear con propósitos medicinales (Martín del Campo, 1988).

En la actualidad existen nuevas técnicas para seleccionar las especies y variedades de agaves, para obtener satisfactores tales como: inulina industrial, levaduras de uso pecuario, jarabes de fructuosa, etc. Contradictoriamente al pasado; ahora estas innovaciones están fuera del alcance de los productores de maguey por lo que no se pueden adoptar como práctica usual (Tello y García Moya, 1988).

2.4.2. Obtención del material vegetal.

El material vegetal se puede obtener por semilla, bulbillos o hijuelos (mecuates); por lo general se escoge esta última opción, debido a que por semilla es muy tardado el proceso, por bulbillos es muy laborioso y se necesita mucha mano de obra, así que se escogen los hijuelos mejor desarrollados, que estén sanos, esto es, libres de plagas y enfermedades, de preferencia que no sean plantas viejas, las cuales se manifiestan por una coloración rojiza en pencas, esto no siempre es un buen indicador de la edad, ya que a veces es signo de deficiencia de nutrimentos, los hijuelos deben tener una edad aproximada de cuatro años. El "desahije" se efectúa cuando la planta "madre" tiene más de 6 retoños; y sucede cuando el organismo cuenta con más de 6 años de edad, debe hacerse esta práctica antes que los hijuelos le causen algún daño a la planta madre debido a que compiten por espacio, nutrimentos, agua, luz, etc. (PROMAN, 1978).

2.4.3. Selección del terreno.

Con la finalidad de facilitar las labores de cultivo y para un buen desarrollo de las plantas, es necesario seleccionar suelos con poca pendiente (suelos planos); con una capa arable mayor de 50 cm, pH cercano a la neutralidad y que éstos se ubiquen en la zona ecológica para este tipo de agaves productores de aguamiel; (altura, clima, precipitación, etc.).

2.4.4. Preparación del Terreno.

Las prácticas más apropiadas para preparar un terreno son: Desmonte, subsoleo, barbecho profundo y rastra cruzada. Para terrenos que se encuentran abiertos al cultivo, basta con realizar éstas dos últimas. Estas prácticas son importantes, ya que el maguey para establecerse necesita de un suelo friable que facilite la expansión del sistema radical, así como que propicie la emergencia de nuevos hijuelos; si el suelo estuviera compacto por carecer de las prácticas antes mencionadas, simplemente el maguey no desarrollaría, es decir, se quedaría del mismo tamaño desde el momento en que fué plantado y envejecería con las mismas dimensiones, acompañado de un color rojo en las pencas y en los márgenes se secarían y tomarían un color amarillento.

2.4.5. Transplante.

Antes de la plantación definitiva del maguey se le quitan algunas pencas de la base, con el propósito de que exista una mejor circulación de la savia y se desarrollen mejor y más rápidamente se deja "amacizar" (lo que significa dejarlas expuestas al sol por un lapso de 20 a 25 días para que exista una mayor acumulación de azúcares y una menor probabilidad de infección de propágulos). La plantación se realiza en cepas, se planta más o menos a 20 cm de profundidad, en una distancia de 1.50 entre plantas y una distancia entre surco de 2 a 3 m, esta práctica se prefiere hacerla antes de la época de lluvias, para que cuando llegue esta se aproveche de la humedad que se obtenga. Cabe resaltar que esta práctica debe hacerse cuando las plantas hayan alcanzado el tamaño de una vara-metro, la procedencia de las plantas puede ser un vivero o de las plantas "madre" de la plantación.

2.4.6. Prácticas Culturales

2.4.6.1. Podas

A los tres meses de establecidos los agaves, se deberá realizar el "desmixiotado", el cual consiste en quitar todas las porciones secas de las pencas que fueron maltratadas y heridas durante el arranque, transporte y plantado. Posteriormente se recomienda realizar una poda cada año después del segundo año de establecido, cortando las pencas viejas basales y despuntando el resto de las pencas; dicho despunte deberá dar una forma de "V" invertida a la planta.

2.4.6.2. Deshierbe

Se debe eliminar la hierba que crece alrededor de la planta, ya que estas compiten por nutrientes. La tierra del entorno debe ser aflojada para facilitar el desarrollo de las raíces de la misma planta. Deberá cuidarse el no maltratar a los "mecuates" o hijuelos que empiezan a nacer un año después.

2.4.6.3. Fertilización.

Después de la plantación, se recomienda agregar estiércol (de ganado vacuno) o fertilizantes químicos, los cuales van a proporcionar los nutrientes que estimulan el crecimiento de las plantas. Además favorecerá el número de hijuelos (mecuates) por planta. Esta práctica se efectúa después que la planta ya ha formado raíces. Se ha observado que las plantas en sus primeras etapas de desarrollo necesitan fuentes de nitrógeno, las cuales son suministradas como sulfato de amonio $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$, a razón de 25 g por planta, o si se procede a incorporar estiércol, primero se hace un cajete o rodete alrededor de la planta, enseguida se vierte estiércol con la misma tierra que se quitó para construir el cajete de tapa. El estiércol se recomienda aplicar 10 kg de estiércol semiseco por cepa. Al segundo año de establecidas se recomienda dar otra fertilización en una dosis tres veces mayor que la primera. (Macedo, 1950; Bustamante, 1983).

2.4.6.4. Daño Cuticular.

Nobel (1988), menciona que en *Agave tequilana* es común despuntarlos para prevenirlos de plagas; esta práctica afecta de manera directa la absorción de la energía radiante, sin embargo, no hubo cambios significativos en la cantidad de ácidos titulables.

En un trabajo realizado por García Moya y Nobel (1990) sobre *Agave salmiana* en varios sitios del centro de México, observaron que la remoción de la cutícula de las plantas en un orden del 17 al 30%, no mostró diferencias significativas en la acumulación nocturna de ácidos orgánicos entre plantas intactas y despuntadas. Cuando a estas plantas se les provocó un daño del 40%, se vió un claro decremento en la superficie fotosintética, con lo cual decreció la incidencia de radiación fotosintéticamente activa y en la productividad de éstos agaves.

2.4.6.5. Control de plagas y enfermedades.

De las plagas, la chinche de los viveros y la escama de las pencas atacan principalmente a los hijuelos. El gusano blanco afecta a las regiones magueyeras de Hidalgo, Tlaxcala, México, Puebla y Querétaro; esta plaga es una mariposa que ovoposita grupos de huevecillos en los meses de febrero a julio. Las larvas llegan a medir entre 7 y 15 cm de longitud, son de una consistencia blanda y grasosa, de color blanquecino con pequeños puntos pardos. El gusano rojo es una mariposa que ovoposita de 70-80 huevecillos en grupos de 5 a 12 en la parte inferior de las pencas de las plantas jóvenes, en los meses de febrero a mayo; el huevecillo eclosiona al cabo de 10 días aproximadamente, se introduce dentro del tallo formando galerías en las cuales vive alrededor de cinco meses.

Por otra parte también se toman como plagas importantes del maguey a las tuzas y ratones (Macedo , 1950).

Las plagas por lo general causan daño a nivel de la base del maguey a continuación se mencionan a las más importantes:

"Gusano blanco" o "meocil" (*Aegiale = Acentrocne mepearis* Wilk.), pertenece al Orden Lepidóptera y a la Familia Megathymidae.

"Gusano colorado" o chinicuil" (*Hypopta agavis* Blázquez), lepidóptero de la Familia Cossidae.

"Minador de las pencas" (*Batrachedra copia* Clarke). lepidóptero de la Familia Cosmopterygidae.

"Picudo" o "barrenador del maguey" (*Scyphophorus acupuntatus* Gyll), coleóptero de la Familia Cucurilionidae.

"Mosquita del maguey" (*Neolasioptera martelli* Ninjveldt.), díptero de la Familia Cecidomyiidae.

"Chinche de los viveros" (*Acutospis agavis* Townsed & Lockerell), homóptero de la Familia Diaspididae.

Debe señalarse que el gusano rojo y el gusano blanco causan daños, los cuales en la mayoría de los casos son mínimos. Estas especies tienen un valor comercial y significan un beneficio adicional al productor pues los colectan y los venden como alimento. El

aprovechamiento de los insectos como alimento para el hombre se remonta a tiempos prehispánicos y en la actualidad se consumen como un manjar que alcanza altas cotizaciones, lo cual nos llevaría a reconsiderar el concepto de plaga (Ancona, 1934 y Sokolov, 1989). Dado al interés económico que se ha suscitado, se debería proyectar la manera de hacer un criadero, esto se lograría estudiando más a fondo la biología de dichos insectos y la relación planta-insecto; ya que se ha visto que la intensa recolección de estos organismos en su estado larvario, no ha permitido que se incremente la población natural de los mismos, además que acarrea una destrucción intensiva de los agaves.

Para el control de las plagas importantes del maguey como: minador de las pencas, picudo del mezontete y la mosquita del maguey, se ha propuesto el uso de insecticidas como: Folimat, dimetato, servin 80, paratión metílico, malation-50 y thiodan en lapsos de 30 días. Cabe señalar que faltan estudios dónde se vea la influencia de las diferentes etapas del ciclo biológico de cada plaga para poder saber cual es la etapa más indicada para controlarla; de la misma manera saber si el nivel de infestación amerita los medios de control químico sugerido por los especialistas. El nivel de daño que corresponde a enfermedades se le considera secundario, sin embargo, investigaciones recientes han comprobado que causan lesiones severas en viveros de agaves pequeños. Entre las enfermedades de mayor importancia se encuentran:

"Mancha negra" o "negrilla" (*Asterina mexicana* Ell y Eu), es un hongo de la clase de los Ascomycetes, Orden Mycothyriales, Familia Mycothyriaceae.

"Antracnosis del maguey" (*Colletotrichum agavis* Cav.), es un hongo de la clase Deuteromycetes, Orden Melanconiales, Familia Melanconiaceae. (Halfiter, 1957; Pérez, 1980; Cisneros, 1980; Pineda, 1983).

2.5. Problemas en los plantíos de Agave.

El mayor problema al que se enfrentan los productores de maguey pulquero en el valle de México es el que llaman "desmixiotado", debido a esta causa sólo existen 10 millones de plantas en Hidalgo; siendo que las reservas estimadas daban una cantidad de 50 millones de agaves aproximadamente (Excélsior 9/VI/1989), tal situación ha traído como consecuencia además de una severa baja en la producción de plantas, pocas replantaciones; pues los productores esperan hasta 12 años para poder obtener beneficios del maguey, para que "desmixioten" sus plantaciones antes de este periodo (la práctica del desmixiotado consiste en quitarle la cutícula a las pencas más vigorosas, lo que da como resultado que la planta presente un esfuerzo metabólico mayor y en consecuencia existe un retraso en el crecimiento del maguey y en el último de los casos en la muerte de los mismos (García Moya y Nobel, 1990). Este problema ya es de orden jurídico puesto que por decreto presidencial (Diario Oficial, VII/1980) se prohíbe comerciar con la cutícula del maguey, sin embargo, éste no ha sido acatado y va en detrimento de los productores. Cabe señalar que la depredación de los agaves pulqueros es con el fin de obtener el mixiote (la cutícula de la planta), este se utiliza en la elaboración de platillos típicos. Los productores para evitar el robo del mixiote han ideado una serie de prácticas como: cortar las puntas de las pencas, perforar con un bieldo la parte apical de las hojas, etc.

Por este motivo es indispensable corregir las leyes existentes sobre la explotación del agave pulquero; pues de él no sólo es aprovechable el aguamiel (para posteriormente producir pulque ó miel), sino también como: mixiote, forraje, fibras, alimento, material para la construcción, etc., es decir utilizar integralmente la planta como el legado cultural de nuestros antepasados.

2.6. Preparación del maguey pulquero para la obtención de aguamiel.

2.6.1. Careo.

La primera fase consiste en identificar las plantas "maduras" (significa que las plantas ya terminaron su desarrollo vegetativo y por ende alcanzan su madurez fisiológica), esto sucede cuando el material vegetal tiene de 8 a 12 años desde su plantación definitiva (puede variar el tiempo, según la especie o variedad de agave).

Los signos de madurez son: cuando las espinas apicales de las pencas en relación al cogollo estén separadas y este presente un adelgazamiento desde su base.

Una vez identificadas las plantas, se encuentran listas para el "careo", el cual consiste en buscar la parte más accesible de la planta para eliminar el ápice floral (huevo), esto es cortar con un machete (Figura 4) la mínima cantidad de pencas para llegar al centro del maguey (las pencas que van a ser desechadas pueden utilizarse para quitarles el mixiote y posteriormente como forraje o abono).

