

EL GENERO AGAVE SPP. EN MÉXICO: PRINCIPALES USOS DE IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA Y AGROECOLÓGICA

E. Javier García-Herrera, S. de Jesús Méndez-Gallegos, Daniel Talavera-Magaña
Profesores Investigadores. Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados. Iturbide No. 73. Salinas de Hidalgo, SLP.
MÉXICO. Tel/Fax: 01 496 96 30240
Correo-e: garciae@colpos.mx, jmendez@colpos.mx, tdaniel@colpos.mx

Resumen

Fenómenos como el cambio climático y la actual crisis financiera mundial resaltan la importancia de darle un manejo integral y sustentable a los recursos naturales, a fin de mantener el equilibrio en los agroecosistemas. En México los *Agaves* desde épocas precolombinas destacan en importancia por el uso de se les ha dado. Actualmente este recurso aunque con problemas en su uso y manejo, recobra vigencia desde el punto de vista socioeconómico y agroecológico por los beneficios que trae a los pobladores del medio rural y al medio ambiente donde se desarrolla. En el presente trabajo, como resultado de una investigación documental, se hace evidente la importancia de los *Agaves* por los múltiples usos de que es objeto. Asimismo, se muestran las bondades que tiene en su uso para el beneficio económico de los pobladores rurales con la elaboración de mezcal y la recolecta y producción de insectos comestibles y la alimentación del ganado, así como su manejo agroecológico al ser usado en la conservación de suelos para mantener el equilibrio del hábitat propio del entorno donde crece.

Palabras Clave: *Agaves, manejo agroecológico, elaboración de mezcal, insectos comestible, alimentación de ganado.*

Abstract

Phenomena such as climate change and the current global financial crisis highlighted the importance of giving an integral and sustainable natural resources management in order to maintain the balance in agroecosystems. In México the agaves from pre-columbian times highlights importance by the use of have been given. Currently this resource with problems in their use and management, regaining effective from the point of view agro-ecological and socio-economic benefits that brings the inhabitants of rural areas and the environment where develops. The present paper as a result of a documentary research becomes apparent the importance of the agaves by the multiple uses of which is the subject. Also show benefits which has in its use for profit from rural with the elaboration of mezcal villagers and collects it and production of edible insects and the feeding of livestock, as well as its agro-ecological to be used in the soil conservation to keep the balance of the environment of habitat where it grows.

Keywords: *Agaves, agro-ecological management, mezcal, edible insects, animal feeding.*

Introducción

Hoy en día el fenómeno de la globalización, el libre mercado, la actual caída del sistema financiero mundial así como los efectos de deterioro de los ecosistemas debido al cambio climático, ponen gran presión sobre los recursos naturales con que cuenta el planeta. Lo anterior plantea nuevos retos a la sociedad en su conjunto, siendo la población rural en el nivel local y microregional quien desempeña un papel primordial en el aprovechamiento y manejo agroecológico de los recursos naturales, lo cual constituye un renglón de gran importancia para el logro del desarrollo sustentable. Uno de los recursos que ha cobrado una importancia relevante, sobre todo en las comunidades de las zonas áridas y semiáridas que es donde mejor prospera, son las especies del género *Agave*. El maguey, como comúnmente se le conoce, se hace notar por la importancia que adquiere desde el punto de vista agroecológico y socioeconómico por los múltiples usos de que es objeto, dependiendo de la región donde se ubique, que van desde su empleo como leña hasta ornamental. La finalidad del presente trabajo es mostrar los usos de mayor relevancia socioeconómica y agroecológica que tiene el *Agave* en México, como son: la elaboración de mezcal, conservación de suelos, como forraje y la producción de insectos comestibles para la industria gastronómica.

Importancia y Aprovechamiento

Como ya se mencionó, el maguey representa uno de los recursos naturales de mayor importancia desde el punto de vista económico, social y agroecológico en México. La importancia del uso del maguey se remonta a la época prehispánica, cuando los pueblos indígenas del centro y norte del país encontraron en esta planta una fuente de materia prima para elaborar una gran cantidad de productos. Los principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica se muestran en el cuadro 1. Actualmente, en las diferentes regiones donde existen agaves, los usos, productos y parte de la planta que se utiliza, se muestran en el Cuadro 1 y 2.

Descripción de la Planta de Maguey

Taxonomía

Existen divergencias respecto a la posición taxonómica del maguey. El primer problema es definir a qué familia pertenece. En la taxonomía clásica se le ubica en la familia Amaryllidaceae, subfamilia Agavoideae. El género *Agave* es el más grande de esta familia, comprendiendo aproximadamente, doscientas setenta y cinco especies (Lawrence, 1951). Sin embargo, Hutchinson (1934) lo ubicó dentro del orden Agavales y específicamente en la familia Agavaceae, en donde se incluye el género *Agave*. Este género incluye, de la nomenclatura tradicional, géneros que pertenecen a la familia Liliacea y otros a la Amaryllidacea (Lawrence, 1951; Gómez P., 1963). En esta nomenclatura, el subgénero *Agave* lo integran 12 secciones con 82 especies, 21 subespecies y 23 variedades. En total 197 taxas (Gentry, 1982).

Cuadro 2. Principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica del *Agave* spp.

