



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

*Agave macroculmis*, Consideraciones para su Aprovechamiento

Por:

**BRISA LÓPEZ COLUNGA**

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada

M.C. Héctor Darío González López

Asesor Principal

M.C. José Armando Nájera Castro

Coasesor

Ing. Tomás Antonio Belmares Reyes

Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinación  
División de Agronomía

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2015

## **DEDICATORIA**

Inicio dedicando, no este trabajo, sino lo que significa, a mi madre, María Macaria Colunga López, claro que pude haberlo logrado sin su ayuda, pero no habría sido lo mismo, con usted siempre ha sido mejor (que no es igual a fácil) la vida. Le agradezco cada cosa que ha hecho para que yo pueda escribir el punto final de este documento.

A mi padre, Aureliano López Herrera †, que aunque sé que no puede leerme, en vida creyó en mí en todo momento y movió cielo mar y tierra para que viera el mundo de mejor manera. ¡Va para usted papi!

A mis hermanas, Paloma, Caracolito y Primavera, porque tan especiales son sus nombres, como especiales son ellas.

Y a ti, David, no creas que no te iba a incluir, te dedico éste y cada uno de mis logros, seguiremos creciendo juntos y este es solo el comienzo.

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres, pues no me canso de agradecerles, madre: ¿para eso me enseñó a escribir cartitas?, pues lo hizo bien. Pá, como quisiera que escuchara el gracias...igual se lo digo ¡muchísimas gracias!

A mi Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que todos estos años me soportó de revoltosa en sus pasillos.

A los miembros del comité evaluador, M.C. José Armando Nájera Castro, por su pronta ayuda y respuesta para que esto fuera posible, al Ing. Tomas Reyes Belmares, quien no dudó ni un segundo en tenderme la mano, y muy especialmente al M.C. Héctor Darío González López, no solo por este documento, sino por todo el apoyo que me brindó a lo largo de la carrera, profesor: gracias por creer en mí, a veces más que yo misma.

A cada profesor de la universidad del que me haya llevado algo bueno.

A Angelillo, porque aguanto que lo metiéramos a la fuerza a la familia.

A mi familia, la extendida, en especial mi prima Karla, que en el momento más difícil de mi vida, me dejó derrumbarme, sosteniendo ella lo que caía. Gracias.

¡A mis calas!:

Aviday, por todo, pero más por los tacos de spaguetti.

Celso, gracias por quedarte despierto conmigo.

Jorge, gracias por dormirte y hacernos reír con ello

Eliud, gracias por los mejores planes sin sentido.

Alejandro, gracias por las caras que nos obligaban a tomar buenas bebidas.

A mis demás amigos, no se enojen si no los anotó, ya saben cómo trabajo (sí, ruego porque me alcance el tiempo), Abi, Euni, Uvas, Pez, ¡Ari!

A mi otra familia, los Arguello Alba, porque me han abierto las puertas de su casa, por su Internet, por literalmente alimentarme..., por soportar que juegue duelos de pistolas en su casa, por la sopa en el hospital...gracias por todo.

Y de nuevo a ti, Arguello, gracias por estar en lo próspero y en lo adverso, así como si fueran nuestros votos.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos .....	3
2. METODOLOGÍA.....	4
3. <i>Agave macroculmis</i> .....	6
3.1. Origen y antecedentes históricos .....	6
3.2. Descripción de la especie .....	7
3.2.1. Taxonomía y nombres comunes.....	7
3.2.2. Caracterización botánica .....	8
3.2.3. Metabolismo .....	10
3.2.4. Reproducción.....	10
3.2.5. Plagas y enfermedades .....	11
3.2.6. Distribución.....	14
3.2.7. Asociación vegetal.....	15
3.2.8. Fauna silvestre asociada .....	16
3.2.9. Requerimientos ambientales .....	17
3.2.9.1. Suelo.....	17
3.2.9.2. Clima.....	18
4. APROVECHAMIENTO .....	18
4.1. Estatus .....	18
4.2. Usos.....	18
4.2.1. Aguamiel.....	20
4.2.2. Pulque .....	21

4.2.3.	Mezcal .....	25
4.2.4.	Quiote .....	28
4.2.5.	Forraje .....	29
4.3.	Problemática .....	31
4.3.1.	Propia de la especie .....	31
4.3.2.	Relación con el manejo de la densidad .....	31
4.4.	Marco normativo .....	34
4.4.1.	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable .....	34
4.4.2.	Reglamento de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable.....	34
4.4.3.	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	37
4.4.3.1.	NOM-008-RECNAT-1996.....	37
4.4.3.2.	NOM-005-RECNAT-1997.....	39
4.4.3.3.	NOM-007-RECNAT-1997.....	40
4.4.4.	Ley General de vida silvestre.....	41
4.4.5.	PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012.....	43
4.5.	Criterios para el aprovechamiento .....	43
4.5.1.	Sistemas de manejo .....	43
4.5.1.1.	Sistema de Monte .....	44
4.5.1.2.	Sistemas agroecológicos .....	46
4.5.2.	Determinación de la madurez de cosecha.....	50
4.5.3.	Inventario de manejo .....	51
4.5.3.1.	Diseño de muestreo .....	51
4.5.3.2.	Determinación de existencias reales.....	53
5.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	56
6.	LITERATURA CITADA .....	59