2.6.2. Castración.

La acción de eliminar el ápice floral se le llama "castración ó capado", este proceso lo efectúa una persona muy experimentada al cual llaman "capador", esta persona utiliza una barreta o un quebrantador (Figura 4) y la clava unos 10 cm antes de la base de la hoja que indica la entrada, haciendo palanca se saca la barreta se debe hacer esta operación varias veces en forma sesgada para que queden al descubierto las tres pencas que sostienen

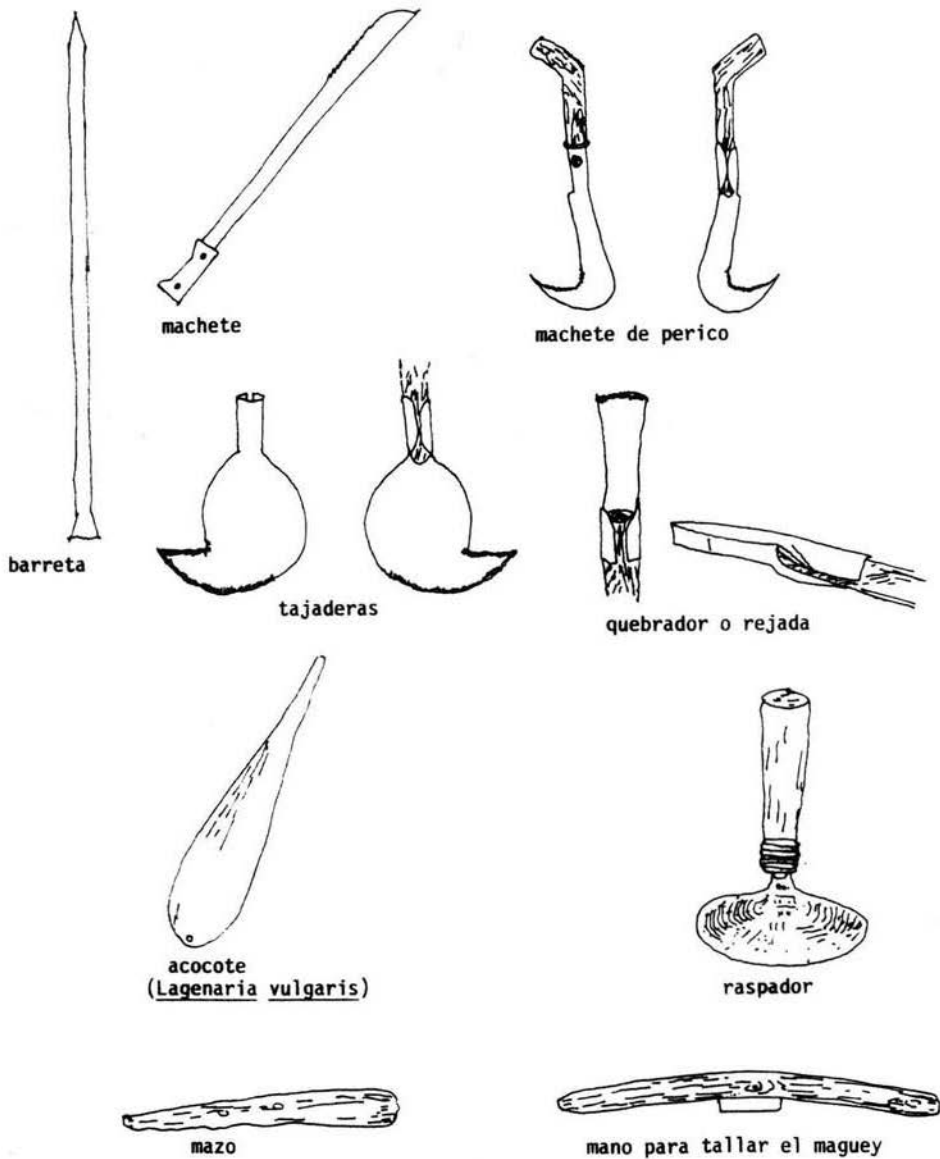


Figura 4. Instrumentos para la extracción del aguamiel.

al cogollo, para sacar el pedúnculo floral, se clava la barreta y se separa del tronco, una vez extraído el cogollo únicamente se quitan los trozos de penca que hayan quedado y se deja el gabazo del tronco; debe tenerse especial cuidado en separar totalmente el "huevo" para evitar que crezca el pedúnculo floral, al terminar esta labor algunas gentes colocan espinas en las hojas externas centrales y en algunas pencas tiernas (las cuales tienen un color blanquesino) para identificar a los magueyes que ya han sido capados; además el orificio hecho a la planta se tapa con una piedra.

La planta permanece por un período de 6 meses aproximadamente para dejarse "sazonar" es decir que el agave concentre su contenido de azúcares.

2.6.3. Picazón.

Esta tarea consiste en formar una cavidad dentro de la planta (la cual ha de coleccionar aguamiel), así como una irritación para estimular la salida de la savia, para tal fin se utiliza una barreta para picar, con lo que se desprende ligeramente la cicatriz de la capazón hasta el pie de las pencas, sin lastimarlas.

Después se raspa con el raspador de jícama ó tallo (Figura 4) se deja el bagazo (recibe el nombre común de "metzal" y se utiliza como forraje de aves y cerdos) y se tapa con pencas bien acomodadas para que se pudra y pueda limpiarse a los 4 ó 6 días. Debe ponerse especial atención en esta práctica porque si la incisión hecha con la barreta fuera demasiado profunda, al quitar la cicatriz de la capazón, el rendimiento del aguamiel disminuirá.

Debe anotarse la fecha en la cual se efectúa esta práctica para llevar un control de la duración de cada planta.

Cabe resaltar que desde 1940 se ha tratado de "modernizar" esta práctica con la ayuda de máquinas recortadoras de magueyes (Macedo, 1950; Loyola, 1956) estas consisten de un cilindro que por medio de cuchillas le dan forma cóncava a la planta; sin embargo no tuvieron aceptación y lo más frecuente es que esta labor se haga de la tradicional forma rústica.

2.6.4. Raspado.

Esta práctica se realiza para mantener constante el flujo de la savia. La primera raspa se hace a los tres días después del picado si es época cálida, en caso contrario, lo recomendable son seis días. Se debe tener cuidado que el raspado se haga siempre con un raspador de jicama muy bien afilado, esta labor debe hacerse siempre en la parte inferior del maguey, ya que si queda un sólo punto sin raspar, éste se endurece y disminuye la salida del aguamiel, además de obstaculizar la forma cóncava que en cada raspado se trata de darle a la cavidad.

Es importante señalar que si el metzal es de color tabaco, quiere decir que la cantidad que se raspó es la adecuada, y si esta blanco indica que la tarea no esta bien hecha. Los factores ambientales también influyen en la cantidad de aguamiel emanada por las plantas.

Debido a esta labor que debe hacerse 2 veces por día, las pencas pierden su vigor y paulatinamente se marchita; debido a que la turgencia de los tejidos de las pencas se va

perdiendo sucesivamente; pues es la savia de éstas las que alimentan la cavidad que emana el aguamiel.

Resulta interesante mencionar que el mecanismo por el que fluye la savia, es porque la presión osmótica que debe ser abatida es equivalente a la máxima absorción de líquido por el sistema radicular y su valor es de 15 atmósferas aproximadamente, además debe señalarse que el almacén de líquidos es intracelular y en la mayoría de las plantas suculentas es extracelular; también se encuentran cristales de oxalatos y fosfatos en el tejido parenquimatoso que ayudan al almacén y retención de líquidos (Macedo, 1950; Ruvalcaba, 1983).

2.6.5. Recolección del aguamiel.

Los "Tlachiqueros" (el origen de esta palabra viene de "tlachiqui" que significa aguamiel recién obtenido; Guerrero, 1980) son los encargados de recolectar el aguamiel con ayuda de un "acocote" (*Lagenaria vulgaris*, calabazo ancho en la parte superior y angosto en la inferior), succiona la savia acumulada a lo largo del día, para después vaciarla en recipientes que van atados a un burro para posteriormente transportarla a un tinacal, que es un local donde se elabora el pulque.

2.6.6. Elaboración del pulque.

Una vez en el tinacal que contiene a todo lo largo de la galera tinas de fermentación, las cuales pueden ser de cuero de res, madera de encino o fibra de vidrio, se vacía el aguamiel y se le deja fermentar hasta que se transforma en pulque, entonces se

vacía en barriles para su posterior distribución. Durante la elaboración del pulque existen una serie de ritos y creencias, que son reminiscencias de la cultura heredada de nuestros antepasados y de la cultura religiosa impuesta por los españoles, sin embargo, estas costumbres están quedando en el olvido. El mayordomo es el responsable directo de la cantidad y la calidad del pulque producido, dado que es el encargado de preparar la sustancia que ayuda a fermentar el aguamiel, además de supervisar la higiene en el proceso.

El punto central en la elaboración del pulque es la fermentación, la cual se logra con la preparación de la "semilla", "nana", "xinastli" o "pie de levadura", este contiene muchos microorganismos que lo transformará en pulque en un promedio de 25 días. Sin embargo, al agregar la "semilla" el proceso se efectúa en dos días generalmente. El aguamiel contiene pocas levaduras y muchas bacterias, en el pulque sucede lo contrario. Se ha calculado que en el aguamiel existen bacterias en un número de 800 mil a un millón y medio por mm^3 y las levaduras en proporción de 250 mil a 300 mil para el pulque y tienen menor cantidad de bacterias que el aguamiel de 100 mil a 200 mil por mm^3 ; ello se debe a que durante la fermentación se va presentando cierta acidez, la que favorece el desarrollo de las levaduras y decrece el número de bacterias, ya que la mayor parte de ellas son aeróbicas. Dentro de los microorganismos aislados del pulque están: (bacterias); *Acetobacter aceti*, *Bacillus teres*, *Lactobacillus buchneri*, *Leuconostoc clextranicum*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Micrococcus candidus*, *Micrococcus roseus*, *Micrococcus luteus*, *Sarcina flava* y *Zygomonas mobilis*; (levaduras) *Candida guilliermondii*, *Candida parapsilosis*, *Candida valida*, *Kloeckra apiculata*, *Pichia membranaefaciens*, *Rhodotula sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Torulopsis sp.* (Ruiz, 1936 y Ulloa, et al., 1987).

2.6.7. Características del pulque.

El interés que el pulque despertó como objeto de investigación derivó por su carácter de bebida indígena ritual asociada a varios dioses como: Centzontotochtín, Mayahuel, Tepoztécatl, Tliahua, etc. El pulque que viene del vocablo "octli" es una bebida de moderación altamente nutritiva. Su consumo ha decaído considerablemente debido a la erosión cultural, la poca higiene y la nula propaganda en contraste a las bebidas gaseosas y espirituosas (como: el tequila, el mezcal, la cerveza, el brandy ó el vino) que son objeto de un mayor aparato comercial. Se hace urgente un replanteamiento de las técnicas de fermentación y comercialización del pulque. En los cuadros 2 y 3 se consignan las características más importantes de este producto que lo colocan como una alternativa para la alimentación nacional (Siliceo, 1920; Goncálves de Lima, 1956; Roca y Llamas, 1940).

Cuadro No.2. Composición Química del Aguamiel y el Pulque (Loyola, 1956; Barquet, *et al.*, 1976).

Características y Componentes	Aguamiel	Pulque
Densidad	1.0435	0.992
Acidez %	0.069	0.21
Glucosa %	0.065	---
Sacarosa %	9.180	0.035
Gomas %	1.430	0.66
Albuminoides %	0.456	0.345
Extracto %	12.180	1.65
Cenizas %	0.250	---
Azúcares Reductores %	---	0.00
Acidez total en Ac. Láctico %	---	0.39
Grado alcohólico %	---	7.90

Cuadro No.3. Constituyentes Nutritivos del Pulque (Loyola, 1956; Barquet, *et al.*, 1976).

Compuestos y Factores Nutricionales.	Cantidad en 100 g.
Humedad	98.3
Proteínas	0.37
Cenizas	0.24
Calcio	11.0
Fósforo	6.0
Fierro	0.70
Caroteno (pro-Vitamina A)	0.00
Tiamina (Vitamina B1)	0.02
Riboflavina (Vitamina B2)	0.03
Niacina (Ac. nicotínico)	0.35
Acido áscorbico (Vitamina C)	5.10
Acido fólico (hematopoyético)	0.01
Carbohidratos totales	0.08

2.6.8. Adulteración del pulque.

Mucho se ha especulado acerca de la higiene en el proceso de la producción de pulque, es cierto que la recolección y el manejo del pulque se han quedado tal como lo hacían los antepasados; pues no se ha podido disfrutar del avance de la ciencia y la tecnología. Algunos experimentos se han hecho por tratar de hacer el procedimiento más higiénico (Macedo, 1950), sin embargo no han tenido éxito por el costo y la costumbre de los productores, fué así que a pesar de las restricciones que impuso el código sanitario; aún se siga llevando a la práctica el mismo método prehispánico. Debe señalarse que la preparación del pulque dentro del tinacal es excesivamente cuidadosa en el aseo tanto de los utensilios como del personal ya que de haber alguna contaminación, la fermentación del aguamiel no se llevaría a cabo (Com. per. M.C. Diodoro Granados). En un estudio realizado por Barquet, *et al.*, (1976), se pone de manifiesto que la contaminación es

mayor después de la salida del Tinacal hacia la aduana (estación receptora del producto que decide sobre la licitud del pulque (Cuadro 4 y 5).

Cuadro No. 4. Análisis Químico del Pulque (Blanquet, *et al.*, 1976).

	Tinacal	Aduana	Pulquería
pH	3.98	3.73	3.84
Viscosidad (centipoises)	9.12	13.83	3.075
Densidad	1.00005	1.0015	1.0003
Acidez total g/100 ml Ac. láctico	0.610	0.531	0.541
Sacarosa mg/100 ml	114.48	97.332	85.368
Alcohol % en vol. °G.L.	5.56	7.16	6.33

Cuadro No.5. Análisis Microbiológico del Pulque (Blanquet, *et al.*, 1976).

	Tinacal	Aduana	Pulquería
Bacterias x 10 ⁶ /ml	64	36	15
Levaduras x 10 ⁶ /ml	166	115	61
Coliformes fecales (% en total)	22.2	32	5.3

En la aduana, se rechazan pulques a los que se les ha adicionado almidón y sacarosa (lo cual no debía ser motivo de rechazo); en cambio como en estas estaciones carecen de equipo y personal capacitado, dan por bueno el pulque adulterado con aguas contaminadas; los cuales constituyen posibles focos de enfermedades gastrointestinales. Sin embargo, resalta el hecho que a pesar de que un pulque este contaminado en la aduana, en la pulquería ya no lo sea, o se encuentre muy poco adulterado; esto se debe según

Goncálves de lima (1956), a que los microorganismos del pulque tienen propiedades antibióticas capaces de disminuir a aquellos que no sean propios del pulque. Este problema sólo se resolverá con la ayuda de los productores y de un real interés del gobierno por recuperar esta próspera industria.

2.6.9. Producción.

Los magueyes productores de pulque en el valle de México según Cisneros (1980) son: *Agave teometl* Zucc., *A. weberi* Cels., *A. latissima* Jacobi., *A. compliata* Trel., *A. gracillispina* Englem., *A. melliflua* Trel., *A. quionifera* Trel., *A. crassispina* Trel., *A. mapisaga* Trel., *A. americana* L., *A. salmiana* Otto ex Salm.

Las zonas productoras de pulque son principalmente: Hidalgo, Tlaxcala, Edo. de México y Puebla, aunque también se le encuentra marginalmente en San Luis Potosí, Michoacán, Querétaro, Morelos, Guanajuato, Veracruz y Oaxaca. Actualmente se considera que aproximadamente 60 000 ha son cultivadas con magueyes para la producción de aguamiel. También se calcula que alrededor de 100 000 familias dependen económicamente de este recurso. Otro hecho importante es que el consumo en México de pulque es de 600 millones de litros por año, con un ingreso de 1 500 millones de pesos anuales, Los cuadros del 6 al 9 reflejan la evolución del cultivo del maguey pulquero (Barquet, *et al.*, 1976; Ruvalcaba, 1983; Martínez, 1986).

Cuadro No.6. Estadísticas de los magueyes pulqueros en el país en el periodo 1950-1970 (Morera, 1982).

AÑO	SUPERFICIE OCUPADA (ha)	TOTAL DE PLANTAS	PLANTAS EN EDAD DE PRODUCCIÓN	AGAVES PLANTADOS	AGUAMIEL (LITROS)	VALOR ESTIMADO (\$)
1950	47 656	25 104 000	1 789 000	S.D.	394 062 000	81 016 000
1960	54 817	27 567 212	6 352 417	S.D.	851 168 465	278 216 000
1970	33 623	35 771 008	2 938 221	S.D.	S.D.	S.D.

S.D. = Sin Datos.