Usos	Producto	Parte de la planta
Alimentación	Azúcar	Tallo (piña)
	Guisos	Flores y frutos (cápsulas frescas)
	Dulce	
	Envolver barbacoa	Escapo floral (quiote)
	Mixiotes	Hojas
	Gusanos blancos,	Cutícula del cogollo
	Gusanos rojos (Chinicuilles)	Hojas
	Pan de pulque	Tallo (piña)
Bebidas	Tortillas	Perianto de flores + nixtamal
	Aguamiel, miel, atole de aguamiel, Pulque, Mezcal, Tequila, Sotol, Bacanora, Vinagre, Jarabe.	Tallo (piña)
Agrícola	Cerca viva	Planta completa
	Evitar erosión como formadora de suelo	Planta completa
	Abono orgánico (fertilizante)	Composta de hojas
Forraje	Planta líder de ecosistemas	Planta completa
	Bovinos, caprinos, porcinos	Hojas, escapos florales, flores y parte de la inflorescencia, bagazo.

Fuente: Centro de Propagación de Agave del Estado de Guanajuato.

Distribución

Los Agaves son plantas siempre verdes cuyas características fisiológicas y morfológicas les confieren una notable capacidad de adaptación a los ambientes más hostiles. Es precisamente en estos ambientes donde se desarrollan y multiplican fácilmente, proporcionando una productividad más alta que muchas de las plantas cultivadas utilizadas actualmente. El género *Agave* es originario de Mesoamérica, distribuyéndose desde los 34 ° Latitud Norte hasta los 60 ° Latitud Sur; coincidiendo en nuestro país el centro de origen con el centro de diversidad de especies.

Los *Agaves* son plantas que pueden encontrarse en gran diversidad de hábitats, desde los valles y planicies hasta cerros y laderas pedregosas, incluyendo lugares montañosos de gran altitud. Se desarrollan mejor, tanto a nivel individual como poblacional, sobre planicies extensas con suelos aluviales, de profundidad y textura medias y pH de neutro a ligeramente alcalino. Conviven también con variados tipos de vegetación, destacando entre otros: la vegetación xerófila, pastizales, matorrales, bosques, etc. Generalmente forma grupos o conglomerados dispersos dentro de la vegetación de pastizal y se le encuentra combinado con nopaleras y matorral micrófilo. Puede encontrarse lo mismo en sitios con altitudes de 300 msnm, que en lugares situados a más de 3000 msnm (Gentry, 1982).

México es considerado centro de origen y de diversidad de los agaves. No se tiene claro cuántas especies se han documentado actualmente, algunos autores mencionan que se han reconocido 166, otros 200 y algunos más mencionan hasta 273 , diferentes especies de agaves (magueyes) en el continente americano, distribuidas una pequeña parte de Estados Unidos, México, América Central y América del Sur. Se considera que el 75% de todas las especies se encuentran en nuestro país y 55% crecen exclusivamente aquí, lo que muestra la gran importancia biológica del territorio nacional para los agaves. (Granados,1993; Illsley *et al.* 2004; CONABIO, 2005).

Cuadro 2. Usos que se les da a varias especies de Agave, productos y parte de la planta empleada.

Construcción	Cercas, casas (jacales), corrales Tejas para cubrir techos de casas Canales para colectar agua de lluvia Materiales compuestos: resinas termoplásticas o termófilas + fibras	Escapo floral (quiote) Hojas Hojas Residuos de fibra
Fibras	Cordelería, jarcería y cestería (lazos, ropa domestica) Escobetillas y cepillos para limpieza con jabón incluido, Estropajos, tejido y vestuario	Fibras de hojas Raíces, fibras de hojas Fibras de hojas
Medicinal	Cura golpes y lesiones internas, falta de movimiento en miembros, prevención de escorbuto, sana heridas (antinflamatorio) Cura anemia	Hojas Mieles y pulque
Ornamental	Adornos corporales (aretes, collares) Adornos de Navidad Arcos florales En jardines, calles, camellones	Semillas Planta completa Fibras de las hojas Planta completa
Domestico	Jabón o detergente para trastes y ropa, shampoo, Macetas o recipientes para agua, Tapaderas de cazuelas, ollas o barriles Palillos para la extracción de gusanos comestibles Aguja incluyendo hilo para coser	Hojas, tallos y raíces Tallo (piña) Hojas y tallo (piña) Espina terminal de hojas Espina terminal más hebra de hoja
Otros usos	Industria química, farmacéutica, medicamentos y productos esteroides (saponinas) Productos de celulosa para papel Producción de etanol, celulosa y glucósidos	Hojas, raíces, tallo y semilla Hojas (pulpa y residuos de desfibramiento) Hojas (pulpa residuos del desfibramiento, bagazo, jugos)

Fuente: Centro de Propagación de Agave del Estado de Guanajuato.

Respecto a los magueyes mezcaleros, unas 20 especies o más, se encuentran en todos los estados de la República, excepto en Tabasco y la península de Yucatán, aunque en años recientes se ha hecho mezcal a partir del maguey henequenero. Unos pocos de los magueyes mezcaleros se cultivan, sobre todo el azul y el espadín, pero la mayoría son silvestres y prosperan particularmente en los bosques de pino,

los encinares, las selvas y los pastizales de las regiones templadas, aunque el mayor porcentaje, se concentra en las regiones áridas y semiáridas del país (Illsley *et al.* 2004).

Productividad del *Agave* spp.

Respecto a la productividad de los agaves Nobel y Meyer (1986) señalan que el Índice de Productividad Ambiental (IPA) proporciona una primera aproximación del efecto de los factores ambientales sobre la producción, y está determinado por el producto de los índices del potencial hídrico, la temperatura del aire y la radiación fotosintética activa, y señalan que la productividad de *A. salmiana* ssp. *crassispina* en el Altiplano Potosino-Zacatecano es de 1.05 kg· m² año⁻¹.