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Fauna asociada a <i>A. macroculmis</i> (elaboración propia con datos de Castillo y Treviño, 2007).....	16
Cuadro 2 Usos tradicionales de los magueyes en México (modificado de Flores et al., 2008).....	19
Cuadro 3 Concentraciones de etanol para las cuatro diferentes etapas de fermentación, obtenidas mediante espectroscopia de gases (Abarca, 2010).....	24
Cuadro 4 Especies listadas en la NOM-070-SCFI-1994 (Elaboración propia con datos de la NOM-070-SCFI-1994).....	28
Cuadro 5 Ventajas y desventajas de la aplicación del sistema de manejo tradicional de monte (elaboración propia con datos de Illsey, 2003).....	45
Cuadro 6 Ventajas y desventajas de la aplicación del sistema de manejo tradicional agroecológico de semilla regada (elaboración propia con datos de Illsey, 2003).....	47
Cuadro 7 Ventajas y desventajas de la aplicación del sistema de manejo tradicional agroecológico de producción de planta en vivero y repoblamiento (elaboración propia con datos de Illsey, 2003).	50
Cuadro 8 Categorización del maguey con base en etapas de desarrollo (elaboración propia con datos de Morales et al., 2002).....	51
Cuadro 9 Características del diseño de muestreo de maguey silvestre (elaboración propia con datos de Illsey, 2003 y Morales et al. 2002).....	53
Cuadro 10 Número de fuentes por tema.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1	Algoritmo para la selección de información..... 5
Figura 2	Relaciones taxonómicas de los agaves dentro de las angiospermas (elaboración propia con base en Cronquist, 1981 citado por Granados, 1993)..... 8
Figura 3	Características morfológicas de <i>Agave macroculmis</i> (Sparr, 2012)..... 9
Figura 4	Fotografía de muestra botánica, <i>Agave macroculmis</i> (IREKANI, sin fecha)..... 9
Figura 5	Daño por frío en agave (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011)..... 12
Figura 6	Daño por antracnosis (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011)..... 12
Figura 7	Gorgojo del agave adulto (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011)..... 13
Figura 8	Daño por gorgojo del agave (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011)..... 13
Figura 9	Chinche <i>Caulotops Barberi</i> (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011)..... 14
Figura 10	Daño ocasionado por conejos en agave (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011)..... 14
Figura 11	Distribución de <i>Agave macroculmis</i> (elaboración propia con datos de Gentry, 1982; Sparr, 2012; Tropicos, sin fecha; Gutiérrez y Solano, 2014 y Sánchez, 1997)..... 15
Figura 12	Proceso de elaboración del aguamiel (Modificado de Muñíz et al., 2013)..... 20
Figura 13	a) Planta de <i>Agave</i> adulta, b) Capacitación del <i>Agave</i> , c) Acumulación del aguamiel, d) Cavidad protegida con piedra para evitar contaminación del aguamiel, d) Muerte del <i>Agave</i> después de la recolección final (Muñíz et al., 2013)..... 21

Figura 14	Contenedor con pulque blanco (Marín, 2013).....	23
Figura 15	Proceso de elaboración del pulque (elaboración propia con datos de Abarca, 2010 y Marín, 2013).....	23
Figura 16	Proceso de elaboración del mezcal (elaboración propia con datos de Financiera Rural, 2011; García et al., 2010); Tello, 1988 y Aguirre et al. 2001).....	27
Figura 17	Proceso de elaboración de quiote (elaboración propia con datos de Herrera et al., 2008).....	29
Figura 18	Sistemas de manejo tradicionales para magueyes silvestres (elaboración propia con datos de Illsey, 2003, LGDFS y RLGDFS).....	44
Figura 19	Muestreo de magueyes silvestres (elaboración propia con datos de Illsey, 2003).....	52
Figura 20	Muestreo de magueyes silvestres (elaboración propia con datos de Morales et al., 2002).....	52
Figura 21	Porcentaje de fuentes por tema.....	57

## RESUMEN

*Agave macroculmis* es un especie con valor histórico, ambiental, social y económico para las poblaciones que ocurren en su contexto, así como el país en general. En este marco, el presente, tiene como objeto compilar información actualizada o atemporal sobre *Agave macroculmis*, y las consideraciones para aprovechamiento.

Lo anterior, se cumplió mediante el desarrollo de los siguientes temas: origen y antecedentes, descripción de la especie, estatus, usos, problemática, normatividad y criterios para el aprovechamiento.

La metodología consistió en reunir, discriminar y clasificar la información disponible de distintos medios considerando para ello únicamente aquella que proviniera de fuentes confiables (publicaciones arbitradas, indexadas, libros con registro ISBN o ISSN, páginas web oficiales, entre otras); fuera pertinente u homologable a la especie, y actualizada o en su defecto, atemporal.

Del total de información recabada, una gran parte suponían generalidades para los agaves, y otra tanta, generalidades para los magueyes silvestres. Se afirma por tanto, que es necesario ahondar en el estudio específico de *Agave macroculmis*.

Basándose en los porcentajes de fuentes encontradas por tema es evidente que se conoce más que bien, la gran cantidad de usos de los magueyes; sin embargo, esto es contrastante con la poca información que se logró recabar, referente a los criterios para el aprovechamiento, por lo cual se recomienda profundizar en el desarrollo de herramientas de aprovechamiento y manejo que garanticen que la problemática encontrada no siga en aumento, sino más bien, se recuperen las poblaciones silvestres y coadyuve a las comunidades rurales que de ellas dependen.

Palabras clave: *Agave macroculmis*, agaves silvestres, aprovechamiento, manejo.

## ABSTRACT

*Agave macroculmis* is a species with historical, environmental, social and economic value to the populations occurring in their context and the country in general. In this context, the present, aims to compile updated or timeless information about *Agave macroculmis*, and considerations for use.

The above is accomplished by developing the following topics: origin and history, description of the species, status, uses, problems, regulations and criteria for exploitation.

The methodology consisted of collecting, discriminate and classify the information available in means, considering only the information that came form reliable sources (peer-reviewed and indexed publications, books with ISBN or ISSN record, official websites, etc.); was pertinent or homologable, updated or timeless.

From the total information collected, the most were agaves generalities, and other such, generalities for wild agaves. Therefore is necessary to delve into the specific study of *Agave macroculmis*.

Based on the percentages of sources found per subject, it is clear that the many uses of the maguey are well known; however, this is contrasting with the little information that was achieved collect, concerning the criteria for the use and therefore recommended further development of tools exploitation and management to ensure that the found problems not continue in increasing, but rather, recover of the wild stocks and contributes to rural communities that depend on it.

Keywords: *Agave macroculmis*, wild agaves, exploitation, management.

## 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales grupos que han sostenido históricamente a los pobladores de México, son sin duda los magueyes, éstos tuvieron y tienen una gran importancia económico-cultural para numerosos grupo indígenas quienes encuentran en ellos fuente de alimento, bebida, medicina, combustible, cobijo, ornato, fibras duras extraídas de las hojas (ixtle), abono, material para construcción de viviendas y elaboración de implementos agrícolas, entre otros usos (García, 2007).

Además de la mencionada importancia económica que el género representa, destaca la relevancia económica de ésta ya que muchas de sus especies son dominantes en diversos ecosistemas del país, llegando a ser especies clave dada su alta producción de recursos, particularmente en la reproducción al desarrollar flores, polen y néctar, de los cuales dependen muchos animales que a la vez influyen mediante la polinización, la reproducción de otras plantas (Eguiarte y Souza, 2007)

El género *Agave*, que se ubica en la familia *Agavaceae*, incluye varias especies de plantas adaptadas a condiciones de aridez. Se reportan 197 especies incluidas dentro de los dos subgéneros reconocidos (*Littaea* y *Agaveae*). De este total de especies, 136 las podemos encontrar en México. Por lo anterior, nuestro país es considerado como centro de origen del género (Domínguez *et al.*, 2008).