En el periodo de 1950-1970, la situación de los agaves pulqueros en el país presentó diversas etapas; para los años 50's la industria pulquera se consolidó dando lugar a una explotación intensiva del producto dando como resultado un alto rendimiento; para la década de los 60's, el maguey se cultivó extensa e intensivamente por lo tanto la producción fué mayor y por ende la ganancia, sin embargo para la época de los 70's constituyó la caída de la industria pulquera, pues se dejó de cultivar el maguey; las plantas en edad de producción eran la mitad de la cantidad de la década anterior y ya no se encontraron los datos de producción de aguamiel y del valor estimado.

Cuadro No. 7. Estadísticas de los principales estados productores de agaves pulqueros en la década de 1950 (Morera, 1982).

ESTADO	SUPERFICIE OCUPADA (ha)	TOTAL DE PLANTAS	PLANTAS EN EDAD DE PRODUCCIÓN	AGAVES PLANTADOS	AGUAMIEL (LITROS)	VALOR ESTIMADO (\$)
HIDALGO	28 447	S.D.	1 040 000	S.D.	241 298 000	48 777 000
MÉXICO	5 597	S.D.	250 000	S.D.	53 925 000	10 916 000
TLAXCALA	6 801	S.D.	284 000	S.D.	56 858 000	11 444 000

S.D. = Sin Datos.

Dentro de la década de los 50's el estado con mayor producción de agaves, de aguamiel y por ende la mayor ganancia fué Hidalgo, después Tlaxcala y por último el edo. de México con una ganancia de aproximadamente una quinta parte en comparación a Hidalgo.

Cuadro No.8. Estadísticas de los principales estados productores de agave pulquero en la década de 1960 (Morera, 1982; Barquet *et al.*, 1976).

ESTADO	SUPERFICIE OCUPADA (ha)	TOTAL DE PLANTAS	PLANTAS EN EDAD DE PRODUCCIÓN	AGAVES PLANTADOS	AGUAMIEL (LITROS)	VALOR ESTIMADO (\$)
HIDALGO	26 042	12 985 531	4 079 089	S.D.	527 109 244	167 110 000
MÉXICO	7 690	3 888 547	476 911	S.D.	111 783 291	43 146 000
TLAXCALA	12 088	6 084 991	971 378	S.D.	124 637 351	37 514 000

S.D. - Sin Datos.

Para la década de 1960, en el estado de Hidalgo hubo un pequeño decremento en la superficie ocupada por agaves pulqueros, no obstante, la cantidad de plantas en edad de producción fué tres veces superior a la década pasada y en igual proporción fué el incremento en el valor de la producción de aguamiel. En el edo. de México se duplicó la cantidad de aguamiel producido y el valor de este fué cuatro veces superior en relación a la década anterior. Tlaxcala aumentó al doble su área de cultivo y triplicó las plantas en edad de producción así como el valor de su producción en comparación a los años 50's.

Cuadro No.9. Estadísticas de los principales estados productores de agave pulquero en la década de 1970 (Morera, 1982; Barquet *et al.*, 1986).

ESTADO	SUPERFICIE OCUPADA (ha)	TOTAL DE PLANTAS	PLANTAS EN EDAD DE PRODUCCIÓN	AGAVES PLANTADOS	AGUAMIEL (LITROS)	VALOR ESTIMADO (\$)
HIDALGO	15 952	14 525 815	1 180 573	1 346 820	146 222	43 136 000
MÉXICO	6 059	6 840 213	516 263	700 883	60 071	24 592 000
TLAXCALA	5 337	6 383 523	351 916	461 608	48 788	10 078 000

En la década de los 70's se ve claramente el colapso de la industria pulquera, donde la producción de aguamiel decae 3 604 veces al año en el edo. de Hidalgo y el patrón sigue de la misma forma para los estados de México y Tlaxcala.

En un estudio hecho por Martínez (1986), encontró que actualmente en la zona de Hidalgo y áreas adyacentes, sólo existen 55 556 ha dedicadas al cultivo de maguey pulquero, con una población aproximada de 17 226 472 plantas; por otro lado en el valle de México se estima que existen 10 millones de plantas (Excélsior 9/VI/1989); por lo que se recomienda nuevas plantaciones y replantar la estructura socio-económica para poder aprovechar al máximo este recurso con la finalidad de extraer azúcares de este.

Cabe resaltar el hecho que en la década de 1960-1970 la producción bajó en Hidalgo el 66.6%; en el edo. de México 46.3% y en Tlaxcala 60.9% por no contar con gente dedicada a la industria pulquera; este fenómeno lo explica Barquet *et al.* (1976) en términos de que la población sufre el impacto de la industrialización del campo agrícola, la migración de campesinos a las ciudades, el reparto de tierras y a la limitación de la venta del pulque, entre otras causas.

2.6.10. Productos del pulque.

El producto primario es el aguamiel, el cual se toma como bebida refrescante, factible de industrializarse, además de ser medicinal (Perlasca, 1979).

A partir del pulque se han creado una diversidad de productos, como los que se mencionan a continuación:

- Pulque: el cual es resultado de la fermentación del aguamiel, se toma por necesidad y costumbre, debido a su alto valor nutricional y por la falta de agua en la región. Hace algunos años la Promotora del maguey lanzó al mercado un producto enlatado llamado "Magueyín"; se le podía encontrar en 5 sabores diferentes, pero por problemas de distribución, costo y difusión; se canceló la producción de este.
- Miel de aguamiel: Se consume como endulzante y golosina, para obtener un litro de miel, se pone a hervir 10 litros de aguamiel. Un estudio realizado por Morales (1979) señala que este producto tienen un valor nutricional mayor que la miel de abeja; además de una vida de anaquel sin fecha de caducidad y conserva las propiedades inherentes al producto además de no presentar cristalización ni descomposición por hongos; por lo cual es factible de industrializarse (Tello, 1983).
- Atole de aguamiel: el aguamiel se hierve agregando únicamente canela y masa (para lograr una textura espesa; se utilizan 5 litros para el consumo de 8 personas).
- Pan de Pulque: Se pone un litro de pulque fuerte (se utiliza como fuente de levadura y sustituto de la leche) por cada 10 kg de harina de trigo.

2.6.11. Aprovechamientos.

Es muy lento el desarrollo del maguey pulquero, alrededor de 10 años para llegar al punto adecuado de su explotación; por lo que la inversión no se recupera a corto plazo, motivo por el cual se le encuentra asociado con maíz, frijol y cebada principalmente, lo que reporta al productor un ingreso extra y la posibilidad de tener otros alimentos; así como la

oportunidad de utilizar la planta como: comida (en sus diferentes partes de la planta), condimentos, extracción de fibras, para construcción (utilizando principalmente el ápice floral y pencas), ornato, agrícola (para deslindar terrenos, formar terrazas, barrera contra la erosión, forraje, conglomerados del bagazo, diferentes sustancias de tipo industrial, etc. (Goncálves de Lima, 1956; Loyola, 1956; Ruvalcaba, 1983; Pineda, 1983; Cisneros, 1980; Pérez, 1980; Gómez Pompa, 1985; Urrutia, 1986; Rangel, 1986; Tello y García Moya, 1988; Gob. Edo. Hidalgo, *et al.*, 1988).

2.7. Ecofisiología.

Las formas biológicas, con su estrecha adaptación a las condiciones ambientales nos dan información complementaria acerca del medio donde se desarrollan. Es objeto de la ecofisiología vegetal comprender los procesos fisiológicos de los organismos, de sus características bioquímicas y sus potencialidades genéticas, en interacción con el ambiente dónde los organismos se desarrollan (Medina, 1977).

Cabe resaltar que el entendimiento de las adaptaciones vegetales a su ambiente no sólo se deben a sus posibilidades fisiológicas, también intervienen adaptaciones morfológicas para complementar el proceso, entre estas cualidades o aptitudes destaca la toma de minerales y la capacidad de asimilación del carbono.

2.7.1. Metabolismo de los ácidos dicarboxílicos de las crasuláceas (CAM).

El metabolismo de los ácidos dicarboxílicos de las crasuláceas (llamado así por Zelitch, 1971) o senda CAM, se caracteriza por la capacidad de las células con cloroplastos

de asimilar cantidades significativas de CO₂ en la oscuridad, lo que conduce a la síntesis y acumulación de ácido málico en la vacuola. En consecuencia, los tejidos con metabolismo de este tipo, exhiben drásticos cambios en la concentración de acidez titulable durante el día. El contenido diurno del almidón en las hojas es inverso al contenido de ácido málico (Medina, 1987; Kluge, 1976).

Las plantas que exhiben la senda CAM tienen un origen tropical y este metabolismo fotosintético está adaptado a medios secos. Los vegetales de este tipo son suculentas y están representadas en las familias: Cactaceae, Crassulaceae, Euphorbiaceae, Liliaceae, Agavaceae, Aizoaceae, Asclepidiaceae, e incluye miembros epífitos de las familias Orchidiaceae y Bromeliaceae (Barbour *et al.*, 1987; Medina, 1987).

La importancia ecológica de la fijación nocturna de CO₂ por plantas CAM, radica en su contribución a la sobrevivencia de la misma, al proveerse de un mecanismo de recirculación interna de CO₂ en condiciones de sequía severa, ya que este mecanismo evita la fotoinhibición del aparato fotosintético, cuando el cierre estomático total impide la absorción de CO₂ externo y por lo tanto su economía del agua es mayor, además la senda CAM contribuye a la producción de materia orgánica y por ende al crecimiento de la planta (Medina, 1987).

El metabolismo de los ácidos dicarboxílicos de las crasuláceas ha sido objeto de diversos trabajos, en su mayoría por científicos extranjeros. Una gran cantidad de éstos estudios se relacionan con factores ambientales y su influencia en la fisiología de las plantas. Cabe resaltar la serie de trabajos efectuados por Nobel (1985 y 1988) sobre la ecofisiología de agaves, en especial las realizadas en *Agave salmiana*.

2.7.2. Radiación fotosintéticamente activa (PAR).

Un factor determinante en cualquier organismo, es la cantidad de luz que recibe, la manera de poder cuantificarla en las plantas es por medio del PAR incidente, así como la geometría y la orientación que guarde esta. Es conocido por todos que las plantas CAM, se vean estimuladas en la producción de ácido málico durante la obscuridad como resultado de la cantidad de PAR recibida durante el período de luz (Nobel y Hartssock, 1978).

Woodhouse y Nobel (1980) muestran que un alto contenido de acidez nocturna depende del PAR absorbida durante el día; además afirman que la geometría del tallo y la orientación de ciertas cactáceas pueden ser respuestas adaptativas del PAR. En plantas de *Agave deserti* con una inclinación de 40° norte, mostraban una pérdida de carbono, la cual era recuperada en invierno. La orientación reduce la acidez hasta en un 24%, esta puede reducirse aún más llegando a un valor del 42% cuando la exposición es del lado este u oeste en verano o en invierno en un ángulo de 70°. Por otra parte Martínez (1987) en un trabajo con *Escontria chiotilla* observó que la mayor producción de frutos ocurre en la exposición norte, resultado de la influencia de otros factores como: temperatura y precipitación pluvial.

Para conocer la relación entre la orientación de los cladodios y su eficiencia fotosintética, Becerra y col. (1976) realizan una serie de experimentos en los que estudian el efecto de la orientación de las pencas sobre producción y calidad de frutos, producción de materia seca, enraizamiento de cladodios y temperatura interna de los mismos, encontrando marcadas diferencias entre norte y sur. Después de diversos trabajos realizados por diferentes investigadores, se sabe que la luz solar tiene una influencia marcada sobre características del fruto, tales como: firmeza, tamaño, color, contenido de

sólidos solubles, etc. La luz solar, y por tanto la temperatura interna de las pencas, contribuye a la formación de carbohidratos y auxinas, las cuales promueven una mayor emisión de raíces y aumento del peso en los cladodios, las pencas con orientación norte-sur reciben mayor cantidad de luz, por lo cual tienen una alta producción de materia seca (Vásquez y Medina, 1981).

2.7.3. Temperatura.

La temperatura óptima para la fotosíntesis puede variar o ser igual a la temperatura ambiental de las plantas, tales cambios se consideran adaptaciones que tienen bases bioquímicas, las cuales pueden ocurrir en períodos cortos de tan sólo un día.

Nobel y Hartsock (1981) hicieron un experimento dónde la temperatura nocturna y diurna sufren cambios, para encontrar el punto óptimo durante la fijación de CO₂ nocturno. Mencionan que las temperaturas durante el día y la noche fueron de 30° C y 10° C respectivamente; la temperatura óptima nocturna para la toma de CO₂ para seis especies de cactáceas y tres de agaves se encuentran entre los 12° C y 20° C; mencionan además, que la proporción máxima de CO₂ es alta para *Agave americana* dentro de una temperatura ambiental alta y baja para *A. deserti* y mucho más baja para *A. uthaensis*. Esto se puede explicar porque las especies exhiben una gran plasticidad en temperaturas y pueden explotarlas en la medida en que se encuentren distribuidas en diferentes regiones, por lo que soportan fluctuaciones de temperatura en las estaciones del año.

Osmond (1978) menciona que temperaturas del orden de 12° C y 17° C, como la temperatura óptima nocturna (para plantas que exhiban metabolismo CAM) y que ésta influye en la sensibilidad de los estomas y el clorénquima a la temperatura. Además reporta

que a bajas temperaturas nocturnas conducen a la síntesis de ácido málico con respecto a las temperaturas altas.

2.7.4. Productividad.

Como hemos podido comprobar todos los factores ambientales tienen repercusión en la fisiología de las plantas y por lo tanto en la productividad de las mismas. La productividad de *Agave lechuguilla* fue estudiada por Nobel y Quero (1986) esta fue medida usando cambios convencionales de materia seca en el campo y fue predicha en respuestas fisiológicas a variables ambientales en el laboratorio. Utilizaron un índice de productividad ambiental tomando en cuenta el producto del estado hídrico, temperatura de la hoja y el PAR, a este producto se le asigna un valor máximo de uno y es determinado cuando las variables no tienen límite en la fijación de CO₂ después de un período de 24 horas. El estado hídrico provee información necesaria para poder definir el número de hojas que se desarrollan en el verano seco, el hábito de roseta y el bajo índice del área foliar para los grupos de plantas estudiadas, primero a una uniformidad relativa y altos niveles de PAR sobre las hojas. El índice de productividad ambiental estuvo altamente correlacionada con el desarrollo de las hojas, el cual fue medido por un método no destructivo. En un año de estudio, el índice de productividad fue de 0.238 con una predicción anual de ganancia de materia seca de 0.68 kg m⁻², sin embargo, en el campo sólo alcanzó la mitad del valor esperado. Esta diferencia se puede explicar porque representa el transporte de fotosintatos para la construcción y mantenimiento del "plegamiento" de las hojas, tallos y raíces.