Propagación del Género *Agave*

De acuerdo con Gentry (1982), el género *Agave* se propaga por semilla, vástagos vegetativos y propágulos en la inflorescencia. Dependiendo de la especie, algunos se propagan solamente por semillas, otros por semillas y vástagos vegetativos, mientras que otros pueden propagarse por las tres formas. Al respecto Gómez-Pompa (1963) señala que en este Género los procesos de reproducción sexual están reducidos o no funcionan; sin embargo, Ruvalcaba (1983) señala que cuando se realiza este tipo de reproducción se puede obtener hasta 33 % de germinación. La forma común de propagación de los agaves cultivados es asexual, técnica que consiste en separar los vástagos (hijuelos, retoños o mecuates) que se derivan del rizoma que emite la planta madre después del primer año de plantación, los cuales, dependiendo de su tamaño son plantados en el terreno definitivo, o en el caso de ser pequeños, se mantienen en vivero por un período de 12 meses o más, hasta su plantación definitiva. Existen también otros métodos de propagación asexual (por rizomas, por secciones de tallo y por bulbillos apomícticos de la inflorescencia) pero no hay reportes que muestren datos comparativos entre estos sistemas y el tradicional.

Se ha hecho énfasis en la necesidad de programas de mejoramiento en agaves, con técnicas de propagación *in vitro*, donde se integren o simplemente se propaguen,

características deseables para el productor o la industria, tales como; precocidad, crecimiento rápido, hojas sin espinas (en bordes), más y mejor fibra (larga), mayor rendimiento en peso, mayor resistencia a sequía, humedad, enfermedades o alcalinidad, mayor contenido de azúcares reductores, etc.

Principales Usos del Maguey

Elaboración de Mezcal

Uno de los usos más relevantes que se le da a un número importante de especies de *Agave*, es su uso para la elaboración de mezcal. Esta es una actividad económica que es un eje potencial de desarrollo de las regiones productoras de agave. El maguey está disponible para su uso en la elaboración de mezcal cuando adquiere una edad entre los 7 y los 12 años, está en su punto de madurez fisiológica, lo cual depende de la especie y de las condiciones agroecológicas y ambientales a las que hayan sido expuestos. En este periodo el maguey llega a su madurez para iniciar su reproducción sexual que se caracteriza por la emisión del escapo floral o "quiotte". Esta etapa se caracteriza y se distingue físicamente porque las pencas son más delgadas y erguidas alrededor del cogollo, con espinas terminales de color negro brillante, pequeñas y delgadas, el maguey en esta fase es conocido como maguey quiotillo a acarrillado.

Capado o Castrado del maguey. Esta es de suma importancia, ya que de aquí depende de forma significativa la calidad del mezcal que se va a elaborar. Ya que si se cosecha el maguey tierno, antes de que llegue a su madurez fisiológica, tendrá pocos azúcares y dará poco rendimiento y el mezcal tendrá un mal sabor; igual si se cosecha un maguey que ha empezado la maduración y ya tiene los azúcares concentrados tendrá bajos rendimientos, mejorando el sabor. Lo óptimo es tener un maguey maduro capado que se deja **sazonar** por varios meses (hasta 6), lapso en que concentra los azúcares, lo cual redundará en tener el mejor rendimiento y los mezcales de mejor calidad y sabor.

El maguey bien castrado produce cabezas sanas y puede durar en el campo hasta alrededor de tres años; por el contrario, el que presenta deficiencias en la castración se muere poco a poco y rinde cabezas de mala calidad. Un maguey que no se castra oportunamente, cuando mucho tarda dos años en concluir su ciclo vital con el inicio de dispersión de sus semillas (Aguirre et al., 2001).

El capado consiste en cortar con un machete o cuchillo, primero algunas de las hojas para descubrir el cogollo o quiotillo (yema floral) y se facilite el castrado. Hecho lo anterior se corta transversalmente el cogollo a una altura entre 10 y 20 cm (esto depende de la especie y región –costumbres y tradiciones del capado-); de la cara del cogollo que se separa debe desprenderse su parte central; asimismo, la que queda en la planta debe presentar un orificio central. Luego se desprenden las hojas tiernas y la yema o primordia floral desde su base o inserción en la parte superior del tallo, también se retiran los residuos de tejidos hasta que el hueco o cajete quede limpio, con lo cual concluye la castración (Tello, 1988).

Sazón. Consiste en dejar que la planta acumule los azúcares, varía también de acuerdo a la especie, para Aguirre et al (2001) lo recomendable en *Agave salmiana* spp. *crassispina* es que dure de 18 a 24 meses, ya que el contenido de guisales tiende a reducirse. Para Weber dura 12 meses, en otras especies puede durar un sazón de 6 hasta 18 meses.

Desvirado a Jimado. Una vez que el maguey está en sazón, el siguiente paso es el desvirado (región altiplano potosino-zacatecano y norte) labrado (Oaxaca y Guerrero) o el jimado (*Agave tequilana* en Jalisco), este se realiza con una cuchilla o barra de fierro, o bien la coa de jima. Primero se cortan todas las hojas o pencas (en algunos lugares se deja la base de la hoja), luego con una barra se procede a tumbar la planta, esta acción consiste en desprender la cabeza en su parte basal, cortando el cuello (tallo) de la planta al ras del suelo. Una vez sacada la cabeza o piña, esta lista para subirse al camión para transportarse a la mezcalera o fábrica de mezcal.

En las diferentes regiones productoras de mezcal, el horneado y molienda de piñas se hace de diferentes maneras, tanto en forma artesanal como industrial. Enseguida se expone la forma artesanal como se hace en Oaxaca descrito por Illsley *et al.* (2004).

