

## REMOCIÓN CUTICULAR ("MIXIOTE") Y DESARROLLO FOLIAR EN LOS AGAVES PULQUEROS (*AGAVE SALMIANA* Y *A. MAPISAGA*)

ROCÍO JOSÉ JACINTO<sup>1</sup> Y EDMUNDO GARCÍA MOYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. A. P. 70-275. Ciudad Universitaria, 04510. México, D.F. México. e-mail: rjose@miranda.ecologia.unam.mx.

<sup>2</sup>Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, 56230. México. e-mail: edmundo@colpos.colpos.mx.

**Resumen.** Los agaves pulqueros son cultivares importantes en los agroecosistemas del Valle de México, algunas prácticas de manejo han propiciado la reducción de la densidad de siembra y de las áreas de cultivo de estas plantas. El propósito de este trabajo consistió en conocer las condiciones de aprovechamiento de los agaves pulqueros y evaluar las prácticas agrícolas que propician o limitan el desarrollo de hojas nuevas en *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, y *Agave mapisaga* Trel., en seis localidades del Valle de México, durante dos años de muestreo. Los resultados indican que la práctica ilegal de remoción de la cutícula ("mixiote") afecta negativamente el desarrollo de hojas en los agaves, en contraste las prácticas denominadas: "picado" y "despunte" resultan benéficas dado que no presentan cambios significativos sobre el número de hojas desarrolladas con respecto a plantas intactas de las especies estudiadas.

**Palabras clave:** *Agave salmiana*, *Agave mapisaga*, cutícula, manejo.

**Summary.** The pulque agaves are important cultives in the Valley of Mexico agroecosystems, some management practices have reduction of the sowing density and the farming agave areas. The purpose of this work consisted of knowing the utilization conditions of pulque agaves and evaluate agricultural practices that favor or limit the development of new leaves in *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck, and *Agave mapisaga* Trel., in six localities of the Valley of Mexico, during two sampling years. The results indicate that illegal practice, removing of the cuticle («mixiote») affects negatively the development of leaves in agaves, in contrast designated practices: «picado» and «despunte» result beneficial since they do not present meaningful changes on the number of leaves developed with respect to intact plants of the study species.

**Key words:** *Agave salmiana*, *Agave mapisaga*, cuticle, management.

El cultivo de los agaves para la producción de bebidas alcohólicas, en algunas regiones del país se ha ido ampliando y perfeccionando por medio de labores agrícolas que benefician y promueven el crecimiento y desarrollo de la planta como: barbeo, paso de rastra, limpias, podas, fertilización y control de plagas (José-Jacinto, 1995; Valenzuela, 1995). Sin embargo, para el cultivo de las especies pulqueras existen otros tipos de prácticas que dañan a la planta como son la remoción de la cutícula ("mixiote") y la mutilación intencional de las hojas de las plantas (García-Moya y Nobel, 1990; José-Jacinto, 1993).

En el Valle de México, el cultivo de maguey se dedica principalmente a la producción de pulque, que se obtiene de diversas especies: *Agave americana* L.,

*A. mapisaga* Trel., *A. salmiana* Otto ex Sal-Dyck ssp. *crassispina* y *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck var *salmiana* (Cisneros, 1980; Gentry, 1982)

Los principales estados productores de agaves pulqueros son: Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala y en menor proporción San Luis Potosí, Michoacán, Querétaro, Morelos, Guanajuato y Veracruz. En la década pasada se estimó que la superficie de cultivo era de 60 000 ha. Alrededor de 100 000 familias dependen económicamente de este recurso, que genera ingresos de 1 500 millones de pesos anuales. El consumo del pulque en México se calcula en 600 millones de litros por año (Barquet *et al.*, 1976; Morera *et al.*, 1982; Ruvalcaba, 1983; Martínez, 1986). Sin embargo, los índices económicos y de producción han

disminuido desfavorablemente en tan sólo tres décadas (José-Jacinto, 1993). A principios de 1970 se da el colapso de la industria del pulque, los estados de Hidalgo, México y Tlaxcala sufrieron una reducción en la producción de más del 60%, por problemas en la industrialización del campo agrícola, el cambio en hábitos de consumo de bebidas alcohólicas y el atraso en los procesos de industrialización, falta de normas de calidad y la escasa comercialización del pulque (Barquet *et al.* 1976; Perlasca, 1979; Gayman, 1984). Actualmente se carece de estadísticas oficiales sobre el estado que guarda la producción de pulque en este tipo de agaves.