*Agave macroculmis* conocido como “maguey serrano”, es una especie perteneciente al género *Agave*, subgénero *Agaveae*, reportado a lo largo de la Sierra adre Oriental del país y que, como sus parientes, genera beneficios tangibles e intangibles para las localidades en donde se desarrolla (Glafiro y González, 2011 y Gentry, 1982).

Fuera de las amenazas propias del género, la mayor problemática que lo aqueja que sus especies (fuera de *Agave tequilana*) no sean consideradas como cultivos aprovechables y económicamente rentables (Gentry, 1982; Abundis, 2006), además son altamente vulnerables a convertirse en especies amenazadas o bajo

algún riesgo debido a su falta de regulación y planes de manejo sostenibles (Caiceros, 2010).

Actualmente es necesario asumir una postura responsable para la conservación de esta herencia vegetal, con miras a preservar los procesos ecológicos de sus hábitats y asegurar la permanencia de poblaciones que atiendan a las necesidades de generaciones humanas futuras (Glafiro y González, 2011).

## **1.1. Objetivos**

### **General**

Compilar información actualizada o atemporal sobre *Agave macroculmis*, y las consideraciones para aprovechamiento.

### **Específicos**

- Compilar la información general de la especie, usos y consideraciones para el aprovechamiento.
- Realizar un análisis de la disponibilidad de información por tema.
- Detectar las áreas de oportunidad para el desarrollo de herramientas de apoyo para el manejo de la especie.

## 2. METODOLOGÍA

Se buscó y compiló información pertinente para la especie *Agave macroculmis* (Figura 1), tanto en medios electrónicos de acceso gratuito como medios impresos, que se listan a continuación:

- Normatecas
- Journals
- Repositorios
- Redes de revistas
- Bancos digitales de tesis
- Revistas electrónicas
- Artículos aislados
- Páginas web oficiales de dependencias y organizaciones reconocidas
- Libros digitales
- Capítulos de libros digitales
- Folletos e infografías digitales
- Anuarios estadísticos digitales
- Libros impresos disponibles en la biblioteca de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Una vez discriminada la información, se procedió a estructurarla de manera que sintetice las consideraciones básicas para el aprovechamiento de la especie.

Para el análisis de la disponibilidad de información, se determinó la frecuencia de publicaciones o estudios por rubro y se expresó en porcentaje para simplificar su contraste.

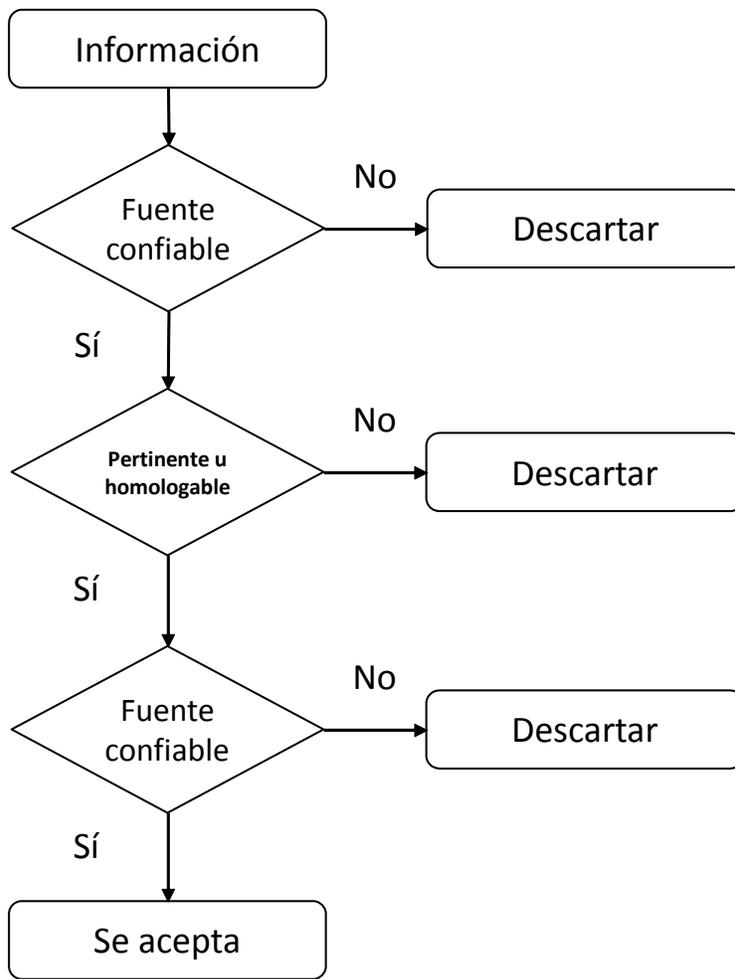


Figura 1. Algoritmo para la selección de información.

### **3. *Agave macroculmis***

#### **3.1. Origen y antecedentes históricos**

Los agaves fueron de las primeras plantas que los pobladores de Mesoamérica aprovecharon para su alimentación, según se confirma con los hallazgos de restos en cuevas en el Valle de Oaxaca, el de Tehuacán y en Coahuila (en el último sitio, además de indicios de fibras mascadas se localizaron cordeles de ixtle y sandalias elaboradas con fibras de maguey, lo anterior data de hace al menos siete mil años (García, 2007), aunque otros autores lo sitúan nueve mil años atrás (Nobel, 1988)

Como referencia más actual, la siembra de maguey a la llegada de los españoles, se encuentra descrita en algunos códices de la época colonial. Al respecto el historiador Francisco Hernández, en su obra “Historia de las Plantas de la Nueva España”, menciona en 1570 al maguey con sus nombres tradicionales, usos más frecuentes e ilustración de la planta (CICEANA, 2009).

Son los mismos indígenas mesoamericanos quienes nombraron estas plantas que posteriormente los españoles llamarían maguey, el nombre del género fue acuñado por naturalista sueco Carl Von Linneo en su obra *Species Plantarum* en 1753 (CONABIO, 2006).

La línea de divergencia que condujo a lo agaves surgió hace 60 millones de años, y fueron los cambios climáticos los que dispersaron este taxón hacia varias regiones, y apoyaron su radiación que comenzó 30 o 35 millones de años atrás en el territorio que actualmente es el Sur de México (Nobel, 1988). Se infiere que la riqueza del género *Agave* en el país es debida al surgimiento del linaje hace ya 8 millones de años logrando distribuirse y diversificarse posteriormente, gracias a su metabolismo y a las interacciones que establecieron con sus polinizadores, además de la relación con el hombre que con los agaves logró el establecimiento de importantes centros agrícolas lo cual derivó a su vez en que México fuera y sea centro de domesticación y diversificación mediante selección humana por lo cual en tiempos actuales son una especie conspicua presente en desiertos, bosques y selvas; del nivel del mar a las altas montañas; en paisajes silvestres, rurales e industrializados (CONABIO, 2006).