Nobel y Meyer (1985) mencionan que la productividad para *Agave salmiana* es de 1.05 kg m⁻² año⁻¹, el cual es similar a valores de plantas CAM evaluadas en

experimentación, estas plantas pueden exceder este valor en condiciones naturales. Si se comparan éstos valores con plantas como la alfalfa o la caña de azúcar es bajo, no obstante debemos tomar en cuenta que en este tipo de vegetales, el agua no es un factor limitativo. Un aspecto similar fué abordado por Nobel y Valenzuela (1987) para *Agave tequilana* y resultó que para plantas de 1, 3 y 6 años la producción de peso seco fué de 2.49, 2.24 y 2.11 kg m⁻² año⁻¹ respectivamente. Estos valores se pueden considerar altos comparados con otras plantas CAM que producen 2.3 kg m⁻² año⁻¹ y para muchos cultivos C₃ y C₄. La fijación neta de CO₂ ocurrió en la noche como lo es lo esperado para una planta CAM. La acidez de 580 mmol m⁻² cuando la planta fué expuesta a condiciones de sequía en el laboratorio, el incremento de la acidez nocturna fué rápidamente reducida al 50% esto en un período de siete días, el incremento nocturno de acidez fué menor del 10% del máimo obtenido. Tales cambios ocurren durante períodos prolongados de sequía. Otro aspecto importante de marcar es que el desarrollo de las hojas de la roseta basal de *A. tequilana* varía con los cambios estacionales y con el estado hídrico del suelo, así como también con la variación en la temperatura y el PAR.

2.7.5. Disponibilidad de Nutrientos.

El buen desarrollo de una planta va a depender, en gran parte de la cantidad de nutrientes (macro y micro) que existan en el suelo. El aporte de estos elementos en su mayoría los toma del suelo y éstos se encuentran en forma de humus (restos de organismos aún no descompuestos que constituyen una reserva que se va agotando lentamente y a largo plazo). Los nutrientes provienen de los minerales que se intemperizan lentamente y éstos en solución en el suelo son fácilmente tomados por las plantas (Hernández y Mendieta, 1987).

El nitrógeno es un elemento esencial para la fotosíntesis pues cuando sus niveles son bajos, también esta baja su intensidad, lo que tal vez se deba a que este elemento es componente estructural de las enzimas que intervienen en el proceso (Bidwell, 1979). Por otro lado Nobel (1983) hizo un trabajo con varias especies de cactáceas y encontró que el nitrógeno y el sodio son elementos importantes en el metabolismo CAM; ya que la síntesis de ácidos orgánicos se ve incrementada . Por otra parte Nobel (1988), demuestra la importancia de los macronutrientes en el desarrollo de las plantas, sobre todo el nivel de nitrógeno, fósforo y potasio; para *Agave deserti*, cuando se le aplicó nitrógeno, el número de hojas desarrolladas fué el doble respecto al testigo en un período de un año; también menciona ejemplos con *Agave fourcroydes*, *A. lechuguilla* y *A. sisalana*, con aplicaciones de nitrógeno de 10 a 20 g de N_2/m^2 obtiene una mayor producción de hojas. Los aspectos de tipo nutricional en las plantas CAM y su influencia en aspectos fotosintéticos aún no se encuentran bien esclarecidos.

3.0 ZONA DE ESTUDIO.

El presente trabajo se realizó en plantaciones localizadas en diferentes estados: México, Hidalgo y Tlaxcala; (Ver Figura No. 5) las cuales son regiones representativas del Altiplano Centra de México, el cual mide 350 km de ancho aproximadamente.

Esta área tienen elevaciones promedio de 360 a 1000 mm; con heladas escasas en los meses de diciembre y enero, el 20% de las lluvias ocurren en los meses de mayo a octubre, el sustrato es de basaltos y andesitas del terciario superior; existen depósitos piroclásticos constituidos por tobas; sedimentos del tipo aluvial que ocupan alrededor del 50% de la extensión del valle, (Galván, 1988). Las temperaturas promedio anuales son: Edo. de México 12.7°C, Hidalgo 14.2°C y Tlaxcala 16.2°C. El clima es del tipo templado subhúmedo con lluvias en verano. La vegetación existente se compone en las partes altas por asociaciones pino-encino con *Quercus microphylla*, en el estrato inferior está compuesto por *Brizia rotundata*, *Lycurus phleoides*, *Stevia serrata*, Agaves y Opuntias, el uso actual del suelo es agrícola con áreas de pastoreo (I.N.E.G.I., 1989; S.P.P., 1970).

Cuadro No.10 Características de las localidades de la zona de estudio.

POBLADO	LONG.W	LAT.N	ALTIDUD (msnm)	PREC. \bar{X} ANUAL (MM)	CLIMA
Calpulalpan	99°38'3"	20°03'1"	2580	800	Cwai'x'
Coatepec	98°50'8"	19°23'1"	2327	800	"
Coyotepec	99°12'4"	19°46'5"	2294	750	"
Ixtapaluca	98°52'9"	19°18'6"	2360	800	"
Providencia	98°42'	20°09'	2380	600	Cwaen
R..Sn.Mateo	98°37'	19°54'	2562	750	Cwai'x'
Singuilucan	98°32'	19°59'	2550	700	"
Tequesquinahuac	98°49'3"	19°28'5"	2380	800	"

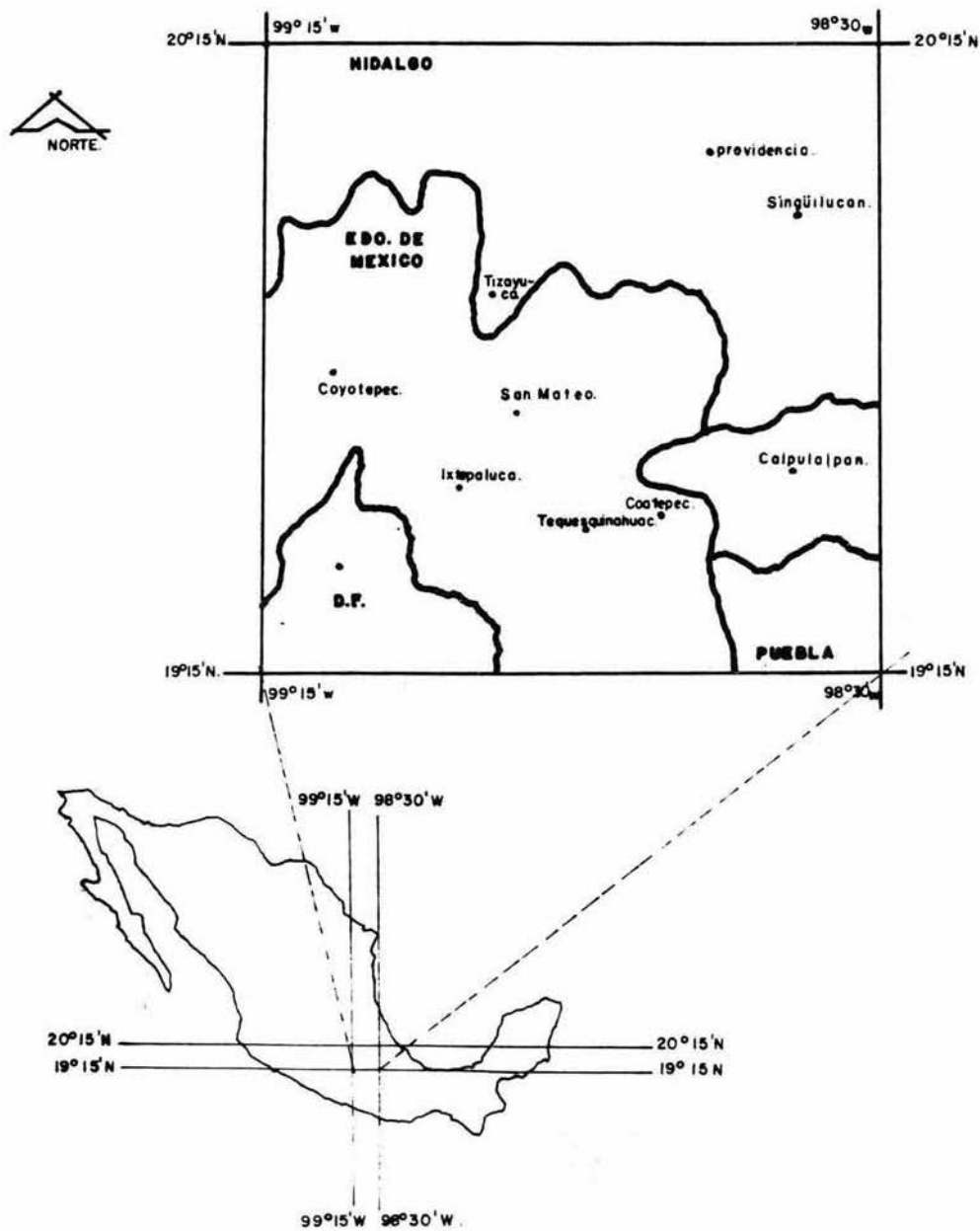


Figura No.5. Ubicación de las localidades de estudio.

4.0 MATERIALES Y MÉTODOS.

En la presente investigación, se utilizaron 630 agaves de las especies: *Agave salmiana* Otto ex Salm ("verde") y *Agave mapisaga* Trel. ("carricillo"). La investigación se dividió en tres fases: En la primera fase se evaluaron la cantidad de hojas nuevas producidas con respecto al tipo de daño foliar provocada en Calpulalpan, Coyotepec, Rancho San Mateo, Singuilucan, Tequesquihuac, y Tizayuca. En la segunda fase, en la localidad de Providencia se recapitularon los tipos de daños más representativos de la entidad y se evaluó la producción de hojas nuevas para *Agave salmiana*. En la última fase se observó el número de hojas desarrolladas bajo la influencia de fertilizantes y estiércol. Las fases I y II del trabajo se realizaron en los años de 1986 a 1988, y la fase III de 1987 a 1989, repartidos en ocho muestreos. Antes en cada localidad; se hizo un trabajo de caracterización, reconocimiento y localización del material vegetal. A continuación se detallan los experimentos (Ver Figura No.6 Diagrama de Flujo de la Investigación).

FASE I

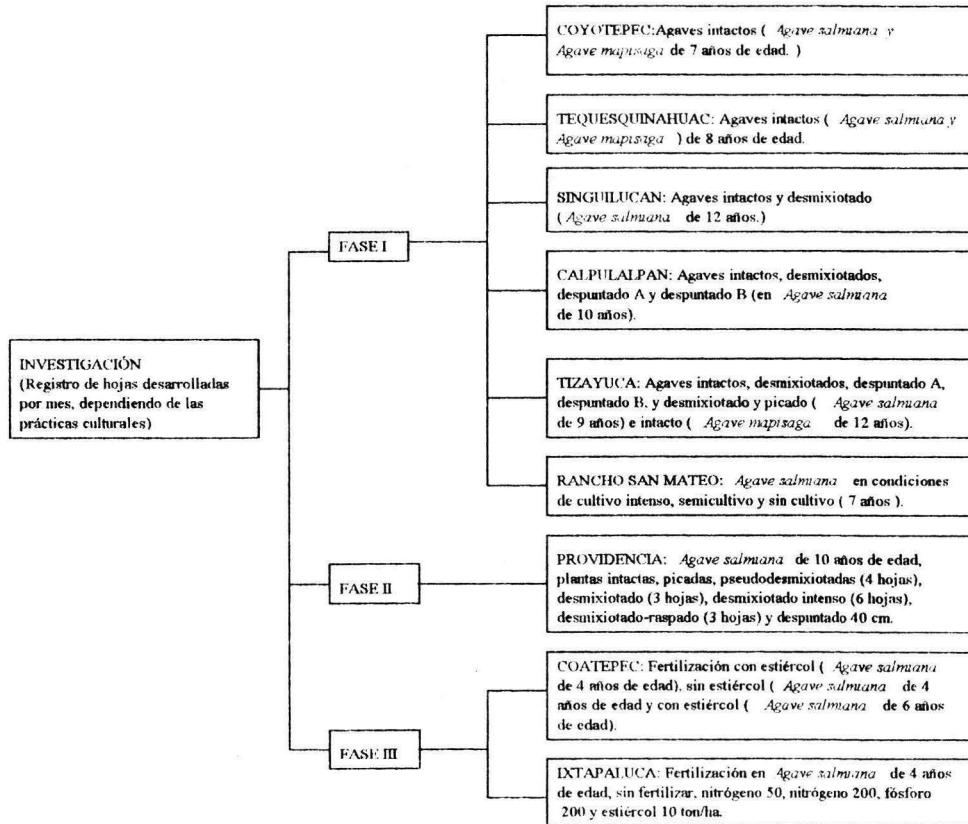
Experimento No.1.:

En el sitio de Coyotepec, se inició el trabajo en abril de 1986 y se concluyó en abril de 1988; se registró el número de hojas desarrolladas en 20 agaves intactos tanto de *Agave salmiana* como de *Agave mapisaga*; de 7 años de edad. La identificación de las hojas "nuevas" producidas, se logró cortando la espina terminal de las tres últimas hojas que se habían separado del meyolote.

Experimento No.2.:

En la localidad de Tequesquihuac se registró el número de hojas desarrolladas en 20 agaves intactos de *Agave salmiana* y *Agave mapisaga* de 8 años de edad. Para cada especie se contó con 20 repeticiones. La identificación de las hojas nuevas se realizó de la misma forma que en el caso anterior.

Figura No.6. Diagrama de flujo de la Investigación.



Experimento No.3.:

En Singuilucan se trabajó con tres tratamientos:

- 1) *Agave salmiana* intacto (individuos con 12 años).
- 2) *Agave salmiana* desmexiotado (individuos con 12 años).
- 3) *Agave salmiana* intacto "chalqueño" (individuos con 12 años).

Cada tratamiento contó con 20 repeticiones al principio de la investigación; se contabilizó el número de hojas nuevas producidas.

Para el tratamiento de "desmexiotado" se le quitó la cutícula de 5 a 6 pencas por planta.

Experimento No.4.:

En la zona de Calpulalpan, se registró el número de hojas nuevas producidas en los siguientes tratamientos:

- 1) *Agave salmiana* intacto (10 años de edad).
- 2) *Agave salmiana* desmexiotado (10 años de edad).
- 3) *Agave salmiana* despuntado A [15 cm (10 años de edad)].
- 4) *Agave salmiana* despuntado B [30 cm (10 años de edad)].

Cada tratamiento comenzó con 20 repeticiones, para el tratamiento de "desmexiotado" se quitó la cutícula de seis pencas.