Asociado a este panorama, el cultivo de los agaves pulqueros implica ciertos cuidados y hasta 12 años para tener plantas en producción (cuadro 1), al mismo tiempo se ha generado un problema particular sobre las prácticas de manejo que se aplican para evitar el robo del "mixiote" (cutícula) de las hojas jóvenes, esta cutícula se utiliza para la elaboración de comida de origen prehispánico.

Para evitar el robo del mixiote, los agricultores han ideado una serie de prácticas como: cortar las puntas de las hojas, perforar con un biello la parte apical de las hojas y raspar la cutícula de las hojas jóvenes (José-Jacinto, 1993). Sin embargo, no se ha cuantifi-

cado el efecto de estas prácticas sobre las plantas. El problema del "desmixiotado ilegal" es de orden jurídico, debido a que por decreto presidencial se prohíbe la comercialización de la cutícula de maguey (Anónimo, 1980), no obstante, esta práctica penada por ley, se sigue realizando de manera clandestina y sin beneficio para los productores, compitiendo seriamente con el uso primario de este recurso (producción de aguamiel). El objetivo de este trabajo fue conocer las condiciones de aprovechamiento de los agaves pulqueros y evaluar las prácticas agrícolas que propician o limitan el desarrollo de hojas nuevas en *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck y *Agave mapisaga* Trel., que son los magueyes pulqueros con mayor área cultivada en el centro de México.

#### Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en plantaciones de agave localizadas en el Estado de México, Hidalgo y Tlaxcala (figura 1 y cuadro 2). La zona de estudio presenta heladas escasas en los meses de diciembre y enero, la temperatura promedio es de 12.7°C en el Estado de México, 14.2°C para Hidalgo y 16.2°C en Tlaxcala. La temporada de lluvias es en los meses de mayo a octubre, la precipitación media anual es de