Producción Artesanal

Horneado o cocido de las piñas. El horno es un hoyo hecho en la tierra en forma de cono ancho. Su diámetro y profundidad determinan la cantidad de cabezas que le cabe, correspondiente también a la capacidad de las tinas de fermentación y de los destiladores. Existen hornos para tres y seis toneladas de maguey crudo. En el fondo del cono se deposita la leña, preferentemente de encino. Se enciende el fuego y se colocan sobre la leña las piedras luego se deposita una capa de palma o de bagazo seco de maguey, encima se pone el agave cortado en trozos. Encima del maguey va otra capa de palma o bagazo seco para detener una capa de tierra que servirá de aislante del calor al horno, el cual queda cerrado de tres a cinco días. El fin del horneado es, producir los azúcares sencillos que serán fácilmente convertidos en alcohol en la fermentación, el paso siguiente en la producción del mezcal.

Molienda de las piñas. En algunos lugares de Oaxaca y en Guerrero se hace la molienda a mano con un mazo y en *canoas* de madera. El maguey cocido se corta en pedazos no mayores de diez centímetros, se pasa a la canoa y se golpea, con lo que parte del material dulce sale de la canoa.

Fermentación del mosto. Se lleva a cabo en tinas de madera de hasta una tonelada de capacidad. En ellas, dependiendo de la temperatura ambiente, se deja el maguey molido de dos a tres días, hasta que las tinas se calientan. En este momento se agrega agua hasta alcanzar un 90% del volumen de la tina, y se mezcla con el maguey para formar una solución azucarada de 7 a 8 **grados Brix** (°Bx). Dependiendo del clima de la región y del tipo de **inducción**, se deja reposar de dos a ocho días hasta que los azúcares se hayan transformado en alcohol y sustancias similares. La fermentación natural se logra sin agregarle nada al mosto. En la fermentación inducida se le agrega al agave molido un paquete de microorganismos

benéficos, llamado **inóculo de fermentación**, o bien sales con nitrógeno, como la urea, que favorecen el desarrollo de los microorganismos ya presentes en el mosto.

Destilación. Se efectúa en alambiques de cobre tipo batch en cantidades de 250 a 400 litros; cada postura dura de seis a ocho horas. El alambique de cobre está constituido por una olla contenedora dentro de un hogar de piedras y adobe, una montera, un turbante y el serpentín, que está en el interior de un tanque de enfriamiento hecho de concreto. La olla de destilación se calienta con leña, y se recoge el destilado en recipientes de cobre o acero inoxidable de 25 litros.

Producción Industrial

La producción industrial a gran escala, con la tecnología más avanzada, es la que se emplea en la elaboración del tequila, sobre todo en los estados que tienen la denominación de origen, incidiendo también en los estados que producen mezcal a partir de *Agave tequilana* Weber. La producción industrial de mezcal en el altiplano potosino-zacatecano, se continúa realizando con la tecnología tradicional en las fábricas de las haciendas. Cabe mencionar que se tiene la denominación de origen Mezcal. Morales y Esparza (2002), describen el proceso de la siguiente manera:

Cocimiento, molienda y prensado del agave. Las piñas se cosen en hornos circulares de mampostería de unos 6 m de alto y 2.50 m de diámetro, estando la mitad del horno bajo del nivel del suelo. Al ras del suelo el horno tiene una parrilla de madera sobre la cual se coloca el maguey para su cocimiento. De manera opuesta existen dos puertas por donde entran los cargadores para ir acomodando las piñas; en la parte superior existe un agujero de un metro de diámetro aproximadamente por el cual se recarga el horno al mermar el material una vez que inicia su cocimiento. En la parte inferior cada horno cuenta con un caño revestido de ladrillo para conducir las mieles que escurren durante el cocimiento del maguey. La capacidad de estos hornos oscila entre las 40 y 60 toneladas, siendo común que una fábrica cuente con 3 o 6 hornos agrupados en hilera; para acceder a la parte superior de dicho conjunto se tiene una rampa por donde suben los camiones para el relleno de los hornos con piñas.

Con el horno lleno se sellan las puertas laterales y la ventana superior para que mediante una tubería subterránea se aplique vapor de agua generado en una caldera. Este proceso requiere dejar las piñas durante tres días a vapor para lograr la hidrólisis de los almidones y que se conviertan en glucosa y fructuosa. A las piñas ya cocidas se les llama mezcal y pueden ser comidas como un postre dulce. Las mieles que escurren durante el cocimiento se conocen como “guishe”, se recolectan y se terminan de cocer en una tina de cemento a la cual se le inyecta vapor mediante un serpentín de cobre, posteriormente se mezclan con el mosto extraído de las piñas cocidas y se fermentan. Luego las piñas se someten a molinos de piedra llamados tahonas que consisten de una gran rueda movida por animales o con algún motor; en el fondo del molino se encuentra un canal subterráneo por donde se conduce el jugo hasta una tina de lavado.

Fermentación y destilación del agave. Tradicionalmente la fermentación se lleva a cabo en tinas de madera rectangulares con capacidad para 2.5 metros cúbicos. En el fondo de estas “cubas” se tiene una abertura cuadrangular cerrada por una tapa de madera que sirve para descargar el líquido fermentado. En cada fábrica se cuenta con tres o cuatro tinas de madera redondas donde se tiene “píe” de fermento, el cual es agregado a las tinas de fermentación para inocular el mosto con bacterias que transforman los azúcares en alcohol. El proceso de fermentación dura 3 días, después de lo cual queda una espuma sobre la superficie del líquido fermentado y los azúcares se han convertido en alcohol. Luego se procede al destilado en alambiques de cobre.