## 3.2. Descripción de la especie

### 3.2.1. Taxonomía y nombres comunes

La clasificación taxonómica del Género *Agave* ha sido objeto de controversias debido a su gran variación fenotípica y genotípica incluso dentro de la misma especie y de una misma población (Verduzco *et al.*, 2009). *Agave macroculmis* pertenece al subgénero *Agaveae*, del cual, los autores no coinciden en el número de especies (Guillot *et al.*, 2008) y forma parte del grupo de agaves pulqueros (sección *Salmianae*) en los que se encuentran *Agave macroculmis*, *A. mapisaga*, *A. mapisaga* var. *lisa*, *A. salmiana* var. *salmiana*, *A. salmiana* var. *angustifolia*, *A. salmiana* var. *ferox*, *A. salmiana* ssp. *crassispina* y *A. tecta*.

Todaro propone la siguiente clasificación taxonómica (Gentry, 1982):

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Lillanae

Orden: Asparagales

Familia: Asparagaceae

Género: *Agave*

Subgénero: *Agaveae*

Especie: *macroculmis*

Mientras que Cronquist (1981), citado por Granados (1993) sitúa a *Agaveae* directamente en la familia *Agavaceae*, subfamilia *Agavoideae* (Figura 2).

El nombre completo de la especie sería: *Agave macroculmis* Todaro, además, cabe aclarar, que *Agave macroculmis* tiene sinonimia con *Agave gentryi* Ullrich (Sparr, 2012).

En cuanto a sus nombres comunes, éstos varían dependiendo de la región, así, es posible encontrarlo como simplemente maguey hasta: Maguey aguanoso,

Maguey del bosque, Maguey del cerro, Maguey serrano, Maguey silvestre, Maguey verde, Maguey verde silvestre (Marín, 2006).

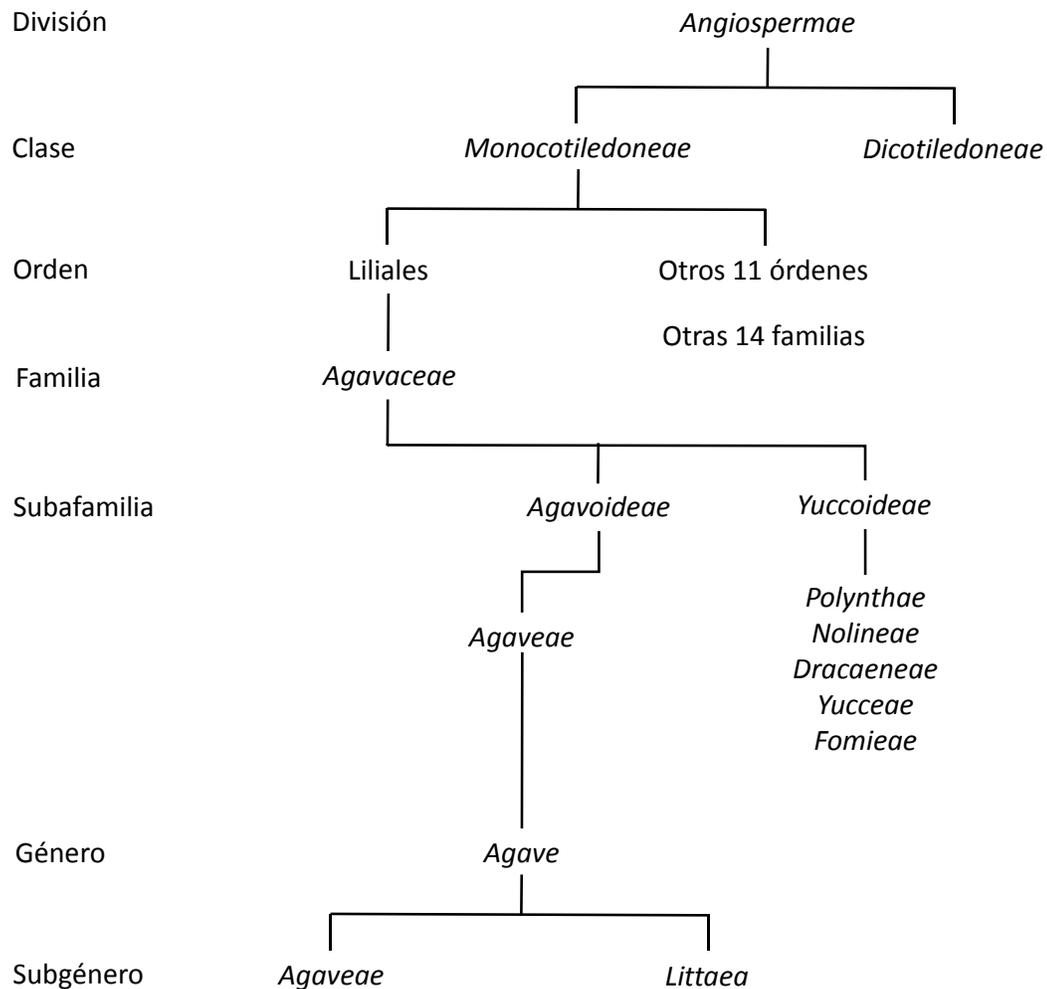


Figura 2. Relaciones taxonómicas de los agaves dentro de las angiospermas (elaboración propia con base en Cronquist, 1981 citado por Granados, 1993).

### 3.2.2. Caracterización botánica

Las plantas de agave se caracterizan por ser monocotiledóneas y monocárpicas (Ortiz *et al.*, 2009) son perennes, rizomatosas, con tallos acaules, hojas suculentas dispuestas en roseta terminando en espinas, las hojas están enmarcadas por espinas rectas o en ganchos, inflorescencia con escapo largo y semileñoso, con flores color amarillo-verdoso, largo semileñoso; las flores son de color amarillo verdoso, protándricas con perianto infundiliforme de tubo de longitud variable y seis

segmentos casi iguales; seis estambres filamentosos filiformes, más largos que los segmentos del perigonio, con anteras amarillentas; ovario ínfero trilobular, tricarpelar, con placentación axilar, multiovulada; fruto capsular leñoso alargado, dehiscente con tres alas con numerosas semillas aplanadas algo triangulares de testa negra (Granados, 1993).

En particular, *A. macroculmis* es de tamaño medio a grande, y en ocasiones muy grande, sus dimensiones están entre los .90-1.5 m. Tiene un color verde amarillento a verde oscuro, sus pencas son anchas en la base y se vuelven agudas hasta terminar en punta, con 60-120 por 15-25 cm con grandes dientes marginales (Sparr, 2012). La inflorescencia que surge del meristemo apical suele ser desproporcionada en relación con el tamaño de la planta y es de apariencia racemosa o paniculada con racimos laterales (García, 2007) (Figuras 2 y 3).