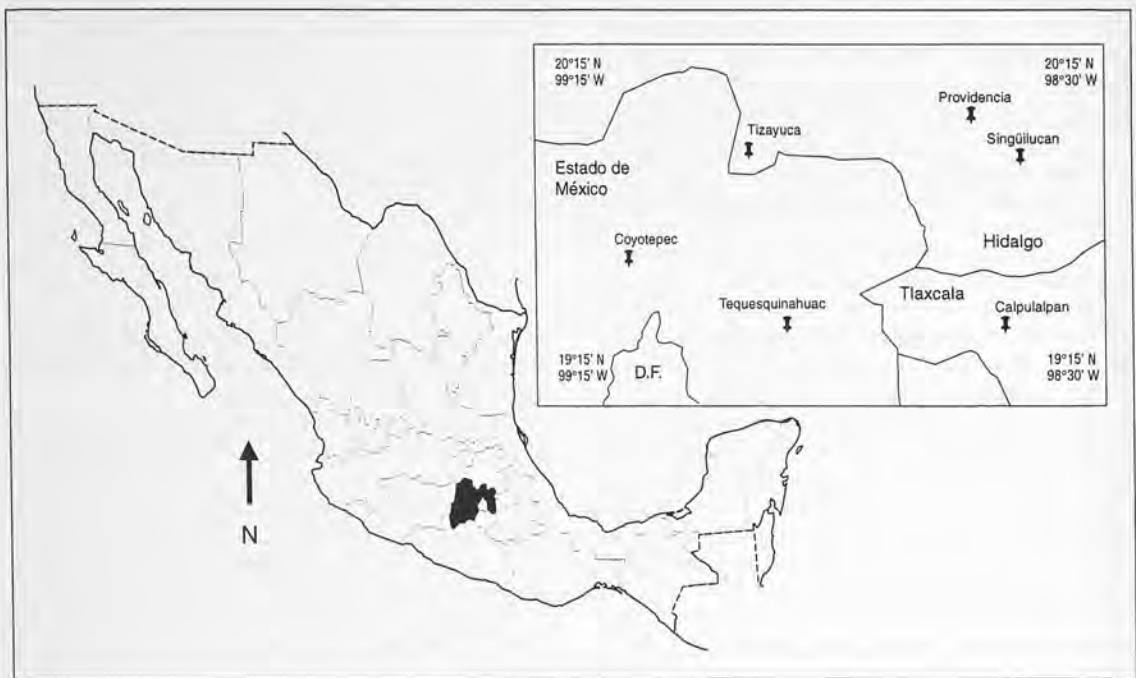


Figura 1. Localización de las plantaciones de agave pulquero estudiadas en el Valle de México.

**Cuadro 1.** Sinopsis de las prácticas agrícolas del maguey pulquero.

	Años			
	0	1-2	3-10	10-12
1 Preparación del terreno (larar y paso de rastra)	1. Selección del material vegetal (semilla, bulbillos o propágulos rizomatosos)	1. Cultivo (intensivo, semi-intensivo, disperso)	1. Careo	
	2. Trasplante	2. Deshierbe y poda (una vez por año)	2. Castración	
	3. Plantación definitiva	3. Control de plagas y enfermedades	3. Picazón	
	4. Deshierbe y poda anual	4. Asociación con otros cultivos (maíz, frijol, calabaza) hasta los cuatro años de edad	4. Sazonado	
	5. Control de plagas y enfermedades	5. Desahije (4 años de edad)	5. Raspado	
	6. Fertilización	6. Fertilización	6. Explotación	
			7. Recolección de aguamiel	
			8. Transportación al tinacal	
			9. Elaboración de pulque	
			10. Comercialización	

700 mm, el tipo de clima es templado subhúmedo con lluvias en verano. El uso actual del suelo es agrícola con áreas abiertas al pastoreo, los tipos de suelo predominantes son calcáreos, allisoles y aridisoles con texturas francas a limosas (Galván, 1988; INEGI, 1989; José-Jacinto, 1993).

*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck. Es una especie con rosetas de 1.5 a 2.0 m de altura con raíz "fibrosa", hojas de color verde oscuro a verde glauco, emite un escapo floral de hasta 4 m entre los 8 y 10 años de edad, con flores hermafroditas amarillo-verdosas de 10-12 cm de largo; el fruto es una cápsula oblonga con pequeñas semillas negras (Gentry, 1982). Esta especie incluye poblaciones silvestres y cultivadas con alrededor de 10 formas ("chalqueño, manso, xaminí, verde, ayoteco y colorado", entre otras).

*Agave mapisaga* Trel. Planta con rosetas de 2 a 2.5 m de altura, con raíz "fibrosa" hojas lineales de 2.5 m de color verde a verde pálido con margen recto y presenta pequeñas espinas oscuras, emite un escapo floral de 7 a 8 m, entre los 10-12 años de edad, con flores amarillas a rojizas en la base y de 7-8 cm de largo; el fruto es una cápsula con semillas negras muy pequeñas (Gentry, 1982). Presenta formas como: "penca larga y carricillo".

En 80 plantas de las especies *A. salmiana* Otto ex Salm-Dick (maguey verde) y 80 plantas de *A. mapisaga* Trel. (maguey carricillo). En cada localidad se efectúo un trabajo de localización y caracterización de los magueyes pulqueros, con base en su madurez (alrededor de 10 años), prácticas agrícolas y tipo de daño foliar utilizado en cada zona. En la primera fase de la investigación se evaluaron la cantidad de hojas nuevas producidas con respecto al tipo de agave sembrado, en plantas asignadas al azar dentro de los campos de cultivo. Se utilizó un diseño factorial (5 X 2), en el cual se consideraron 2 factores: localidad, con 5 niveles (Calpulalpan, Coyotepec, Singüilucan, Tequesquinahuac y Tizayuca) y especie de agave, con 2 niveles (*A. salmiana* y *A. mapisaga*). Se realizó un análisis de varianza factorial y una prueba modificada de rango múltiple de Duncan, para establecer las diferencias significativas en grupos de medias con réplicas desbalanceadas (Kramer, 1956).