Envasado y comercialización. La venta del mezcal se hace a granel en expendios y tiendas de licores, parte se comercializa en cantinas que compran a granel y lo sirven en copas. Otra parte del mezcal se envía a otros estados para que sea envasado. En general las haciendas cuentan con barricas y pipones de madera para reposar y añejar mezcal, se tienen varias presentaciones de mezcal joven y reposado en botellas debidamente etiquetadas.

Producción de Insectos Comestibles

Alrededor del mundo existen más de 1,400 especies de insectos comestibles; tan sólo en México hay 398 especies que son consumidas en diferentes lugares y en diferentes etapas del ciclo biológico (huevo, larva, ninfa, pupa, adulto). En los ecosistemas agroecológicos de las zonas áridas y semiáridas abundan las magueyeras, uno de los usos asociado a estas es que se emplean como **sustrato para la producción de insectos comestibles**, entre los cuales se encuentran, principalmente los siguientes:

Escamoles (*Liometopum apiculatum* M.). La palabra escamol proviene del náhuatl "Azcamolli" y significa "guiso de hormiga" (azcatl=hormiga y milli=guiso). Los escamoles son las larvas de la hormiga *Liometopun apiculatum* y *Liometopum occidentale*, y han sido consumidos desde la época prehispánica por grupos étnicos como los mazahuas, chichimecas, aztecas, otomíes, etc. Considerado como un platillo exótico, la importancia de estos insectos radica en su alto valor nutritivo por ser fuente de proteínas y carbohidratos y, por ser una fuente importante de trabajo e ingresos para los pobladores de las zonas áridas y semiáridas donde se recolectan. El manejo para recolección es sustentable y benéfico para el entorno donde se produce. En la organización social de la hormiga escamolera existen tres castas: las obreras y soldados, las reinas y los machos. El ciclo biológico de *Liometopum apiculatum* se compone de cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto.

Las hormigas escamoleras son omnívoras, ya que su alimentación es muy variada: comen semillas y frutos, polen de flores de maguey, palo loco y palmas, el jugo de las raíces, además de larvas de mariposas y avispas, y adultos de casi cualquier tipo de insecto; algunas poblaciones consumen las secreciones azucaradas de pulgones con los que establecen relaciones simbióticas.

La hormiga escamolera. Se distribuye en México en los estados de Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Tlaxcala, Estado de México, Puebla, Guanajuato, Distrito Federal y en el altiplano potosino-zacatecano. Se desarrollan preferentemente en

laderas con pendientes suaves, orientadas hacia el este. Se les encuentra en potreros, agostaderos y milpas, ya sea en terrenos pedregosos o con poca roca. El hábitat de la hormiga escamolera se compone de vegetación de tipo xerófito, con matorral espinoso, micrófilo y crasicaule.

Anidan bajo las raíces de magueyes, nopales, yucas, lechuguillas, palo loco, pirules, encinos, enebros, mezquites y garambullos. Requieren de poca agua y su alimentación es a base de hojas, semillas, flores, frutos, insectos y otros animales muertos. Estas hormigas establecen relaciones simbióticas con homópteros como coccidos y áfidos, a los cuales protegen y cuidan y a su vez, se alimentan de las secreciones de estos. Una colonia puede abarcar áreas de hasta 150 m². Forrajean mayormente durante la noche. La reproducción de las hormigas es anual, y se requiere del periodo de lluvias para que se realice el vuelo nupcial, donde la reina se aparea con los machos alados, los cuales mueren después de fecundarla. La trabécula o nido se construye lentamente con ramas, pasto, tierra y saliva de las hormigas, por lo que es importante no destruirlas, ya que si un nido se queda sin trabécula, las hormigas tardarán más en construir una nueva y esto será en detrimento de la producción.

Cada nido produce hasta cuatro kilos de escamoles durante el año. La recolección se hace una vez al año, durante los meses de marzo, abril y mayo. Una vez localizado el nido los recolectores excavan, los nidos se encuentran debajo de mezquites, magueyes o rocas, a profundidades variables que van desde medio metro hasta más de un metro. Los escamoles poseen un alto valor nutritivo, ya que contienen más del 60 % de proteína, además de grasas, vitaminas y minerales.

La recolección de escamoles constituye una derrama económica importante, para la industria restaurantera, ya que por ser un alimento de alta calidad nutritiva y un delicado sabor, es considerado como un platillo de alta cocina. El consumo de escamoles se realiza principalmente en grandes ciudades del país como el Distrito Federal y la zona metropolitana, además de los estados de Puebla, Tlaxcala, Morelos, Hidalgo, Estado de México, y en el extranjero en ciudades como Nueva

York, Tokio, San Francisco, etc. Los escamoles alcanzan precios muy altos en el mercado, ya que un platillo con 60 g de escamoles alcanza un precio de venta de \$199.00 pesos.

Gusano Blanco (*Acentrocneme hesperiaris*). Este insecto, tiene un alto valor alimenticio y económico por los ingresos que tienen las familias que se dedican a su recolección. Es un alimento muy apreciado no solo en México sino en Norteamérica y Europa por su exquisito sabor. Se distribuye y extrae en los estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Veracruz, Querétaro, Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla. Se recolecta durante los meses de mayo a junio. Para su extracción, una vez identificados los magueyes por los síntomas visuales de marchitamiento que presentan en las pencas, o bien por el excremento del gusano que se deposita en el exterior de las pencas (secreciones gomosas). Con machete se cortan las pencas y se detecta la galería, se ubica el insecto y se extrae con una aguja de gancho, luego se deposita en un recipiente. Las pencas cortadas se pueden aprovechar como forraje para el ganado. El principal mercado de este insecto es la industria restaurantera del Distrito Federal, el precio que se tiene es de entre 180.00 y 200.00 kg⁻¹. En refrigeración se puede conservar de 4 a 6 meses. Se consumen asados con sal y limos, o preparados en diferentes guisos. (Morales y Esparza, 2002).