Experimento No.5.:

En Tizayuca se registró el número de hojas nuevas desarrolladas en cada tratamiento, los cuales al inicio se contó con 20 plantas:

- 1) *Agave mapisaga* intacto (12 años).
- 2) *Agave salmiana* intacto (9 años).
- 3) *Agave salmiana* desmexiotado (9 años).
- 4) *Agave salmiana* desmexiotado y picado (9 años).
- 5) *Agave salmiana* despuntado 15 cm (9 años).
- 6) *Agave salmiana* despuntado 30 cm (9 años).

Para el desmexiotado se utilizaron tres pencas, para el picado a las hojas se le hicieron 4 horadaciones con ayuda de un trinche de campo. (Las horadaciones fuerón en posición vertical de 2.2 cm de diámetro). Ver Fotos No.1, 2, 3 y 4.



Foto No.1. Desmijotado de *Agave salmiana* en Providencia, Estado de Hidalgo. (Foto : García Moya y Palafox Caballero).

Foto No.2. Aspecto de *Agave salmiana* cuando fué "picado" en Providencia, Estado de Hidalgo. (Foto : García Moya y Palafox Caballero).





Foto No.3. *Agave salmiana* con tratamiento de "desmixotado 6 hojas" en Providencia, Hidalgo. (Foto: Garcia Moya y Palafox Caballero).

Foto No.4. *Agave salmiana* con tratamiento de "despuntado" en Providencia, Hidalgo. (Foto : Garcia Moya y Palafox Caballero).



Experimento No.6.:

En Rancho San Mateo se registró el número de hojas nuevas producidas en cada tratamiento con 20 repeticiones al empezar el experimento. Debe señalarse que el motivo de éste, es observar la influencia de las condiciones de cultivo de los agaves.

- 1) *Agave salmiana* en condiciones de cultivo intenso (7 años).
- 2) *Agave salmiana* en semicultivo (7 años).
- 3) *Agave salmiana* sin cultivo (7 años).

Fase II

Experimento No.7.:

En el área de Providencia se registró el número de hojas desarrolladas en cada tratamiento, con 20 repeticiones cada uno al inicio del estudio, todos en *Agave salmiana* con individuos de 10 años de edad:

- 1) Intacto.
- 2) Picado.
- 3) Pseudodesmixotado (4 hojas).
- 4) Desmixotado (3 hojas).
- 5) Desmixotado intenso (6 hojas).
- 6) Desmixotado-raspado (3 hojas).
- 7) Despuntado (40 cm).

En los tratamientos para esta zona, se siguió el mismo método de los anteriores; para el tratamiento desmixotado-raspado, se les quita la cutícula y con un machete ó cuchillo se raspa el colénquima.

Fase III

Experimento No.8.:

En el área de Coatepec, se inició el experimento en julio de 1987 y terminó en mayo de 1989. A ejemplares de *Agave salmiana* se les registró el número de hojas desarrolladas; en tres tratamientos, los cuales al inicio contaron con 30 repeticiones cada uno.

- 1) Sin estiércol (4 años).
- 2) Con estiércol de ganado vacuno (4 años).
- 3) Con estiércol de ganado vacuno (6 años).

Para aplicar el estiércol primero se hizo un cajete alrededor del agave, se le aplicó la cantidad correspondiente y se cubrió con la misma tierra con la cual se hizo el cajete.

Experimento No.9.:

En Ixtapaluca, se registró el número de hojas desarrolladas en *Agave salmiana* de 4 años (a partir de julio de 1987 a mayo de 1989), para 5 tratamientos cada uno con 20 repeticiones al inicio del estudio.

- 1) Sin fertilizar (testigo) 30 repeticiones.
- 2) Con Nitrógeno (50 kg N/ha) [Sulfato de amonio $\text{SO}_4(\text{NH}_2)$].
- 3) Con Nitrógeno (200 kg N/ha).
- 4) Con Fósforo (200 kg P/ha) (Superfosfato triple).
- 5) Con estiércol de ganado vacuno (10 ton /ha).

Como en el experimento anterior se procedió a aplicar los fertilizantes y estiércol por medio de cajetes; a cada agave (Ver Fotos 5 y 6).



Foto No.5 . *Agave salmiana* en Ixtapaluca, Edo. de México, aplicándole fertilizante por medio de cajetes (Foto : Garcia Moya y Palafox Caballero).



Foto No.6. *Agave salmiana* en Ixtapaluca, Edo. de México, aplicándole estiércol por medio de cajetes. (Foto : Garcia Moya y Palafox Caballero).

5.0 RESULTADOS

En la realización de la investigación se llegaron a los siguientes resultados los cuales se resumen en lo siguiente:

Comparación del número total de hojas de *Agave salmiana* en las localidades bajo estudio en el período de 1986-1987.

<u>LOCALIDAD</u>	\bar{X}	S	<u>Coefficiente de Variación</u>
Calpulalpan	10.37a	1.17	17.03
Tizayuca	8.47b	2.89	34.19
Tequesquihuac	7.17c	1.74	24.25
Singuilucan	5.61d	1.62	28.95
Rancho San Mateo	5.47d	1.12	20.53
Coyotepec	4.90d	1.07	21.86

(Nota: Las letras iguales indican diferencias no significativas, las diferencias mínimas se calcularon al 0.05, utilizando rangos de significancia de Student para pruebas de rango múltiple de Duncan con la metodología propuesta por Kramer (1956); la cual se sigue en todo el análisis.

En el caso de Calpulalpan produce un número significativamente mayor que en las demás localidades. Caso similar ocurre en Tizayuca. Esta última localidad produce significativamente más hojas que Tequesquihuac y ésta más que Singuilucan, Rancho San Mateo y Coyotepec. Finalmente éstas tres últimas no presentan diferencias significativas.

Comparación del número total de hojas entre tratamientos de *Agave salmiana* en Calpulalpan en el período de 1986-1987.

<u>TRATAMIENTO</u>	\bar{X}	S	<u>Coefficiente de Variación</u>
Testigo	10.71a	1.6	14.96
Despuntado	6.92b	1.55	22.42
Desmixiotado	5.66b	1.37	24.21

La prueba de rango múltiple de Duncan muestra que el efecto del tratamiento despuntado tiene diferencias significativas; estableciendo comparación entre los dos tratamientos, también muestra diferencias significativas al 0.05.

Comparación del número total de hojas entre tratamientos de *Agave salmiana* en Calpulalpan durante 1987-1988.

<u>TRATAMIENTO</u>	\bar{X}	S	<u>Coefficiente de Variación</u>
Testigo	9.5a	0.57	6.07
Desmixotado	9.0a	2.7	30.7
Despuntado	6.3b	2.26	35.83

Existen diferencias significativas entre el testigo, despuntado y el tratamiento de desmixotado y despuntado.

Comparación de \bar{X} entre *Agave salmiana* y *Agave mapisaga* en tres localidades en el periodo de 1986-1988, sobre el desarrollo de hojas nuevas.

<u>LOCALIDAD</u>	<u>ESPECIE</u>	\bar{X}
Tizayuca	<i>Agave salmiana</i>	16.64
	<i>Agave mapisaga</i>	18.84
Tequesquahuac	<i>Agave salmiana</i>	15.61
	<i>Agave mapisaga</i>	15.58
Coyotepec	<i>Agave salmiana</i>	12.70
	<i>Agave mapisaga</i>	12.71

La prueba de rango múltiple de Duncan, muestra diferencias no significativas para las localidades entre las dos diferentes especies de agaves. (Sólo en el periodo 1986-1987 Coyotepec presenta diferencias significativas entre los demás al 0.05).

Comparación de tratamientos en *Agave salmiana* en Providencia hasta 1988.

<u>TRATAMIENTO</u>	\bar{X}	S	<u>Coefficiente de Variación</u>
Testigo	7.73a	2.34	30.31
Picado	7.27ab	1.63	22.50
Semidesmixiotado	6.22bc	2.01	32.40
Desmixiotado y Raspado	5.77c	1.76	30.59
Desmixiotado	5.36c	1.70	31.78
Despuntado	5.35c	1.72	32.20
Desmixiotado Intenso	3.73d	1.20	59.06

La prueba de rango múltiple de Duncan muestran diferencias no significativas al 0.05 en el número total de hojas del tratamiento de picado con respecto al testigo; el tratamiento de pseudodesmixiotado provoca diferencias significativas respecto al testigo, no así respecto al tratamiento de picado. Los tratamientos despuntado-raspado, desmixiotado y despuntado no presentan diferencias significativas entre sí; junto con el tratamiento de semidesmixiotado, pero sí provocan diferencias con respecto al testigo.

El tratamiento de desmixiotado intenso provoca diferencias con respecto al testigo y a los demás tratamientos.

El experimento de Abonado en Coatepec se analizó de la siguiente forma:

<u>Tratamiento</u>	1987-1988	1988-1989
Testigo	6.36	5.33*
Estercolado 4 años	6.93	5.55*
Estercolado 6 años	7.43	5.63*

* Con diferencias significativas a $p = 0.05$

La prueba de rango múltiple de Duncan muestra que existen diferencias significativas al 0.05 en el número total de hojas entre los períodos 1987-1988 y 1988-1989.

Comparación en la tasa promedio de aparición de hojas de *Agave salmiana* en los periodos 1987-1988 y 1988-1989 para la localidad de Ixtapaluca.

<u>TRATAMIENTO</u>	1987-1988	1988-1989
Tcstigo	8.46	6.8*
N-50	7.85	6.5*
N-200	8.75	6.95*
Fósforo 200	8.45	6.45*
Estiércol 10 ton/ha	8.80	7.00*

* Representa diferencias significativas $p = 0.05$

La prueba de rango múltiple de Duncan muestra que existen diferencias significativas al 0.05 en el número total de hojas entre los periodos 1987-1988 y 1988-1989; es decir hubo cambio en el número de hojas producidas de un año a otro; no así entre tratamientos en un mismo año no hubo diferencias significativas entre sí.

A continuación se presentan las gráficas del número total de hojas desarrolladas por zona y por tratamientos, así como el porcentaje de mortalidad para cada uno de los antes mencionados.

COYOTEPEC

Agave salmiana

Agave mapisaga

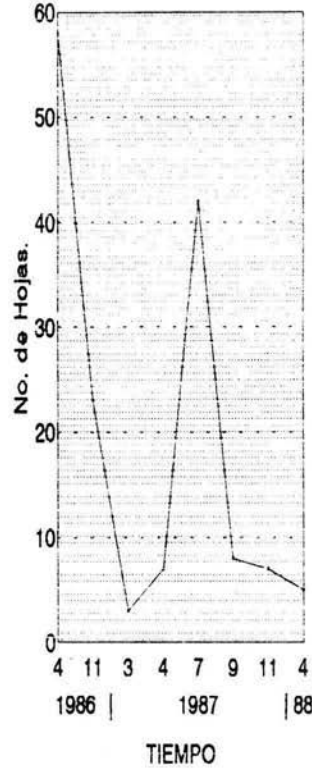
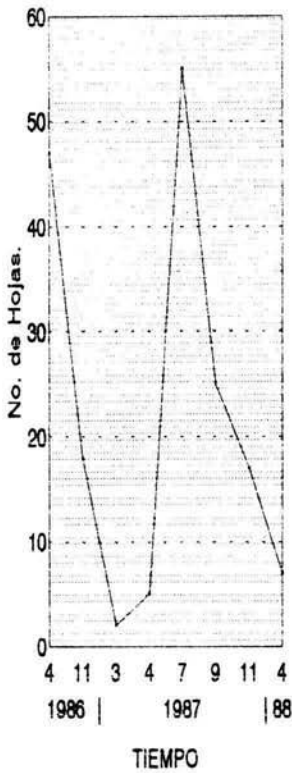
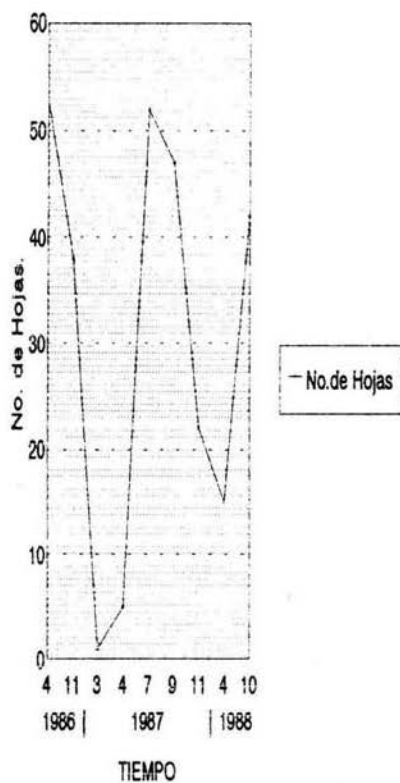


Figura No.7. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas de 20 plantas de cada tipo de agave en la localidad de Coyotepec.

Para Coyotepec, se observa una mayor producción de hojas para *Agave salmiana*, sobre todo en julio de 1987; esto puede estar relacionado con que *Agave salmiana* no tuvo ningún individuo muerto, mientras que *Agave mapisaga* mostró el 35 % de individuos castrados de marzo de 1987 a julio del mismo año y éste se elevó al 60 % de septiembre de 1987 a noviembre de ese año y finalmente en abril de 1988 quedó con un 65 % de individuos castrados.

TEQUESQUINAHUAC

Agave salmiana



Agave mapisaga

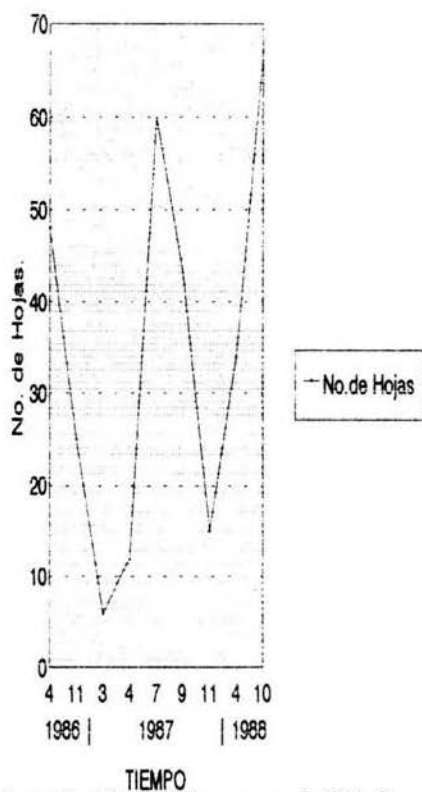
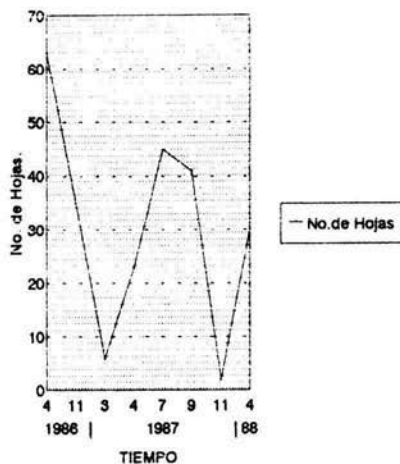


Figura No.8. Gráfica de valores totales de producción de hojas nuevas de 20 plantas de cada tipo de agave.