Mora *et al.* (2011), determinaron la variabilidad morfológica, en relación con su humanización, de los magueyes pulqueros de la sección *Salmianae* del género *Agave*, encontrando que la menos humanizada fue *A. macroculmis*, con plantas pequeñas, espinas y dientes grandes y escasamente cultivada.



Figura 3. Características morfológicas de *Agave macroculmis* (Sparr, 2012).



Figura 4. Fotografía de muestra botánica, *Agave macroculmis* (IREKANI, sin fecha).

### **3.2.3. Metabolismo**

Como parte de las agaveaceas, *Agave macroculmis* tiene un metabolismo ácido crasuláceo (CAM), típico de algunos géneros y familias de plantas que crecen en zonas con altas temperaturas, que constituye una especialización fisiológica en los agaves, a la cual se combina una alta radiación y baja humedad. Las plantas con metabolismo CAM tienen transpiración nocturna, abren sus estomas en la noche, fijan el carbono en ácidos orgánicos, principalmente ácido málico, que se acumulan en las vacuolas; durante el día el ácido málico es descarboxilado y se obtiene carbono, el cual es utilizado por la planta para la producción de carbohidratos. El metabolismo CAM permite obtener ganancias netas de carbono con una pérdida mínima de agua, lo cual explicaría la distribución de la especie (Andrade *et al.*, 2007).

### **3.2.4. Reproducción**

#### **Sexual**

En el género *Agave*, se puede reconocer la floración por algunos cambios en la estructura foliar de la roseta, que se extiende para captar más luz y empieza a perder turgencia por la pérdida de humedad (Valenzuela, 1994).

Para que una planta con flor se reproduzca, es necesario que el polen se mueva de los estambres de una flor hacia el estigma de la misma u otra flor; pero los granos de polen de los agaves suelen ser muy pequeños, por lo cual la polinización difícilmente es exitosa, lo cual se agrava en virtud de que es necesario un grano de pólen para cada semilla fértil, y lo agaves tienen muchas semillas; pese a ello, la polinización puede darse y se da gracias a animales como insectos o murciélagos nectarívoros (Nobel, 1988). Hay que destacar que *A. macroculmis* los cuales florece cada 50 años aproximadamente, por lo cual este tipo de reproducción, sería la menos representativa (Castillo y Teviño, 2009).

#### **Asexual**

Erróneamente se ha creído que las plantas requieren forzosamente del sexo para una reproducción efectiva, sin embargo, gran parte de los agaves no se

propagan por semilla, puesto que en su etapa adulta son capaces de producir tallos subterráneos llamados rizomas, al final de los cuales emergen nuevas plántulas (Nobel, 1998).

Generalmente, las especies que se reproducen de forma vegetativa no tienen recombinación vegetativa, por lo cual se infería que la descendencia resultante sería genéticamente homogénea, no obstante, se ha demostrado cierto grado de variabilidad genética vía la reproducción asexual. Se considera que en los agaves los procesos de hibridación, poliploidia y reproducción vegetativa son una estrategia evolutiva importante (Nobel, 1988).

### **3.2.5. Plagas y enfermedades**

Según el Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (sin fecha) y el Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona (2011), los agaves están expuestos a afecciones de distintos tipos, como hongos, insectos, entre otros; los más comunes se describen a continuación.

#### **Daño por frío**

Resultado de la exposición prolongada a temperaturas por debajo del punto de congelación, el daño puede observarse en el oscurecimiento de las partes expuestas, mismas que después de algunas semanas se secarán (Figura 5).

#### **Riego inadecuado**

Es uno de los más serios problemas abióticos, se origina por suelos con drenaje pobre o por el rebase de los límites de la especie en particular; lo cual crea el medio ideal para el desarrollo de otros patógenos.

#### **Granizo**

Éste ocurre comúnmente en zonas desérticas, y ocasiona daños físicos considerables a los individuos jóvenes, dejando cicatrices que varían en forma y tamaño dependiendo de la intensidad del evento, pudiendo perforar la hoja por completo.

## Antracnosis

Causada por especies de *Colletotrichum*, que aprovechan las condiciones de humedad de los sitios sombreados o con irrigación excesiva, la infección genera lesiones en las hojas y/o en la corona, cuando el hongo está activo, produce masas de esporas naranjas o rojas dentro de las lesiones (Figura 6), tales esporas se distribuyen por las salpicaduras de agua. Las hojas con hongos en estado activo deben ser podadas.



Figura 5. Daño por frío en agave (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011).



Figura 6. Daño por antracnosis (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011).

## Pudrición de la corona y raíces

Originada por diversos patógenos del suelo, incluyendo especies de bacterias *Erwinia* y el hongo *Fusarium*. El desorden generalmente se manifiesta a la par que infestaciones del gorgojo del agave que podría ser el vector de los primeros.

## Insectos

Existen varios insectos que pueden potencialmente dañar a los agaves, la mayoría de ellos no requiere tratamientos químicos para su control. Una planta saludable y sin estrés puede fácilmente soportar infestaciones ocasionales.

## Gorgojo del agave

La hembra de *Scyphophorus acupunctatus* adulta ataca entrando por la base de la planta para ovopositar en ella, sirviendo de vector a diversos microbios pudridores de la raíz y corona. El individuo afectado tiene una apariencia marchita, colapsando de forma pronta para después morir. Las larvas (gusanos) se desarrollan en la planta moribunda e infectan a otros agaves cercanos (Figuras 7 y 8).



Figura 7. Gorgojo del agave adulto (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011).



Figura 8. Daño por gorgojo del agave (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011).

## Chinches de las plantas

*Caulotops Barberi* son pequeñas chinches que miden aproximadamente 1,6 mm de largo (Figura 9), sus poblaciones pueden encontrarse en cualquier planta y alcanzan números dañinos a finales del verano o principios del otoño alimentándose de hojas, en las cuales dejan manchas cloróticas en los puntos de alimentación. Si no se trata a la planta infestada, ésta se debilitará paulatinamente hasta morir.

## Ácaros

Causan malformaciones en plantas mediante la inyección de una sustancia química que induce la excoiación en el tejido vegetal. Tallos, hojas y flores pueden

ser afectados. El daño a la planta de es irreversible, y las plantas infectadas deben ser eliminadas.

## Animales

Ardillas de tierra, ratas, conejos y ratones pueden dañar gravemente los agaves, pues durante los períodos de sequía prolongada estos mamíferos atacan y destruyen las plantas maduras y jóvenes (Figura 10). Si el daño no es demasiado severo las plantas se recuperan, pero en algunos casos el daño es tan grave que la planta muere.