También se mantuvo un registro de las prácticas de daño foliar por localidad para posteriormente repetir las experimentalmente en una sola localidad. En la segunda fase, en la localidad de Providencia se realizó un experimento en 140 plantas dispuestas al azar en el campo de cultivo de *A. salmiana* Otto ex Salm-Dyck, se registró el número de hojas desarrolladas por tipo de daño foliar; agaves intactos (control), picados, semidesmixiotados (cutícula raspada en 4 hojas), desmixiotados (3 hojas), desmixiotado intenso (6 hojas), desmixiotado-raspado (3 hojas) y despuntado (40 cm), durante dos años de estudio. Cada tratamiento tuvo 20 repeticiones, la unidad ex-

**Cuadro 2.** Características de las localidades en la zona de estudio.

Localidad	Longitud W	Latitud N	Altitud (msnm)	PP. (mm)	Tipo de clima
Calpulalpan <sup>1</sup>	99°28'3"	20°03'1"	2575	800	Cwai'x'
Coyotepec <sup>2</sup>	99°12'4"	19°46'5"	2294	700	Cwai'x'
Providencia <sup>1</sup>	98°42'	20°09'	2380	600	Cwai'x'
Singuilucan <sup>1</sup>	98°32'	19°28'5"	2562	700	Cwai'x'
Tequesquahuac <sup>2</sup>	98°49'3"	19°28'5"	2389	800	Cwai'x'
Tizayuca <sup>1</sup>	98°45'	19°56'	2290	750	Cwai'x'

<sup>1</sup> Tlaxcala, <sup>2</sup> Estado de México, <sup>3</sup> Hidalgo. PP: Precipitación anual. Datos de 10 años, S.M.N.

perimental fue una planta de 10 años de edad (madurez fisiológica y comercial). El diseño fue un análisis de varianza entre los tratamientos y se realizó una prueba modificada de rango múltiple de Duncan, para establecer las diferencias significativas en grupos de medias con réplicas desbalanceadas (Kramer, 1956).

### Resultados

Entre localidades que presentan plantas intactas (sin daño foliar), Calpulalpan es la zona donde se despliega mayor número de hojas con relación a las demás localidades ( $P < 0.05$ ). En esta zona se cuenta con un mayor cuidado de la plantación y los factores climáticos fueron favorables para el crecimiento (cuadro 3).

La comparación entre *A. salmiana* y *A. mapisaga* sobre el desarrollo de hojas nuevas en Tizayuca y

Coyotepec muestra diferencias significativas en el periodo de estudio debido al tipo de manejo de la plantación y por presentar mayor cantidad de precipitación (800 mm) en la zona de Tizayuca. En Coyotepec no obstante, la menor precipitación (700 mm), *A. mapisaga* presenta mayor número de hojas desarrolladas en Tizayuca con respecto a las plantas de la misma especie que crecen en Coyotepec (cuadro 4), sin embargo, no existen diferencias estadísticas significativas entre las especies en una misma localidad. Los productores prefieren sembrar en mayor cantidad *A. salmiana* por las características más azucaradas del aguamiel.

En la localidad de Providencia donde se recapitulaban las prácticas de daño foliar de las localidades anteriormente estudiadas, se decidió probar en la especie con mayor área y densidad de cultivo. Se observó que los agaves intactos producen hasta 62 % mayor cantidad de hojas con respecto a las plantas con desmixiotado intenso, semidesmixiotadas, desmixiotadas y raspadas, desmixiotado y despuntado. Las plantas picadas producen una cantidad de hojas nuevas semejante a las intactas (8% por debajo de las plantas intactas), por lo que se puede considerar como una buena medida en contra del robo de la cutícula (*mixiote*) del maguey pulquero (cuadro 5).