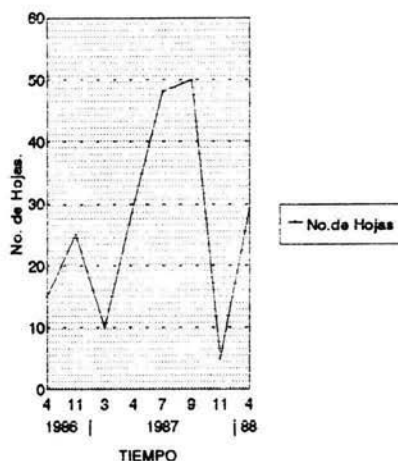
En Tequesquihuac se sigue un patrón similar en el número de hojas nuevas producidas; sin embargo cabe señalar que *Agave salmiana* presenta entre el 15 y 40 % de individuos castrados durante el estudio, mientras que *Agave mapisaga* va del 5 al 20 % de organismos castrados durante el mismo período.

SINGUILUCAN

INTACTO (6)



DESMIXIOTADO



INTACTO (4)

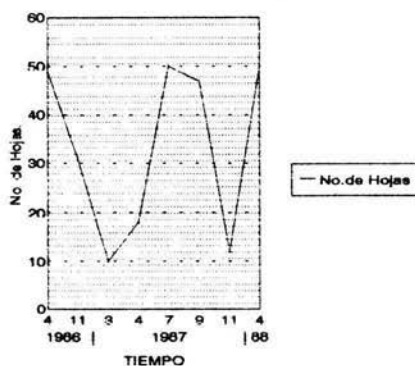
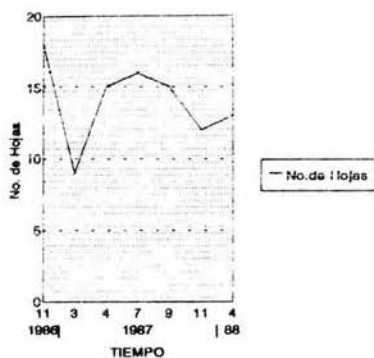


Figura No.9. Gráfica de valores totales de producción de hojas nuevas en tres tratamientos.

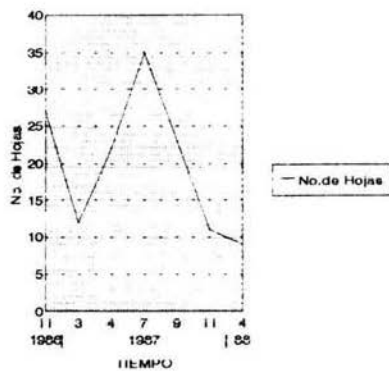
En Singuilucan, se observa que el tratamiento de desmixiotado produce más hojas que el intacto esto se explica porque éste último presenta una alta tasa de organismos castrados que va del 35 % al 60 % durante la investigación, mientras que para las plantas que fueron desmixiotadas, sólo se castrarón del 10 % al 45 % durante el mismo período.

CALPULALPAN

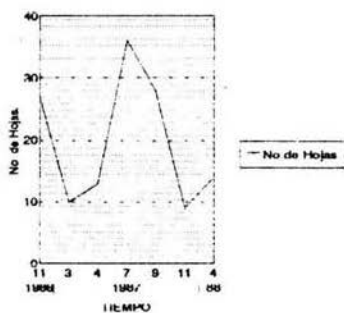
INTACTO



DESMIXIOTADO



DESPUNTADO (A)



DESPUNTADO (B)

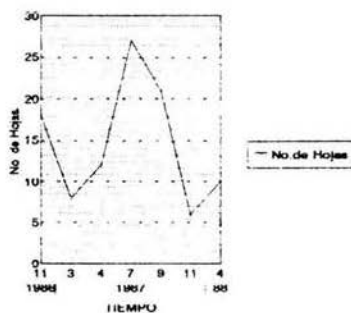
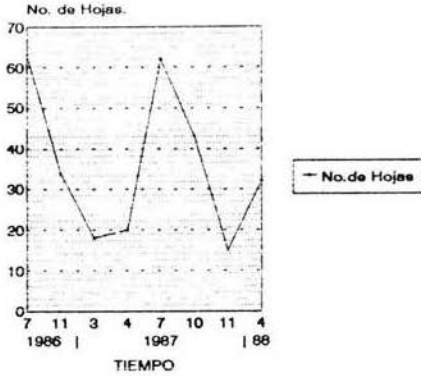


Figura No. 10. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas desarrolladas en tres tratamientos en *Agave salmiana*.

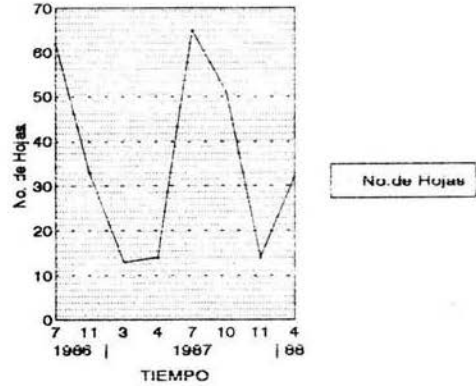
Para Calpulalpan se observa que fueron castradas del 65 % al 80 % de las plantas intactas, mientras que para los agaves que fueron desmixiotados el porcentaje de plantas castradas fué del 10 % al 85 %; cabe mencionar que el 85 % de plantas castradas se dió hasta el último muestreo.

TIZAYUCA

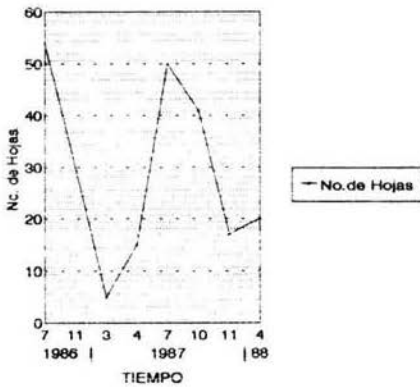
INTACTO *Agave salmiana*



DESPUNTADO (A)



DESPUNTADO (B)



INTACTO *Agave mapisaga*

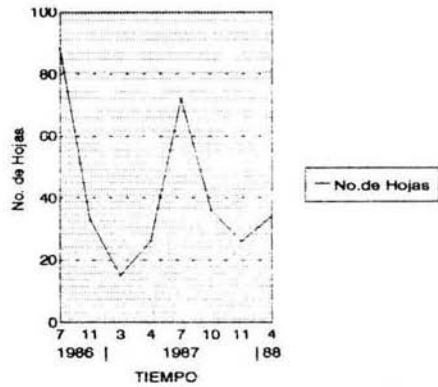
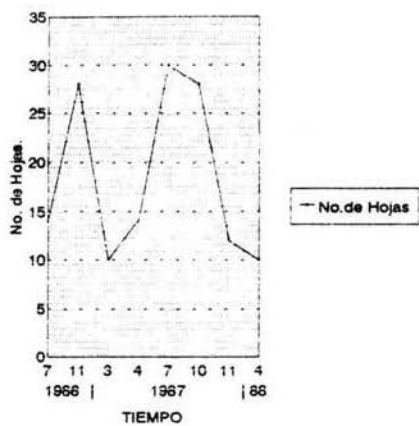


Figura No.11. Gráfica de valores totales de producción de hojas nuevas de 20 plantas de agave para cada tratamiento.

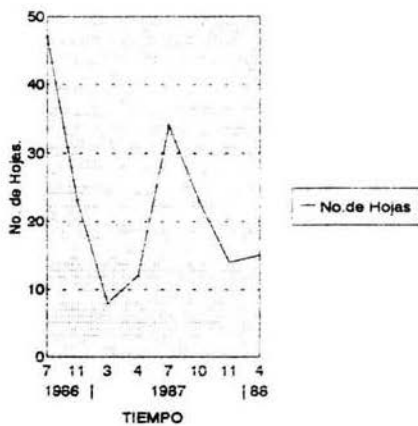
En Tizayuca, se observa que en el muestre final comparando agaves intactos y desmexiotados la diferencia de hojas desarrolladas favorece a éste último por razón de que tuvo más agaves castrados que en el tratamiento de desmexiotado.

TIZAYUCA

DESMIXIOTADO Y PICADO



DESPUNTADO Y PICADO



DESMIXIOTADO

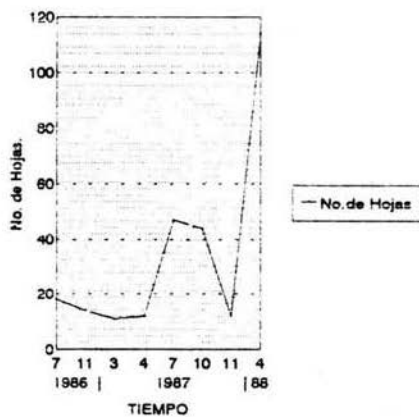
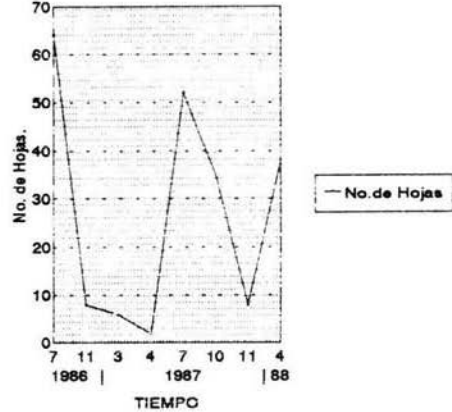
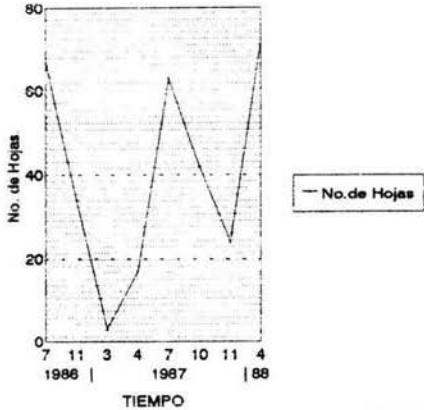


Figura No.12. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en 20 plantas de agave para cada tratamiento.

SAN MATEO

CULTIVO

SIN CULTIVO



SEMICULTIVO

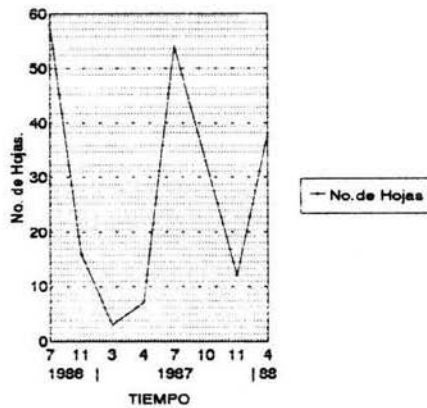


Figura No.13. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en *Agave salmiana* en diferentes condiciones de cultivo.

Para Rancho San Mateo; se observó que en condiciones de cultivo, los agaves producen más hojas que en situaciones de semicultivo y sin cultivo (es decir sin ningún tipo de práctica agrícola); en esta zona la tasa de mortalidad fué baja del 5 % al 20 % (debida a castración), otros presentaron daños y aproximadamente el 40% de las plantas fueron "picados" en la última etapa de los agaves en cultivo.

PROVIDENCIA

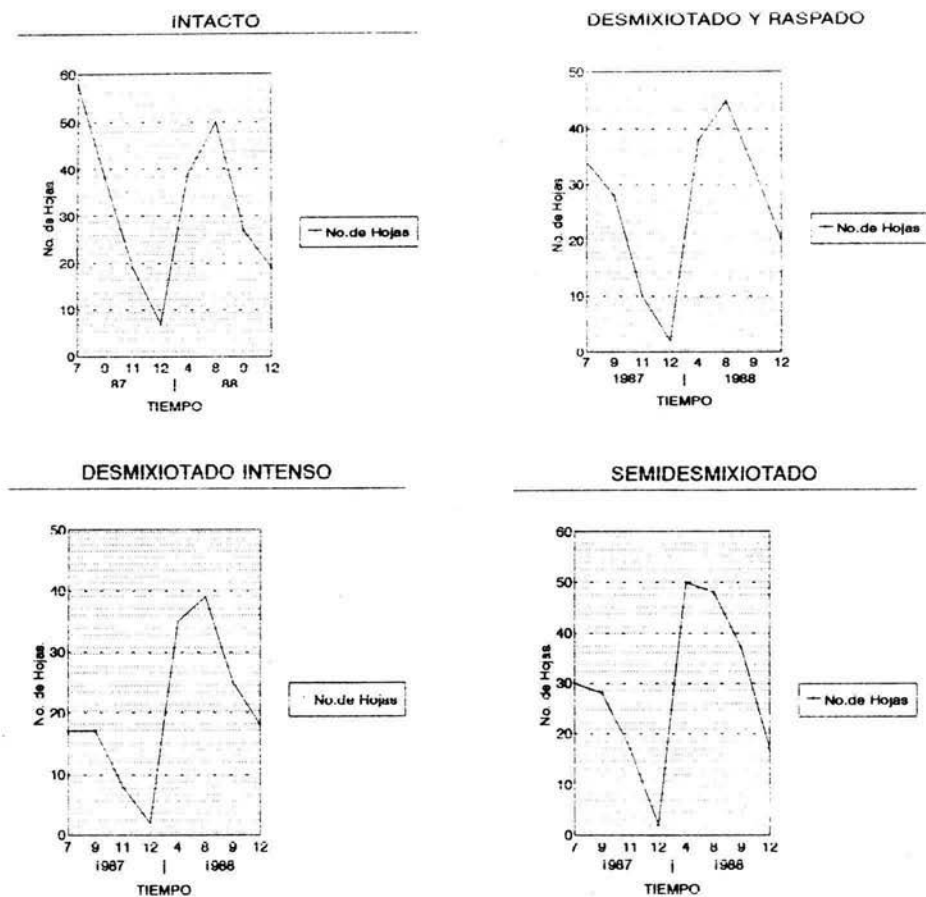
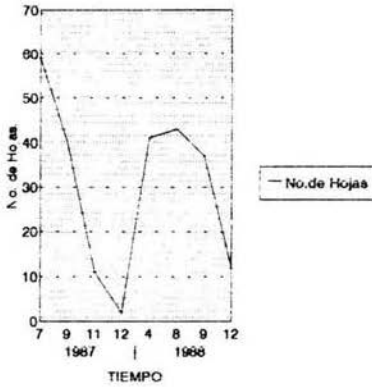


Figura No.14. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas para tres tratamientos y el testigo.