Figura 9. Chinche *Caulotops Barberi* (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011).



Figura 10. Daño ocasionado por conejos en agave (Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona, 2011).

### 3.2.6. Distribución

Mora *et al.* (2011), afirman que *A. macroculmis* solo existe de forma silvestre. Gentry (1982) lo ubica en un rango de 805 kilómetros a lo largo la Sierra Madre Oriental (Figura 11), menciona además que esta distribución no es la natural por lo que probablemente hayan sido colectas provenientes de Hidalgo las que lo redistribuyeron.

Específicamente se ha reportado la presencia de la especie en la Sierra de Arteaga en Coahuila entre los 3300 y los 3390msnm, en Aramberri y Galena, Nuevo León en altitudes más bajas (2700-2880msnm), Puebla, Hidalgo, Estado de México, San Luis Potosí, Zacatecas y Tamaulipas (Sparr, 2012 y Tropicos, sin fecha).

Gutiérrez y Solano (2014) lo reportan en San José Iturbide, Guanajuato y por último, el hallazgo más reciente fue el de Sánchez (1997) que lo registra en el estado de Querétaro dentro del cerro Zamorano.



Figura 11. Distribución de *Agave macroculmis* (elaboración propia con datos de Gentry, 1982; Sparr, 2012; Tropicos, sin fecha; Gutiérrez y Solano, 2014 y Sánchez, 1997).

### 3.2.7. Asociación vegetal

*Agave macroculmis* ha sido descrito en bosques de encino pino, pino-encino, matorral xerófilo o chaparral dependiendo de la zona en que se desarrolle (Gentry, 1982).

En Querétaro cohabita con oyameles (*Abies religiosa*), árboles como el afile (*Alnus jorulensis*) y varias especies de ocote (*Pinus sp.*) así como encinos (*Quercus*

*rugos*, *Q. laurina*, *Q. depressipes*) (Sánchez, 1997), mientras que en Coahuila es posible encontrarlo con encinos (*Q. greggii*, *Q. mexicana*, *Quercus saltillensis* y *Q. laeta*.) y herbáceas (*Artemisia ludoviciana*, *Pleopeltis guttata*, *Cheilanthes tomentosa* y *Achillea millefolium*) (Encina et al., 2008).

### 3.2.8. Fauna silvestre asociada

Al ocurrir en ecosistemas variados, *A. macroculmis*, convive con una amplia lista de fauna, que van desde los insectos hasta grandes mamíferos u avifauna, aunque la principal relación de *A. macroculmis* con la fauna, es durante la polinización en la que requieren la visita de murciélagos, principalmente, ayudados por algunos colibríes, aves percheras y otros insectos para asegurar la diversidad genética y así disminuir su vulnerabilidad ante plagas y enfermedades (Arizmendi, 2009).

Dos de las especies más estrechamente relacionadas con los agaves y por ende llamados “murciélagos magueyeros” son: *Leptonycteris nivalis* y *Leptonycteris yerbabuena* los cuales se encuentran amenazados por causas antropogénicas como la perturbación y destrucción de su hábitat, lo que a la vez repercute en la diversidad genética de los agaves (Rentería, sin fecha).

La anterior relación es explicada por Castillo y Treviño (2009), quienes al estudiar la biología de la floración de *A. macroculmis*, concluyeron que la mayor producción de néctar y concentración de azúcares de esta planta, ocurre durante la noche, así como la receptividad del estigma es nocturna, y por tanto se comprobó que esta recompensa está dirigida a polinizadores nocturnos, como es el caso de los murciélagos. Así también lograron generar una lista de fauna asociada a la especie de interés (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fauna asociada a *A. macroculmis* (elaboración propia con datos de Castillo y Treviño, 2007).

Grupo	Orden	Familia	Especie
Insectos	Coleoptera	Lycidae	
	Diptera	Syrphidae	
	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>
		Formicidae	

<b>Grupo</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
		Halictidae	Lasioglossum sp.
		Trochilidae	Eugenes fulgens
		Cardinalidae	Passerina cyanea
			Pheucticus melanocephalus
		Fringillidae	Carpodacus mexicanus
		Icteridae	Icterus parisorum
		Emeberezidae	Junco Phaeonotus
Aves			Pipilo fuscus
			Pipilo maculatus
		Picidae	Melanerpes formicivorus
			Picoides villosus
		Sittidae	Sitta pygmaea
		Troglodytidae	Trhyomanes bewickii
			Toxostoma curvirostre
		Chiroptera	
Muerciélagos		Phyllostomide	
		Glossophaginae	Leptonycteris curasoae

### **3.2.9. Requerimientos ambientales**

#### **3.2.9.1. Suelo**

Los agaves prefieren suelos de textura media, por ejemplo suelos francos, franco-arenosos o franco-arcillosos. Aunque en zonas con baja precipitación prefieren suelos con mayor retención de humedad, es decir suelos de textura pesada como arcillosos o limo-arcillosos y pueden desarrollarse adecuadamente desde suelos delgados a suelos profundos (FAO, 1994).

El género Agave presenta una ligera a intermedia tolerancia a sales y prosperan en un en un rango de pH de 6.0 a 8.0 No son recomendables suelos con problemas de acidez o alcalinidad (FAO, 1994).

Se desarrollan en terrenos con alto grado de pendiente, con drenajes superficiales muy eficientes y considerados no aptos para la agricultura tradicional. Requiere suelos con drenaje bueno a excelente (FAO, 1994).

### **3.2.9.2. Clima**

Gentry (1982), refiere que *Agave macroculmis* es una planta mesófito, requiere una precipitación relativamente alta, soporta fríos extremos y es medianamente tolerante a la sombra.

En los bosques de encino, encino-pino y matorral xerófilo, en que se ha localizado en Coahuila, prevalece un clima semiárido en las partes bajas y templado en las altas, con una temperatura media anual entre 5 y 12°C donde la precipitación es de 498mm anuales (Encina *et al.*, 2008).

Mientras que en Galeana, Nuevo León las condiciones son secas templadas, semisecas templadas, templadas subhúmedas y semifrío subhúmedo, con una temperatura media anual entre 8 y 22°C y lluvias escasas todo el año (INEGI, 2009).

## **4. APROVECHAMIENTO**

### **4.1. Estatus**

La especie no se encuentra listada bajo ningún estatus de riesgo, según la NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo (DOF, 30 de diciembre de 2010).

### **4.2. Usos**

Las plantas del género *Agave*, representan uno de los recursos naturales más importantes desde el punto de vista económico, cultural y social en el continente mexicano, debido a que de ellas se puede obtener una enorme variedad de subproductos y residuos (Cuadro 2) (Muníz *et al.*, 2010).