En Providencia, se mantiene la tendencia a que los agaves intactos produzcan igual número de hojas, que los magueyes que fueron picados; los tratamientos de semidesmixiotado, desmixiotado-raspado, desmixiotado (3 hojas) y despuntado desarrollan en promedio menos hojas y el tratamiento de desmixiotado intenso resultó el más agresivo debido a la rápida muerte de los individuos sometidos a esta práctica. La tasa de plantas con problemas fitosanitarios en los

**Cuadro 3.** Comparación entre localidades sobre el desarrollo de hojas en plantas intactas de *Agave salmiana* ( $\bar{X} \pm D.E.$ ).

Localidad	Hojas desplegadas ( $\bar{X} \pm D.E.$ )
Calpulalpan	10.37 $\pm$ 1.1 a
Tizayuca	8.47 $\pm$ 2.8 b
Tequesquahuac	7.17 $\pm$ 1.7 c
Singuilucan	5.61 $\pm$ 1.6 d
Coyotepec	4.90 $\pm$ 1.0 d

Nota: Las letras iguales indican diferencias no significativas, las diferencias mínimas se calcularon con  $\alpha = 0.05$ , utilizando rangos de significancia de Student para pruebas de rango múltiple de Duncan con la metodología propuesta por Kramer (1956). N = 20 plantas por tratamiento.

tratamientos con daño foliar fue del orden del 10 al 25% durante los dos años de estudio entre los más representativos se encontraron: enfermedades por hongos (*Asterina mexicana* Ell y Eu, y *Colletotrichum agavis* Cav.) y daños por larvas de insectos (*Hypopta agavis* Blásquez, *Acentrocne hesperearis* Wilk., *Batrachedra copia* Clarke y *Scyphophorus acupuntatus* Gyll.). Durante el estudio alrededor del 25% de las plantas por tratamiento fueron eliminadas debido a que fueron castradas para la producción de aguamiel y otras fueron dañadas por fuego.

### Discusión

Las prácticas de picado, despuntado y desmixiotado presentan una menor producción de hojas nuevas en comparación con las plantas intactas debido a que reducen la superficie fotosintética, la cual está estrechamente relacionada en la absorción de energía radiante y en consecuencia con la producción de materia orgánica. En tanto que la práctica del desmixiotado intenso provoca la rápida pérdida de agua en las plantas y posteriormente la muerte de éstas debido a la mayor pérdida de cutícula y de superficie fotosintética, lo cual tiene consecuencias fisiológicas importantes que determinan la productividad de los magueyes.

La pérdida neta de agua en plantas intactas de *A. mapisaga* es de 230 moles de agua  $m^{-2} s^{-1}$  en un periodo de 24 horas, y la eficiencia en el uso de agua es de 3 a 4 veces la magnitud de cualquier cultivo convencional (maíz o frijol). La cutícula, que en este tipo de plantas puede tener un grosor de 20 micrómetros (30 veces más gruesa que la cutícula de hojas de cualquier cultivo convencional), y presenta de 20 a 50 estomas por  $mm^2$  (Nobel, 1994), la pérdida de la cutícula y de la capa epidérmica adyacente provoca la rápida pérdida de agua que termina con la muerte del individuo.

La investigación realizada por García-Moya y Nobel (1990) en estas especies, demuestra que la remoción de la cutícula de las plantas en magnitud del 17 al 30%, no muestra diferencias significativas en la acumulación nocturna de ácidos orgánicos entre las plantas intactas y despuntadas, con lo que se mantiene el crecimiento de la planta.

Las hojas elaboran azúcares a partir del proceso fotosintético para la sobrevivencia de la planta, las tasas de fijación de  $CO_2$  son de 34 y 29  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$  para *A. mapisaga* y *A. salmiana* respectivamente (Nobel, 1994), los azúcares se van acumulando en la base de las hojas (piña) y son indispensables para el desarrollo de la estructura reproductiva (pedúnculo floral) que alcanza 4-5 m. En *A. deserti* se pueden llegar a trans-

**Cuadro 4.** Comparación entre localidades sobre el desarrollo de hojas de *Agave salmiana* y *A. mapisaga* ( $\bar{X} \pm D.E.$ ).