Gusano Rojo (*Hypopta agavis* B.). Es llamado "chinicuil", este causa severos daños al maguey. El estado larval lo pasa en la piña del maguey, la cual, si el daño es severo puede no ser utilizada para producir mezcal, ya que puede producir su muerte. Se recolecta en los meses de septiembre; las plantas donde se ubica presentan falta de vigor un color amarillento en la punta de las pencas. El gusano se extrae cortando la planta desde la base con pico o machete, los gusanos que expuestos (de 15 a 30 por maguey) y se colectan manualmente, depositándose en un recipiente. Se consume frito o molido para hacer salsas; es el distintivo de los mezcales, ya que se le deposita en el envase de estos dándole el carácter místico y exótico a la bebida. (Morales y Esparza, 2002).

Uso en la Conservación de Suelos

La conservación de los recursos naturales hoy en día es una actividad de primer orden, en la agenda del desarrollo sustentable. México tiene un territorio muy heterogéneo en cuanto a su fisiografía, de tal forma que en la región sur-sureste acusa una fuerte erosión del suelo por escorrentías sobre todo en laderas donde se practica la agricultura. También se sabe que el 50% del territorio son zonas áridas y semiáridas que sufren de pérdidas de suelo por erosión eólica. Los agaves (magueyes) son un recurso que en algunas regiones presenta sobreexplotación o bien un manejo inadecuado del mismo que ocasiona daños en el hábitat donde crece, deteriorando nichos de vegetación endémica y por ende provocando la erosión del suelo. Este es uno de los factores más importantes que determinan la productividad y sostenibilidad agrícola de las áreas de ladera. Los atributos físicos, químicos y biológicos del suelo, que favorecen el crecimiento y rendimiento de las plantas, pueden ser severamente minimizados por la erosión y, por consiguiente, amenazar la sostenibilidad de la agricultura. Algunos trabajos de investigación dan idea de ciertas prácticas agroecológicas necesarias para conservar el recurso.

Cobertera de agave en laderas. En Oaxaca Olvera *et al.* (2000), determinaron que en pendientes desde 10 hasta >40 % con riesgo de erosión, existe una especie de agave nativo para ser utilizado como línea intermedia para la formación paulatina de terrazas. Se realizó muestreo de suelos de dos parcelas con agave-maíz y pendientes de 40-60 y 12 %. Los resultados experimentales de campo identifican los principales beneficios: mejoramiento de pH, mantenimiento de niveles de retención de microelementos y aumento de Fósforo, Potasio y M.O. disponibles, reducción de azolves para la parte baja de la subcuenca, alimento de sostenimiento para ganado y generador de ingresos marginales al cultivo de maíz entre otros. Los modelos desarrollados con la fórmula de Young son aplicables a todo el país.

Otro trabajo desarrollado por Ruiz *et al.* (2001), mencionan que en Oaxaca se evaluaron coberteras vegetales para la reducción de la erosión y conservación de la humedad, así como especies con potencial para barreras vivas a diferentes altitudes.

Dentro de las especies con potencial para barrera viva a diferentes altitudes del nivel del mar se identificaron a la higuera y nopal tunero (1500 a 1700 m), maguey mezcalero (1600 a 1800 m), pasto vetiver (1700 a 200 m) y durazno criollo (2000 a 2200 m). El maguey prosperó bien a una distancia entre plantas de 100 cm, ya que en cuatro meses incremento su altura en 23 cm superando ampliamente la altura de 13 cm de la leucaena. Los productores prefieren especies que además de proteger el suelo les proporcionan alimento o un ingreso extra. El establecimiento de cultivos con labranza de conservación combinado con barreras vivas de especies con buen crecimiento como el maguey, se muestra como una alternativa viable para el manejo de suelos bajo el sistema de roza-tumba-quema.

Rodríguez *et al.* (2005) determinaron, que el sistema de cultivo de maíz criollo mejorado en intercalación con agave mezcalero bajo el sistema de curvas de nivel y muros vivos, es factible técnica y económicamente para áreas sin disponibilidad de agua para riego en lomeríos degradados de las microcuencas en estudio. Con la implementación de estos sistemas de cultivo en la superficie cultivable de la microcuenca, catalogada como de alto riesgo de erosión, permitiría disminuir la pérdida de suelo entre 861 y 957 toneladas por año.

Manejo de poblaciones silvestres de Agave. En el altiplano Potosino-Zacatecano, se aprovecha el "maguey verde" (*Agave salmiana* ssp. *crassispina*), como materia prima para la elaboración de pulque y mezcal, alimento para el ganado y material combustible. En los últimos años se ha intensificado su aprovechamiento, lo que puede ocasionar alteraciones ecológicas severas en los ecosistemas. Mediante el uso de SIG y un muestreo forestal se han cuantificado algunos atributos ecológicos como el grado de abundancia, la riqueza específica, el índice de diversidad y un índice de cobertura de las poblaciones y comunidades vegetales en las que habita el maguey en un predio ejidal de la región donde actualmente se realiza aprovechamiento.