El noreste de México en particular el estado de Nuevo León, existe una alta diversidad de especies y formas de usos, tales como fibras, alimentos, bebidas, combustible, ornato, tanto en sus formas silvestres como cultivadas. Los magueyes y sus productos fueron la base de sostenimiento de algunos grupos étnicos cazadores y recolectores que habitaban el noreste de México. Aun hoy en día, los habitantes del desierto y semidesierto siguen colectando aguamiel de maguey,

consumiendo sus quiotes y consumiendo sus flores, como parte de su precario sostenimiento (Glafiro y González, 2011).

Cuadro 2. Usos tradicionales de los magueyes en México (modificado de Flores *et al.*, 2008).

<b>Concepto</b>	<b>Uso</b>	<b>Parte o producto de los que se obtiene</b>
Alimenticio	Aguamiel	Piña
	Jugo dulce	Quiote
	Atoles	Aguamiel
	Jarabe	Concentrado de aguamiel
	Mezcales	Piña
	Pulque	Aguamiel fermentada
	Aguardiente	Pulque destilado
	Miel	Aguamiel concentrada
	Vinagre	Aguamiel fermentada
	Gusanos	Pencas y raíces
Condimento y comida	Sal de gusano	Pencas
	Postre	Quiote o piña asados
	Saborizante de tamales y pan	Aguamiel y piña
	Levadura	Residuos del pulque
Tejido y vestuario	Tortilla	Quiote
	Costales	
	Bolsas	
	Mantas	
	Telas	Fibras de las pencas
Construcción	Vigas	Quiote seco
	Cerco vivo	Planta completa
	Aditivo para mezcla	Baba de la penca
	Jabón para ropa	Raíces y pencas
	Recipiente para agua y comida	Piña y penca
Doméstico	Adornos de navidad	Maguey completo o escapo floral seco
	Abono	Cenizas de pencas y piñas secas
Agropecuario	Protección contra la erosión	Planta completa
	Alimento para aves	Residuos del pulque

#### 4.2.1. Aguamiel

El aguamiel es la savia incolora, transparente, con sabor dulce y agradable del agave; participa en la formación de la inflorescencia (Silos *et al.*, 2010), se obtiene al hacer la capación del maguey maduro, es decir, el corte de las hojas tiernas centrales antes del desarrollo del escapo central, posteriormente se raspa el centro del maguey, seguido del corte de las hojas para formar una cavidad de 20-30 cm de profundidad la cual servirá para el almacenamiento del aguamiel exudado del tejido del tallo del maguey durante un período de 3-6 meses (Figuras 12 y 13) (Alanís y González, 2011; Tovar *et al.*, 2008). Durante este tiempo, la planta exuda seis litros de aguamiel al día, es decir, más de 1 100 litros que son colectados dos veces al día por el tlachiquero, la persona a cargo del cuidado de los magueyes. (Marín, 2013).

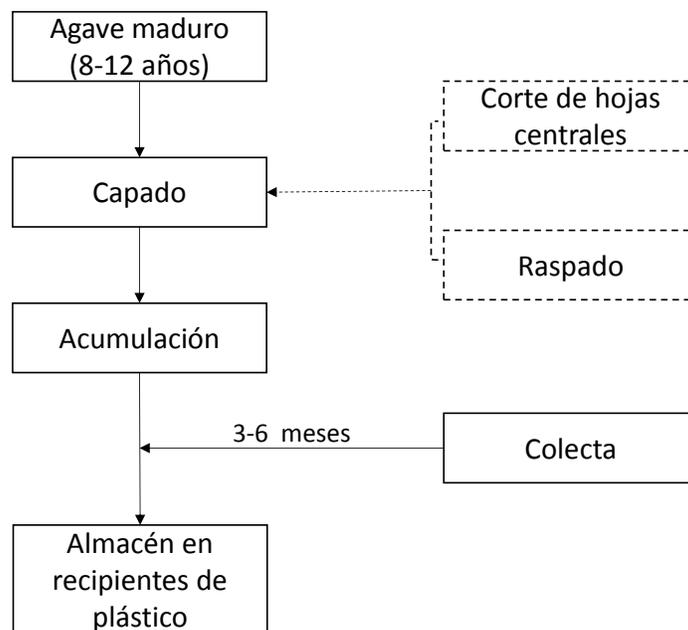


Figura 12. Proceso de elaboración del aguamiel (Modificado de Muñiz *et al.*, 2013).

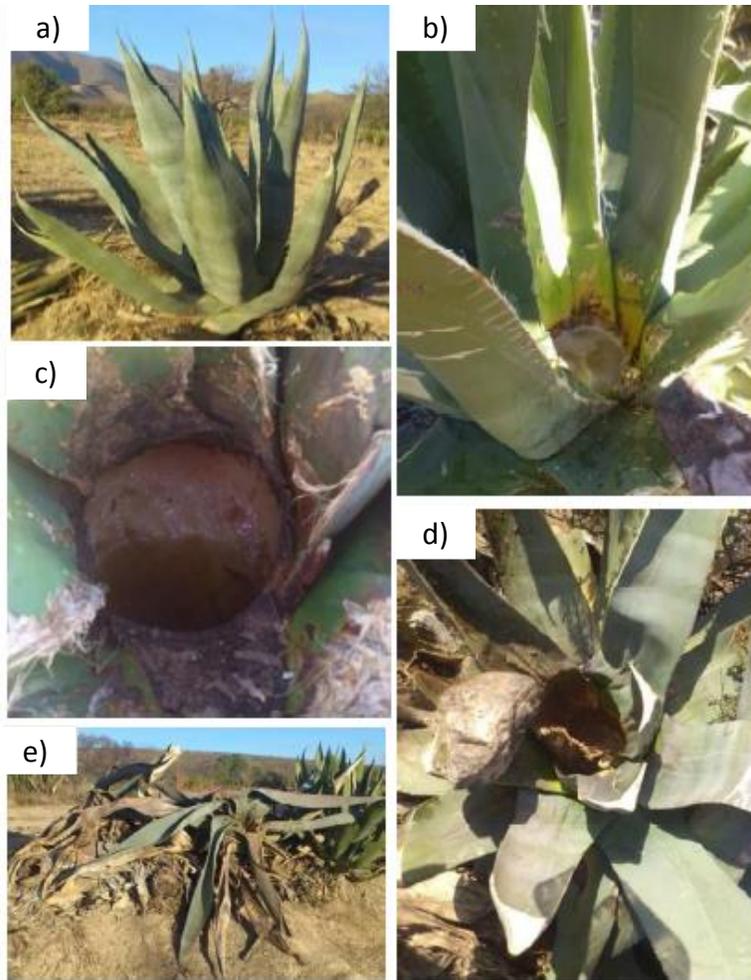


Figura 13. a) Planta de Agave adulta, b) Capación del Agave, c) Acumulación del aguamiel, d) Cavidad protegida con piedra para evitar contaminación del aguamiel, e) Muerte del Agave después de la recolección final (Muñíz *et al.*, 2013).