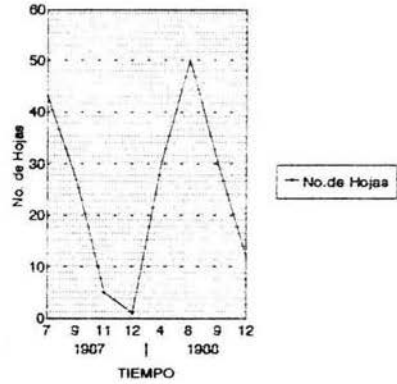
En Providencia en general se mantiene la tendencia de que los agaves intactos produzcan mayor número de hojas, que los tratamientos de desmixiotado, desmixiotado-raspado, desmixiotado intenso, pseudodesmixiotado, picado y despuntado; la tasa de plantas con problemas (entre los más representativos se encontraron: castración, enfermas, arrasadas, despuntadas, dañadas y quemadas) fue de un orden del 10 al 25 % durante los dos años de estudio.

PROVIDENCIA

PICADO



DESPUNTADO



DESMIXIOTADO

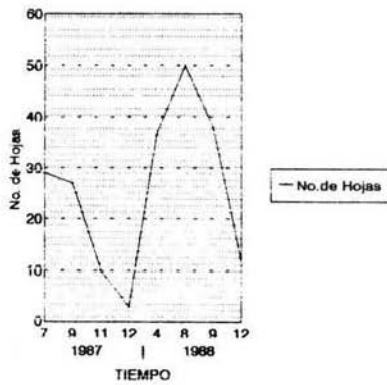
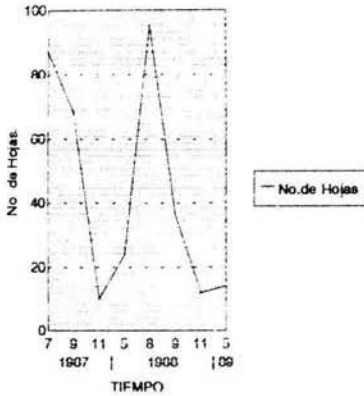


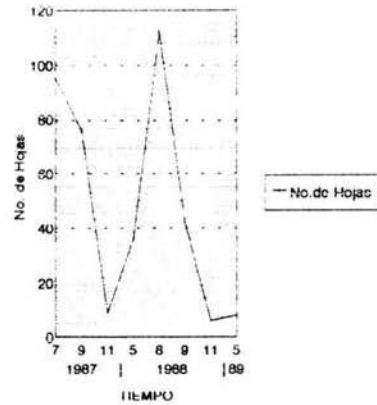
Figura No.15. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas para tres tratamientos.

COATEPEC

INTACTO



ESTERCOLADO (4)



ESTERCOLADO (6)

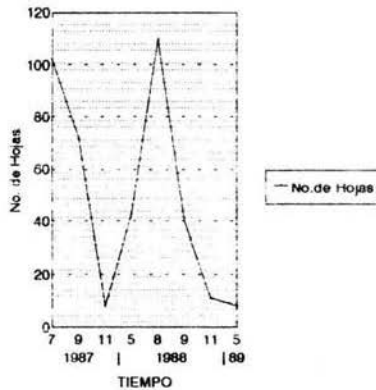
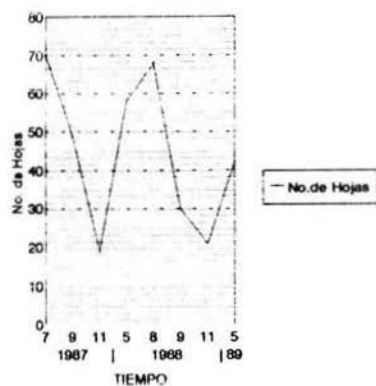


Figura No.16. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en tres tratamientos.

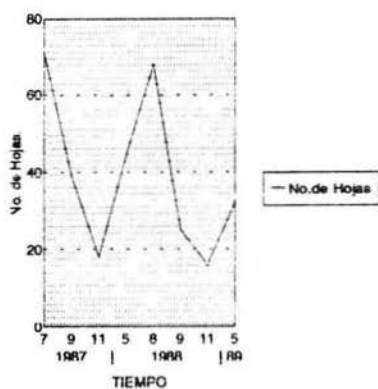
En Coatepec se presentan diferencias en el número de hojas desarrolladas entre las plantas sin estiércol y a las que se les aplicó este. Cabe resaltar que sólo el 5 % de las plantas en estudio se vieron afectadas por enfermedad o daños.

IXTAPALUCA

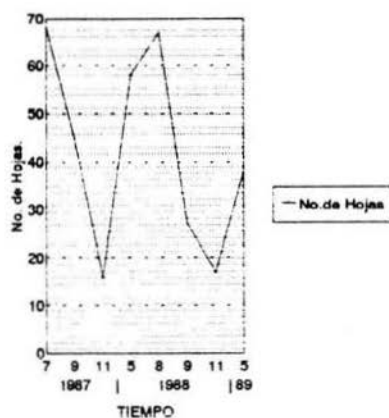
INTACTO



P-200



ESTIERCOL



NITROGENO 50

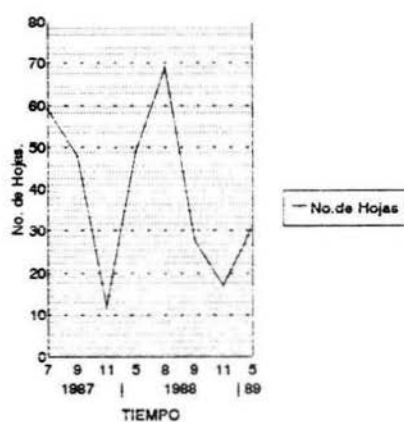


Figura No. 17. Gráficas de valores totales de producción de hojas nuevas en agave, en diferentes tratamientos de fertilización

IXTAPALUCA

NITROGENO 200

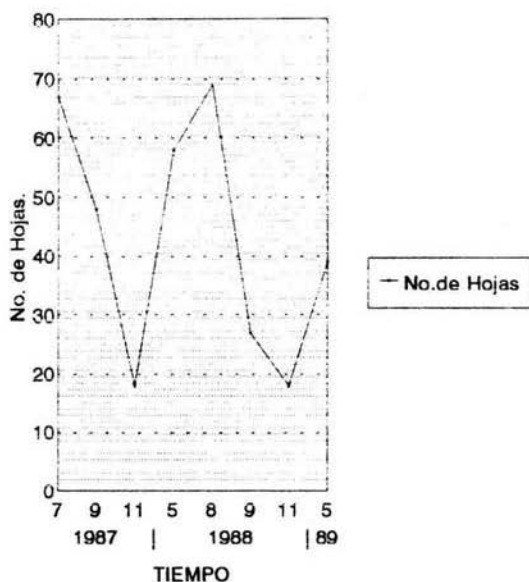


Figura No.18. Gráfica de valores totales de producción de hojas nuevas en agave, con tratamiento de fertilización.

Para Ixtapaluca, no se observaron diferencias en el desarrollo de hojas nuevas entre los tratamientos de fertilización en un mismo período, no así entre años, lo que puede deberse a la cercanía de las plantas entre sí, pues estas plantas tienen su sistema radical muy extenso (Martínez, 1988). Cabe la posibilidad de que no se hayan absorbido todos los materiales o que estos estén reflejados en otro tipo de respuestas no evaluadas como acidez titulable, cantidad de almidón y/u otros azúcares. La cantidad de organismos dañados o despuntados fue de sólo de 5 % durante el desarrollo del experimento.

6.0. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, cabe resaltar que en todas las gráficas se observan dos puntos muy altos; lo cual se puede explicar debido a la fenología de la planta, en las estaciones de primavera y verano (las cuales coinciden con la temporada de lluvias) existe un aumento en el número total de hojas desarrolladas; pues la planta al no tener restricciones hídricas, además de contar con la senda CAM, produce mayor cantidad de materia orgánica y por ende al crecimiento de la planta (Medina, 1987). Por otra parte se observa un drástico descenso en la producción de hojas nuevas durante el otoño e invierno (lo cual es debido a que se encuentra en condiciones restrictivas, por tanto su economía hídrica es mayor, y en consecuencia se ve reflejado en la menor producción de materia orgánica y en el crecimiento en general).

En la comparación que se hizo entre localidades para agaves intactos (es decir que no sufrieron ningún daño), Calpulalpan es la zona donde se produce mayor número de hojas en relación a las demás localidades (por contar con un mayor cuidado en la plantación y que los factores climáticos fueron los óptimos para el crecimiento); en orden decreciente se situó Tizayuca, Tequesquahuac, Singuilucan, Rancho San Mateo y Coyotepec (estas tres últimas localidades no mostraron diferencias entre sí debido a que sus características climáticas y de cuidados fueron muy similares).

Para los dos años de estudio en Calpulalpan se comprobó que hubo diferencias significativas entre las plantas intactas, despuntadas y desmexiotadas, siendo las primeras en donde se encontró que producían mayor número de hojas y en orden decreciente en las plantas despuntadas y desmexiotadas; este hecho es comprensible dado a que las plantas desmexiotadas realizan un esfuerzo metabólico mayor para evitar la desecación (dado a que estaban desprovistas de la cutícula) y en consecuencia existe menor desarrollo y crecimiento. En el caso de las plantas despuntadas la práctica afecta de manera directa en la cantidad de superficie fotosintética y por lo tanto en la absorción de energía radiante (Nobel, 1988); lo que se traduce en una menor o nula asignación de energía para la producción de nueva materia orgánica.

La comparación de *Agave salmiana* y *Agave mapisaga* sobre el desarrollo de hojas nuevas en Tizayuca, Tequesquahuac y Coyotepec muestra diferencias significativas

en el período de 1986-1987 para los dos tipos de agaves: lo cual se puede explicar por el tipo de manejo en la plantación así como en la disponibilidad del agua y se evidencia que *Agave mapisaga* presenta una tendencia a producir mayor número de hojas que *Agave salmiana* lo que puede indicar que el genotipo del primero se encuentre mejor adaptado a estas regiones. Sin embargo los productores tienen sembrado en mayor cantidad a *Agave salmiana* por las características de su aguamiel.

En la localidad de Providencia dónde se recapitularon las prácticas culturales hechas en este tipo de agaves; se observó que los magueyes intactos producen una mayor cantidad de hojas con respecto a las plantas semidesmixiotadas, desmixiotadas y raspadas, desmixiotado y despuntado así como el desmixiotado intenso; las plantas que fueron picadas (práctica utilizada para evitar el robo del "mixiote") producen una cantidad de hojas nuevas semejante a las intactas, por lo que se puede considerar como una buena medida en contra del robo de la cutícula ("mixiote") del maguey pulquero. En contraste las demás prácticas tienen una menor producción de hojas nuevas en comparación con las plantas intactas debido a que de una u otra forma reducen la superficie fotosintética, la cual está estrechamente relacionada en la absorción de energía radiante y finalmente en la producción de materia orgánica. En tanto que la práctica del desmixiotado intenso provoca la rápida desecación de las plantas y posteriormente la muerte de éstas debido a la mayor pérdida de la cutícula y de superficie fotosintética lo cual tiene consecuencias fisiológicas importantes en plantas CAM, pues la cantidad de luz y agua determinan su productividad.

En Rancho San Mateo, se observó que si las plantas se encuentran en condiciones de cultivo, desarrollarán más hojas debido a que por mínimos que sean los cuidados, éstos se verán reflejados en un mayor crecimiento de las plantas.

Para Coatepec dónde se observó el efecto de la práctica de fertilizar las plantas mediante estiércol de ganado vacuno, se evidenció que existen diferencias significativas de un año a otro en la producción de hojas nuevas; no así entre tratamientos en un mismo período de tiempo, lo cual puede estar relacionado con el aporte de macronutrientes, (ya que su asimilación puede ser lenta o a la fenología de la planta, pues se debe tener en cuenta que el ciclo biológico de la planta es de 10 años aproximadamente). Cabe resaltar que los aspectos de índole nutricional en plantas CAM no se encuentran bien dilucidados.

Para Ixtapaluca sucede una tendencia similar a Coatepec, en esta localidad se utilizaron fertilizantes a base de nitrógeno, fósforo y estiércol, los cuales presentaron

diferencias significativas de un año a otro pero no en un mismo período, por lo que se asume que es necesario más estudios encaminados a conocer la edad óptima de aplicación de fertilizantes, velocidad de asimilación, nutrientes involucrados, etc. para este tipo de plantas. No obstante se considera que la práctica de fertilizar a los agaves es positiva porque existe un aumento en la cantidad de hojas nuevas producidas; Nobel (1988) hace mención de tendencias similares en *Agave fourcroydes*, *A. lechuguilla* y *A. sisalana*.

Las plantas CAM son capaces de realizar altas productividades; en un trabajo realizado por García y Nobel, (1990) se estimó que la productividad para *Agave mapisaga* y *Agave salmiana* es de 26 ton ha⁻¹ año⁻¹ bajo régimen de cultivo, esto es muy importante puesto que provienen de regiones con agobios hídricos substanciales. Esto se explica porque la senda CAM provee un mecanismo de recirculación interna de CO₂ en condiciones de sequía severa, ya que este mecanismo evita la fotoinhibición del aparato fotosintético, cuando el cierre estomático total impide la absorción de CO₂ externo y por lo tanto su economía del agua es mayor, además la senda CAM contribuye a la producción de materia orgánica y en consecuencia al crecimiento de la planta (Medina, 1977).

La alta productividad potencial de ciertas especies CAM bajo condiciones óptimas ambientales excede a muchas especies C₃, lo que puede hacer que se incremente el cultivo de plantas CAM útiles para el hombre en varias regiones del mundo en un futuro próximo.

Comparando los resultados obtenidos de la tasa de desarrollo de hojas nuevas de *Agave salmiana* y *Agave mapisaga* (en agaves intactos; Ver gráficas) con los obtenidos en otros trabajos realizados con *Agave deserti* y *Agave lechuguilla* se observa que en condiciones favorables es de una hoja por planta por mes (Nobel y Quero, 1986). Sin embargo para *Agave fourcroydes* (Nobel, 1988) es de dos hojas por planta, y es aún mayor para *Agave tequilana* (Nobel y Valenzuela, 1987), aproximadamente cinco hojas por planta en el mismo período de tiempo.