Los resultados de acuerdo a Martínez-Salvador *et al.* (2004), muestran que el agave se distribuye en el 84 % del predio, y se han diferenciado tres estratos con diferente

densidad. En el primero (2, 488 ha) la densidad media es de 1,837 magueyes/ha que conviven con 24 especies, las cuales cubren el 35 % del suelo; el segundo estrato es de 802 ha donde el promedio de magueyes/ha es de 1,103 conviviendo con 15 especies las cuales logran cubrir el 24 % del suelo, mientras que en el estrato tres 7,604 ha tienen en promedio 167 magueyes/ha, y en ella habitan 16 especies más que logran cubrir el 34 % del suelo.

En la mayor parte de la superficie (estrato tres) la densidad de maguey es baja, por lo que es recomendable proteger los agaves pre-reproductivos, la producción vegetativa mediante la producción de vástagos es determinante en el mantenimiento de las poblaciones de maguey, y constituye el único medio seguro de producción de nuevas plantas ante la baja viabilidad de las semillas en condiciones silvestres, lo cual de acuerdo con García (1988) es mejor en sustrato ígneo. Por su parte Tello (1998) ha identificado que son los magueyes de tamaño intermedios los de mayor aporte por su alta densidad. En la mayor parte del predio estudiado, la protección del suelo por cobertura vegetal es menor al 35%, por lo que se trata de ecosistemas frágiles con alto porcentaje de suelo desnudo expuesto a diversos factores erosivos, ya que el grado de cobertura disminuye a medida que disminuye la densidad de agaves por hectárea. Es recomendable que el aprovechamiento del maguey verde se complemente con programas de plantación que propicien la conservación de la especie y disminuyan los impactos sobre el suelo.

Uso como Forraje

La importancia socioeconómica y agroecológica del maguey se hace evidente en el uso que se le da como forraje para la alimentación del ganado. Constituye una de las mejores opciones forrajeras, debido a la alta eficiencia en el uso del agua y a la adaptación del recurso a diferentes hábitats, sobre todo en las zonas semidesérticas. Del agave se utilizan las hojas e incluso la piña para darlo como suplemento a los animales ya que les proporcionan: altos niveles de energía digestible, minerales y agua, los cuales cubren los requisitos de mantenimiento y producción de ganado. Se hace notar que para lograr obtener el beneficio del potencial de su alta digestibilidad,

es necesario suplementar con nitrógeno (N, mismo que las bacterias del rumen necesitan para digerir la fibra. Los ganaderos acostumbran picarlo en el campo o en el corral y combinarlo con otras fuentes de alimentos como los residuos de cosecha. Con esta práctica se reduce la tasa de mortalidad de ganado, se reduce el consumo de agua, se reduce la compra de forraje, pudiéndose tener mayor carga animal en los predios, así como una mejor distribución y consumo de sales minerales lo que redundaría en una mejor condición física del ganado.

También el agave usado como forraje para rumiantes, tiene importancia por su alta productividad, su empleo en periodos críticos del año (estiaje) y sus ventajas nutrimentales, como son su alto contenido de azúcares, material mineral y fibra cruda, lo cual se aprovecha si se emplea una base regular de alimentación del ganado durante todo el año. El agave, con una densidad de 750 plantas/ha tiene una productividad de 55 toneladas de forraje fresco (6.1 ton de materia seca). (Martínez, 1994). Comparándolo con el nopal con 1,250 plantas ha⁻¹, produce 32 toneladas de forraje fresco (3.5 t de materia seca) (Hamilton, 1992).

Se ha comprobado que la alimentación de borregos con bagazo de maguey (*Agave tequilana*), combinado con rastrojo de maíz, suplementado con rastrojo de soya y harina de pescado o harinolina (proteína cruda), permite a los animales mantener su peso durante la época de escasez de alimentos, logrando acortar el tiempo para llegar al peso de mercado, además de mantener la fertilidad de las hembras.

Calidad forrajera del maguey. Esta depende de la parte que sea utilizada, aunque el uso más común son las hojas. En hojas de *Agave salmiana* se determinó por electroforesis que los niveles de minerales como Ca, Mg, Zn, Fe y Cu, satisfacen los requerimientos diarios de ganado lechero (Silos *et al.*, 2005). En animales con raciones bien formuladas, donde se combinan diversos alimentos para que se logre una óptima digestión, hay una digestibilidad del maguey arriba del 80 %, dependiendo de la parte de la planta (penca, piña, y quiote), de su edad y del estado fisiológico. Así, el ensilaje del maguey es una opción práctica para administrarlo finamente picado y apropiadamente balanceado.

De acuerdo con Pinos-Rodríguez *et al.* (2008), la parte superior y baja de las hojas de *Agave salmiana* son buena fuente de carbohidratos solubles. Sin embargo tiene bajos contenidos de proteína cruda por lo cual es necesario un complemento proteínico. *Agave salmiana* ensilado disminuye su concentración de saponinas, teniendo una fermentación aceptable. El análisis de la composición química sugiere que las plantas maduras (piña) y los brotes son los estados más deseables del Agave para ser usado como forraje para rumiantes. En estudios recientes Zamudio *et al.* (2009), menciona que la combinación de agave-alfalfa mejora la calidad nutricional, la digestibilidad ruminal permitiendo el ensilado de agave; la inclusión de alfalfa mejora las características nutricionales del ensilado de agave para rumiantes.