Localidad	Especie	Hojas desplegadas ( $\bar{X} \pm D.E.$ )
Tizayuca	<i>Agave salmiana</i>	16.64 $\pm$ 1.6 ab
	<i>Agave mapisaga</i>	18.84 $\pm$ 1.8 a
Tequesquihuac	<i>Agave salmiana</i>	15.61 $\pm$ 1.2 ab
	<i>Agave mapisaga</i>	15.58 $\pm$ 0.7 ab
Coyotepec	<i>Agave salmiana</i>	12.70 $\pm$ 0.9 b
	<i>Agave mapisaga</i>	12.71 $\pm$ 0.8 b

Nota: Las letras iguales indican diferencias no significativas, las diferencias mínimas se calcularon con  $\alpha = 0.05$ , utilizando rangos de significancia de Student para pruebas de rango múltiple de Duncan con la metodología propuesta por Kramer (1956). N = 20 plantas para cada especie por localidad.

ferir 18 kg. de savia para el desarrollo del escapo floral (Nobel, 1994). A los agaves pulqueros se les impide el desarrollo del pedúnculo floral mediante el castrado para que la reserva de azúcares no se transfiera hacia la estructura floral; ya que es la base para el aprovechamiento de estos magueyes productores de aguamiel.

**Cuadro 5.** Comparación de tratamientos de daño foliar en *Agave salmiana*, en Providencia, Hidalgo ( $\bar{X} \pm D.E.$ ).

Tratamiento	Hojas desplegadas ( $\bar{X} \pm D.E.$ )
Testigo	7.73 $\pm$ 2.3 a
Picado	7.23 $\pm$ 1.6 ab
Semidesmixiotado	6.22 $\pm$ 2.0 bc
Desmixiotado y raspado	5.77 $\pm$ 1.7 c
Desmixiotado	5.36 $\pm$ 1.7 c
Despuntado	5.35 $\pm$ 1.7 c
Desmixiotado intenso	3.73 $\pm$ 1.2 d

Nota: Las letras iguales indican diferencias no significativas, las diferencias mínimas se calcularon con  $\alpha = 0.05$ , utilizando rangos de significancia de Student para pruebas de rango múltiple de Duncan con la metodología propuesta por Kramer (1956). N = 20 plantas por tratamiento.

**Cuadro 6.** Comparación de las hojas desarrolladas por mes, de especies de agaves en cultivo.

Especie	Hojas desplegadas/mes	Productividad (ton ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Referencia
<i>A. salmiana</i>	1	26	García-Moya y Nobel (1990); Nobel <i>et al.</i> (1992); José-Jacinto (1993)
	1	42	
<i>A. mapisaga</i>	1	25	García-Moya y Nobel (1990); Nobel <i>et al.</i> (1992); José-Jacinto (1993)
	1	38	
<i>A. fourcroydes</i>	2	15	Nobel (1985; 1988; 1990)
<i>A. angustifolia</i>	2	66.5	José-Jacinto (1995)
<i>A. tequilana</i>	5	25	Nobel y Valenzuela (1987)

El desarrollo de hojas nuevas en *A. salmiana* y *A. mapisaga* está estrechamente relacionada con el tipo de daño foliar al que fue sometido, no obstante los agaves intactos despliegan en promedio una hoja nueva por mes, lo que se considera bajo en comparación a otros agaves de importancia económica; sin embargo, el tamaño de la planta sumado a la eficiente bioproductividad, hacen de estos agaves los de mayor rendimiento agrícola después de *A. angustifolia* (cuadro 6).

Cabe resaltar que 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 reciente, que es el robo del *mixiote*. Por este motivo es indispensable adecuar la legislación vigente sobre el aprovechamiento del maguey pulquero; pues de él no sólo se aprovecha el aguamiel para la elaboración del pulque, sino que esta actividad no limita el que pueda fomentarse otros usos como: forraje, fibras, alimento, material para la construcción, hospederio para la cría de larvas comestibles, incluso el comercio del mixiote, que hagan más rentable este cultivo a los productores de maguey.

Actualmente existen técnicas para la selección de especies y variedades para obtener productos como: inulina industrial, levaduras de uso pecuario, jarabes de fructuosa, etc. (Tello y García-Moya, 1988). Además se cuenta con adelantos tecnológicos para realizar eficientemente las labores agrícolas; sin embargo, muchas de estas técnicas están fuera del alcance de los productores de maguey, por lo que no se pueden adoptar como una práctica usual por falta de dinero y asesoría.