La práctica del desmixotado perjudica a los agaves pulqueros ya que interfiere con el desarrollo de hojas nuevas y posiblemente con la producción de pulque. Además de que con esta práctica se pierde superficie fotosintética para el mantenimiento de la planta (Nobel, 1988) así como la pérdida de la cutícula hace que las plantas pierdan humedad. Las prácticas destinadas a la protección de la cutícula (dado que el cultivo de éstas plantas no es precisamente para la obtención del "mixiote") como lo son el despuntado de las hojas

del maguey, picar las hojas para evitar el robo de la cutícula, contribuyen minimamente sobre el desarrollo de hojas nuevas para los agaves pulqueros (García y Nobel, 1990).

Cabe resaltar que los estomas se localizan en una epidermis impermeable y operan como reguladores de la pérdida de agua entre la hoja y la atmósfera seca circundante; sin embargo por ser los estomas el sitio de entrada del CO_2 , una reducción de la pérdida de agua a través del control estomatal tiene como consecuencia una reducción en la fijación de CO_2 y por lo tanto en la productividad (lo que sucede cuando al agave se le quita la cutícula en la práctica del desmixotado y se refleja en una menor producción de hojas, lo mismo sucede aunque más atenuado en otro tipo de prácticas como: despuntado, picado y raspado; no obstante el control estomatal para regular el flujo de vapor de agua es un mecanismo de sobrevivencia y no de optimización de la productividad, excepto en circunstancias especiales (Turner, 1979).

Las diferentes prácticas culturales destinadas a la protección de la cutícula del maguey, están sustentadas por el conocimiento empírico de los productores de maguey pulquero del Valle de México, puesto que se están enfrentando a un problema relativamente reciente, que es el robo del mixiote; el cual pone en peligro el uso de este recurso; el conocimiento de la biología de la planta en combinación de este conocimiento empírico puede dar como resultado la implementación de prácticas que efectivamente redunden en la mejor utilización del maguey pulquero.

7.0. CONCLUSIONES

1. *Agave salmiana* sigue manteniendo su predominio en el área de estudio.
2. La aparición de hojas varía de acuerdo con la localidad.
3. Las prácticas de manejo se contraponen en su propósito sustantivo en razón de que unas propician el crecimiento y otras lo retrasan.
4. La práctica del desmixiotado afecta significativamente el crecimiento y desarrollo del maguey; dado a que la tasa de aparición de hojas se reduce en un 62 %.
5. El despuntado de la porción distal disminuyó en 8 % la tasa de aparición de hojas.
6. La tasa de aparición de hojas tomando a Tizayuca como referencia es la siguiente: Coyotepec 22%, Calpulalpan 18%, Rancho San Mateo y Tequesquihuac 8%; Singuilucan 3 %.
7. En cuanto al uso de fertilizantes y abono no existen diferencias significativas en cuanto a su respuesta; ya que todos benefician por igual a la planta; sin embargo sí existen diferencias en la edad de aplicación y el período en que fué expuesto.

8.0. CONSIDERACIONES FINALES

1. Los cultivos de *Agave salmiana* Otto ex Salm. están decreciendo por el robo de la cutícula ("mixiote").
2. La práctica de "picar" a los magueyes para evitar el robo del mixiote, es buena dado a que no varía significativamente la tasa de aparición de hojas.
3. Es indispensable corregir las leyes existentes sobre la explotación del maguey pulquero; pues de él no sólo es aprovechable el aguamiel (para posteriormente producir miel ó pulque), sino también como: mixiote, forraje, fibras, alimento, material para la construcción, etc.; es decir utilizar integralmente la planta como el legado cultural de nuestros antepasados.

9.0. BIBLIOGRAFÍA

- Ancona, L. (1934). Los chilocuilés ó gusanitos de la sal de Oaxaca. *Anales del Instituto de Biología*.(5):193-277.
- Bahre, C y Bradbury, D. (1980). Manufacture of mezcal in Sonora, México. *Economic Botany*.34(4):391-400.
- Barrios, V. (1971). A guide to tequila, mezcal and pulque. Ed. Minutae Mexicana. México. 64 pp.
- Barquet, F.A., Escandón, M.J. y Soberón, M.E. (1976). Aspectos científicos actuales del problema del pulque en México. Tesis de Licenciatura. Fac.de Química.U.N.A.M. 103 pp.
- Berger, A. (1988). Die agaven. Beitrage zu einer monographie. Heimp. 1915. Gustav Fisher Verlag. Stuttgart. Germany. 295 pp.
- Blásquez, I. (1920). Tratado del maguey. Puebla, México. 192 pp.
- Bidwell, R.G.S. (1979). Fisiología vegetal. A.G.T.cd. México. 284 pp.
- Bustamante, M.E.I. (1983). Estudio agroecológico de los agaves de la zona de influencia a Tequila,Jalisco. Tesis de Licenciatura. E:N.E.P.I.-U.N.A.M. México. 165 pp.
- Cisneros, A.L.M. (1980). Entomofauna del maguey pulquero *Agave atrovirens* Karw. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias-U.N.A.M. México 72 pp.
- Diario Oficial. Lunes 14 de julio de 1980. pp.6 1a. Secc. Decreto sobre Maguey.
- Excélsior. Viernes 9 de julio de 1989. Sección Estados. Bandas de mixioteros cortan a diario cientos de agaves: CIFMN.
- Galván, V.R. (1988). Las familias *Amaryllidaceae*, *Juncaceae* y *Liliaceae* en el Valle de México. Tesis Doctoral. E.N.C.B.-I.P.N. México. 348 pp.

- García Moya E. y Nobel. P.S. (1990). Leaf unfolding rates for pulque agaves in México: responses to cuticle damacing. *Desert Plants*. 10(2):55-57.
- Gayman, W.S. (1984). Grupos sociales de la industria del pulque. Tesis de Maestría. I.N.A.H. México. 320 pp.
- Gentry, H.S. (1976). La simbiosis del hombre-agave. *Cact.Suc.Méx.* 21(1):16-23.
- Gentry, H.S. (1982). *Agaves of Continental North America*. The University Arizona Press. U.S.A. 670 pp.
- Gobierno del Estado de Hidalgo, M.N.C.P., I.N.I., S.E.P., D.G.C.P. (1988). El maguey "árbol de las maravillas". 178 pp.
- Gómez Pompa, A. (1963). El género *Agave*. *Cact. Suc. Méx.* 8(1):3-28.
- Gómez Pompa, A. (1985). Los recursos bióticos de México: (reflexiones). ed. Alhambra. México. 122 pp.
- Goncálves de Lima, O. (1956). El maguey y el pulque (en los códices mexicanos). F.C.E. México. 278 pp.
- Guerrero, F. (1874). El vino del maguey. Tesis de Licenciatura. Fac. de Medicina. U.N.A.M. México. 100 pp.
- Guerrero, G.R. (1980). El pulque. Joaquín Mortiz-I.N.A.H. México. 298 pp.
- Halffter, G. (1957). Plagas que afectan a las distintas especies de *Agave* cultivados en México. Secretaria de Agricultura y Ganadería. Dirección General Agrícola. México. 135 pp.
- Hernández, G.O. y Mendieta, S.M. (1987). Estudio comparativo de las relaciones iónicas de cactáceas en diferentes zonas del municipio de Coxcatlán, Puebla. Tesis de Licenciatura. E.N.E.P.I-U.N.A.M. México. 100 pp.

- I.N.F.G.I. (1981). Síntesis geográfica. nomenclator y anexo cartográfico del estado de México.
- Kramer, C.Y. (1956). Extensión of multiple range test of to group means with unigual numbers of replication. BIOM. 12:307-310.
- Kluge, M. (1976). Models of CAM regulation. En: R.H. Burris (ed). CO₂ Metabolism and plant productivity. Cambridge University Press. pp.205-215.
- Leal, F.J. y Huacuja, R.M. (1982). Economía y sistema de haciendas pulqueras. Era. México. 200 pp
- Loyola, M.E. (1956). La industria del pulque. Banco de México. Dpto. de Investigaciones Industriales. 348 pp.
- Macedo, E.M. (1950). Manual del maguero. Bartolomé Trucco. México. 160 pp.
- Mendieta, A. y Orozco, D. (1940). Contribución a la bioquímica del agave. Anales del Instituto de Biología. 11:373-383.
- Martín del Campo, R. (1938). El pulque en el México Precortesiano. Anales del Instituto de Biología. 40:5-23.
- Martínez, E.S. (1986). Evaluación de las condiciones de cultivo del maguero pulquero (*Agave salmiana* L.) en la región 5 del estado de Hidalgo y áreas adyacentes. Tesis profesional. U.A.Ch. Chapingo, México. 170 pp.
- Martínez, M.D. (1987). Fluctuación fotosintética de *Escontria chionilla* (Weber) Rose, en la localidad de Venta Salada; Municipio de Coxcatlán, Puebla. Tesis de Licenciatura. E.N.E.P.I.-U.N.A.M. México. 97 pp.
- Martínez, M.R. (1988). Dinámica poblacional de las maguieras silvestres en el Altiplano Potosino-zacatecano. Tesis de Maestría en Ciencias Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 90 pp.

- Medina, E. (1977). Introducción a la ecofisiología vegetal. Ed. O.E.A. Washington, D.C. U.S.A. 102 pp.
- Medina, E. (1987). Aspectos ecofisiológicos de plantas CAM en los trópicos. Rev. Biól. Trop. 35 (Supl.1):55-70.
- Mercado, R.A. (1990). Les invito un curado de apio. México Desconocido. 13(155):27-32.
- Meyrán, G.J. y Piña, L.I. (1986). Cactáceas. Gobierno del estado de México. 135 pp.
- Morales, G.N. (1979). Estudio técnico, financiero y social (miel de aguamiel). Patronato del Maguey estudios y proyectos. No.10. México 112 pp.
- Morera, C.C., Bertrán, S.J. y Avila, I.S. (1982). Contribución al estudio de la población del maguey y del nopal. PROMAN, México. 202 pp.
- Nobel, P.S. (1983). Nutrient levels in cacti-relation to nocturnal acid accumulation and growth. Amer. J. Bot. 70(8):1244-1253.
- Nobel, P.S. y Hartsock, T.L. (1978). Resistance analysis of nocturnal carbon dioxide uptake by a crassulaccan acid metabolism succulent, *Agave deserti*. Plant Physiol. 61:510-514.
- Nobel, P.S. y Hartsock, T.L. (1981). Shifts in the optimal temperature for nocturnal CO₂ uptake caused by changes in growth temperature for cacti and agaves. Physiol. Plant. 53(3):523-527.
- Nobel, P.S. y Meyer, E.S. (1985). Field productivity of a CAM plant, *Agave salmiana*, estimated using daily acidity changes under various environmental conditions. Physiol. Plant. 65(4):397-404.
- Nobel, P.S. y Quero, F. (1986). Environmental productivity indices for a Chihuahuan Desert CAM plant, *Agave lechuguilla*. Ecology. 67(1):1-11.

- Nobel, P.S. y Valenzuela, G.A. (1987). Environmental responses and productivity of the CAM plant, *Agave tequilana*. *Agricultural and Forest Meteorology*. 39:319-334.
- Nobel, P.S. (1988). *Environmental biology of agaves and cacti*. Cambridge University Press. New York. U.S.A. Caps.2, 5 y 7.
- Osmond, C.B. (1978). Crassulacean Acid Metabolism: a curiosity in context. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 29:379-414.
- Payno, M. (1864). *El maguey*. ed. Libertad. México. 195 pp.
- Pérez, M.M. (1984). Las pulquerías, una realidad que se extingue. *México Desconocido*. (91):37-40.
- Pérez, S.P. (1980). Principales problemas fitosanitarios del maguey pulquero (*Agave atrovirens* Karw.) en la mesa central de México. Tesis Profesional. U.A.Ch. Chapingo. 81 pp.
- Perlasca, L.J.L. (1979). estudio preliminar, técnico, financiero y social para instalar una planta productora de refrescos de aguamiel. Patronato del maguey. Estudios y Proyectos No.13. México 110 pp.
- Pineda, M.P. (1983). Control químico de las plagas y enfermedades más comunes del maguey pulquero *Agave atrovirens* Karw. Tesis profesional U.A.Ch. Chapingo, México. 81 pp.
- Poloniato, A. (1986). El pulque. *Rev. Geografía Universal*. 21(5):378-392.
- Ramírez, L.A. (1931). Contribución para el conocimiento de los Agaves de México. *Anales del Instituto de Biología*. 2:91-95.
- Ramírez, L.A. (1936a). Distribución de los Agaves de México. *Anales del Instituto de Biología*. (1):17-45.
- Ramírez, L.A. (1936b). Contribución al conocimiento de los Agaves del Valle de Actopan, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología*. 7(1):235-240.

- Rangel, C.S. (1987). Etnobotánica de los agaves del Valle del Mezquital. Tesis de Licenciatura. E.N.E.P.I.-U.N.A.M. México. 155 pp.
- Roca, J. y Llamas, R. (1940). Consideraciones sobre el valor alimenticio del pulque. *Anales del Instituto de Biología*. 11:363-371.
- Ruiz, M. (1936). Nota acerca de la microbiología del aguamiel y el pulque. *Anales del Instituto de Biología*. 7:251-258.
- Ruvalcaba, M.J. (1983). El maguey manso: historia y presente de Epazoyucan, Hidalgo. U.A.Ch. Chapingo, México. 122 pp.
- Silicco, P.P. (1920). El pulque. *ETHNOS*. 1:60-63.
- Sokolov, R. (1989). Insects, worms and other tidbits. *Natural History*. 9:84-88.
- S.P.P. (1970). Cartas: geológica de uso del suelo, topográfica, edafológica y de uso potencial. E-14-2. Escala 1:250 000.
- Tello, B.J.J. y García, M.E. (1988). El maguey (*Agave*, subgénero *Agave*) en el Altiplano Potosino-Zacatcano. *Bol. Soc. Bot.* 48:119-134.
- Trelease, E. (1915). *Agave*. En: Standley, trees and shrubs of México. *Contr. U.S. Nat. Herb.* 23:107-142.
- Turner, N.C. (1979). Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In *Stress Physiology in crop plants*. H. Mussell and R.C. Staples (eds.) John Wiley & Sons. New York. U.S.A. pp. 345.
- Urrutia, C.S.P. (1986). Etnobotánica de los agaves de los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. E.N.E.P.I.-U.N.A.M. México. 95 pp.
- Ulloa, M., Herrera, T y Lappe, P. (1987). Fermentaciones tradicionales de México. I.N.I., Investigaciones Sociales No.16. México. 77 pp.

Villagrán, P.F. (1939). Contribución al conocimiento de la histología y citología del maguey (*Agave*). *Anales del Instituto de Biología*. 10:1-18.

Woodhouse, M.R., Williams, G.J. y Nobel, P.S. (1980). Leaf orientation interception and nocturnal acidity increases by the CAM plant, *Agave deserti* (Agavaceae). *Amcr. J. Bot.* 67(8):1179-1185.