Conclusiones

Aún cuando el recurso muestre signos de agotamiento y sobreexplotación en algunas regiones, por prácticas inadecuadas en su manejo y falta de planeación, los agaves son vistos por productores, empresarios y gobiernos municipales y estatales como un recurso de gran importancia socioeconómica y agroecológica, ya que en muchas de las actividades que se realizan para recuperar suelos o bien evitar tanto la erosión eólica como hídrica se utiliza el maguey, de igual forma para la alimentación del ganado como suplemento y para la elaboración de mezcal. Hay especies de agave en peligro de extinción, lo cual hace necesario establecer políticas públicas que marquen un orden en el manejo del recurso y se le dé la importancia que requieren los *Agaves* de México.

Bibliografía

- Aguirre, R. J. R; H. Charcas, S. y J. L. Flores, F. 2001. El Maguey mezcalero potosino. Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, UASLP.
- Catarina Illsley Granich. *et al.* 2004. Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros. Grupo de Estudios Ambientales A.C., CONABIO. Rainforest Alliance. Fundación Ford. SSS Sanzekan Tinemi.
- CONABIO, 2005. Mapa Mezcales y Diversidad. © Conabio, México.

- García Herrera, E. J. 1988. Caracterización agroecológica y evaluación de plantaciones tradicionales de maguey (*Agave salmiana* Otto ex. Salm. ssp. *crassispina* (Trel.) Gentry) en la región Pinos, Zacatecas. México. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zac. 92 p.
- Gentry, Howard Scott. 1982. Agaves of continental North America. The University of Arizona Press, Tucson, Az. U.S.A. 670 p.
- Granados S., D. 1993. Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Gómez-Pompa, M. 1963. El género Agave: Cactaceas y suculentas Mexicanas, 8(1):3-28, México.
- Hamilton, J.R. 1992. Planting and cultivating native cactus for cattle feed and wildlife utilization in south Texas. Proc. Third Annual Prickly Pear Council Convention. Kongsville, TX. USA.
- Hutchinson, J. 1979. The families of flowering plants. Third de. Oxford University Press, West Germany. 968 p.
- Lawrence, H.M.G. 1951. Taxonomy of vascular plants. McMillan Publishing., Co; Inc. New York.
- Martín Martínez-Salvador, Manuel Alarcón Bustamante, Pedro Juárez Tapia, Alfredo Ortega Rubio, Ricardo David Valdez Cepeda. 2004. Atributos ecológicos de las comunidades vegetales en las que habita el "maguey verde" (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dick ssp. *crassispina* (Trel) Gentry) en el sureste de Zacatecas, Méx. Memorias. IV Simposio Internacional Sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. UACH-UNISON. Delicias, Chihuahua.
- Martínez, C.J. 1994. Valor nutricional de dos especies de maguey (*Agave atrovirens* Karw) y (*Agave salmiana*) en el sur del estado de Coahuila. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio narro. Saltillo, Coahuila. México.
- Morales Carrillo N. y Esparza Frausto G. 2002. Plan Estratégico de Desarrollo para la Región agavera del Sureste de Zacatecas. Secretaría de Economía. Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Zacatecas. Secretaría de Desarrollo Económico de Zacatecas. Centro Regional Universitario Norte de la Universidad autónoma de Chapingo.
- Nobel, D. S. y Meyer S. E. 1986. Field productivity of a CAM plant, *Agave salmiana* estimated using daily acidity changes under various environmental conditions. *Physiology Plant.* 65:397-404.

- Olvera Salgado M.D. et al. 2000. Modelos tipo y beneficios de las líneas vegetativas intermedias en suelos de ladera. X Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 4. Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas. Chihuahua, Chihuahua, México, 16-18 de agosto de 2000. ANEI. A.C. ANEI-S40008.
- Pinos-Rodríguez, J.M., M. Zamudio and S.S. González. 2008. The effect of planta age on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. Souht African Journal of Animal Science. 38 (1). Instituto de investigación de Zonas desérticas de la UASLP.
- Reyes A., J.A. 1987. Evaluación de plantaciones de maguey mezcalero (*Agave salmiana* Otto ex Salm., ssp. *crassispina* (Trel.) Gentry) en el municipio de Pinos, Zac., México. Tesis profesional. Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México.
- Rodríguez et al. 2005. Chile de agua con duraznos y maíz con agave mezcalero, dos sistemas de cultivo alternativos para laderas degradadas en Oaxaca. México. ISBN 959-250-156-4.
- Ruiz V. J., M Bravo E. G. Loaeza R. 2001. Cubiertas vegetales y barreras vivas: Tecnologías con potencial para reducir la erosión en Oaxaca, México. TERRA Latinoamericana, enero-marzo, año/vol. 19, número 001. Universidad autónoma de Chapingo. Chapingo México. Pp. 89-95.
- Silos E.H., N. González C., A. Carrillo L., F. Guevara L., M.E. Valverde G. y O. Paredes L. 2005. Composición química de aguamiel y pencas de *Agave salmiana* Gentry. V Congreso del Noroeste, I Nacional, en Ciencias Alimentarias y Biotecnología Centro de las Artes de la Universidad de Sonora Hermosillo.
- Tello B., J.J. 1988. Análisis gráfico tabular de dos poblaciones silvestres de maguey mezcalero (*Agave salmiana* Otto ex Salm., ssp. *crassispina* (Trel.) Gentry) en el Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Centro de Botánica. México. 123 p.
- Zamudio, D.M. J.M. Pinos-Rodríguez, S.S. González, P.H. Robinson d, J.C. García, O. Montañez. 2009. Effects of *Agave salmiana* Otto Ex Salm-Dyck silage as forage on ruminal fermentation and growth in goats. ScienceDirect. Animal Feed Science and Technology. Elsevier. 148: 1-11.