#### Agradecimientos

A los Sres. Dionisio Palafox Caballero, Adán Cedeño Sosa, Ismael Almaraz y Cecilio González, por su ayuda en el trabajo de campo, al M. en C. Alfonso de la Rosa por su colaboración en el análisis estadístico y a un revisor anónimo por sus observaciones.

#### Literatura citada

- Anónimo. 1980. Decreto sobre Maguey. *Diario Oficial de la Federación*. Lunes 14 de julio.
- Anónimo. 1989. Bandas de mixioteros cortan a diario cientos de agaves. CIFMN. Sección Estados, *Excelsior*. Viernes 9 de julio.
- Barquet F.A., Escandón M.J. y Soberón M.E. 1976. Aspectos científicos actuales del problema del pulque en México. Tesis de licenciatura, UNAM, México, 103 pp.
- Barrios V. 1971. *A guide to tequila, mezcal and pulque*. Minutae Mexicana. México.
- Cisneros A.L.M. 1980. Entomofauna del maguey pulquero *Agave atrovirens* Karw. Tesis de licenciatura, UNAM, México, 72 pp.
- Galván V.R. 1988. Las familias Amaryllidaceae, Juncaceae y Liliaceae en el Valle de México. Tesis doctoral, ENCB-IPN, México, 348 pp.
- García-Moya E. y Nobel P.S. 1990. Leaf unfolding rates for pulque agaves in Mexico: responses to cuticle damaging. *Desert Plants* 10:55-57.
- Gayman W.S. 1984. Grupos sociales de la industria del pulque. Tesis de maestría, INAH, México, 320 pp.
- Gentry H.S. 1982. *Agaves of continental North America*. University of Arizona Press, Tucson, USA.
- INEGI. 1989. Síntesis geográfica, nomenclator y anexo car-

- tográfico del estado de México.
- José-Jacinto R. 1993. El crecimiento y las prácticas culturales de los agaves pulqueros del Valle de México. Tesis de licenciatura, UNAM, México, 82 pp.
- José-Jacinto R. 1995. Estimación de la productividad en *Agave angustifolia* Haw. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, México, 90 pp.
- Kramer C.Y. 1956. Extension of multiple range test of to group means with uniuqal numbers of replication. *Biometrics* **12**:307-310.
- Martínez E.S. 1986. Evaluación de las condiciones de cultivo del maguey pulquero (*Agave salmiana* L.) en la región 5 del estado de Hidalgo y áreas adyacentes. Tesis de licenciatura. UACH, México, 170 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, D.F.
- Nobel P.S. 1988. *Environmental biology of agaves and cacti*. Cambridge University Press, New York.
- Nobel P.S. 1990. Environmental influences on CO<sub>2</sub> uptake by agaves, CAM plants with high productivities. *Economic Botany* **44**:488-502.
- Nobel P.S. 1994. *Remarkable agaves and cacti*. Oxford University Press. Oxford.
- Nobel P.S., García-Moya E. y Quero E. 1992. High annual productivity of certain agaves and cacti under cultivation. *Plant, Cell and Environment* **15**:329-335.
- 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. *Physiologia Plantarum* **65**:397-404.
- Nobel P.S. y Quero E. 1986. Environmental productivity indices for a Chihuahuan desert CAM plant, *Agave lechuguilla*. *Ecology* **67**:1-11.
- Nobel P.S. y Valenzuela G.A. 1987. Environmental responses and productivity of CAM plant, *Agave tequilana*. *Agricultural and Forest Meteorology* **39**:319-334.
- 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, D.F.
- Ruvalcaba M.J. 1983. El maguey manso: historia y presente de Epazoyucan, Hidalgo. UACH. México.
- Tello B.J.J. y García-Moya E. 1988. El maguey (*Agave*, subgénero *Agave*) en el Altiplano Potosino-Zacatecano. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **48**:119-134.
- Valenzuela Z.A.G. 1995. La agroindustria del agave tequilero *Agave tequilana* Weber. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **57**:15-25.