El producto, tiene un alto contenido de carbohidratos como inulina, sacarosa y fructosa, así como pequeñas cantidades de aminoácidos vitaminas y minerales; además puede ser empleado como materia prima en la industria de la fermentación, para la obtención del pulque, proteína de levadura, vitaminas, dextranas para uso alimenticio o clínico, mieles y jarabes de fructuosa y producción de ácidos orgánicos (Rodríguez *et al.*, 2014).

#### **4.2.2. Pulque**

El pulque es un bebida alcohólica fermentada, tradicional de México, se produce a partir del aguamiel que es extraído de diversas especies de maguey,

generalmente es producido y consumido en los estados del centro del país (Escalante *et al.*, 2004).

Del pulque, se han hecho varios estudios interesantes desde diferentes enfoques, tales como la historia, la bioquímica, el folclor y la cultura que giran en torno a él. (Erlwein *et al.*, sin fecha).

Cervantes y Pedroza (2007), estudiaron la microbiología de la bebida en diferentes etapas de fermentación, aislando e identificando un hongo levaduriforme, un cocobacilo Gram negativo y un bacilo Gram positivo pertenecientes a los géneros *Saccharomyces sp*, *Zymomonas sp*, y *Lactobacillus sp*.

Más específicamente y en esa misma línea, Escalante *et al.* (2004), mediante análisis 16S rDNA, identificaron adicionalmente: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus strain ASF360*, *L. kefir*, *L. acetotolerans*, *L. hilgardii*, *L. plantarum*, *Leuconostoc pseudomesenteroides*, *Microbacterium arborescens*, *Flavobacterium johnsoniae*, *Acetobacter pomorium*, *Gluconobacter oxydans*, y *Hafnia alvei*.

Para la producción de pulque, es necesario esperar de ocho a doce años para que la planta de maguey esté madura, ocurrido esto, la materia prima o “aguamiel” es extraída mediante el proceso antes mencionado, una vez recogida la materia prima, es llevada a un cuarto frío de techos muy altos llamado “tinacal,” o cobertizo para fermentación, este proceso de fermentado consta de cuatro etapas, aguamiel, semilla, contrapunta y corrida. El aguamiel corresponde al líquido extraído de la cepa del agave, la semilla es un jugo con fermentación de alrededor de 60 días, la contrapunta es un jugo de 24 horas de fermentación obtenido por una mezcla 1:1 de aguamiel y semilla. La corrida corresponde a un jugo de 48 horas de fermentación, en esta es la etapa final es en la que el producto se comercializa ya convertido en pulque blanco (Figura 14) que a continuación, se transporta en barriles de madera para su venta en las pulquerías (Figura 15) que por siglos fueron populares en el país y actualmente están recuperando tal popularidad (Abarca, 2010 y Marín, 2013).



Figura 14. Contenedor con pulque blanco (Marín, 2013).

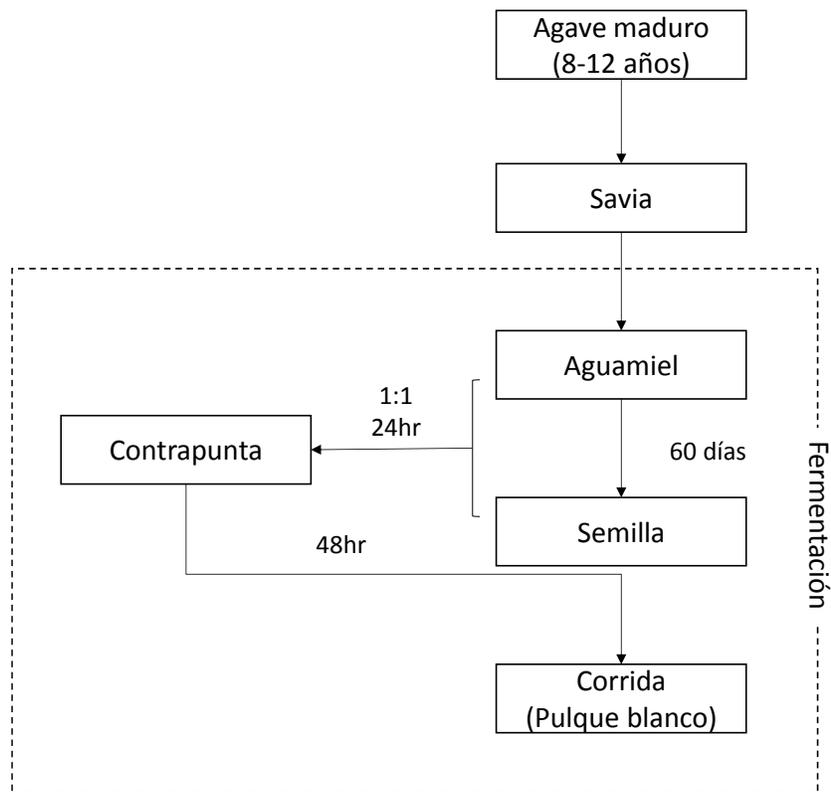


Figura 15. Proceso de elaboración del pulque (elaboración propia con datos de Abarca, 2010 y Marín, 2013).

De acuerdo con Cervantes y Pedroza (2007), en el pulque se dan tres tipos de fermentación, ácida, alcohólica y viscosa. Es la interacción de éstas, la que determina incremento en los recuentos poblacionales microbiológicos, consumo de azúcares, proteínas, formación de etanol y algunos exopolisacáridos que le dan aspecto viscoso. Es posible que las rutas metabólicas que se están llevando a cabo sean la glicólisis y Entner-Doudoroff. *Saccharomyces sp* y *Leuconostoc sp* podrían usar la glucólisis para la obtención de energía a partir de glucosa y sacarosa, con la producción final de etanol. Por el contrario *Zymomonas sp* emplearía la ruta de Entner Doudoroff a partir de la cual también se obtiene etanol. (Cervantes y Pedroza, 2008).

El contenido alcohólico del pulque varía en función del tiempo de fermentación (Cervantes y Pedroza, 2007), alcanzando porcentajes de 10.35 v/v, además disminuye el contenido de azúcar y proteína sin embargo no llega a ser consumido en su totalidad, es por esto que el pulque al final del proceso o etapa denominada como corrida tiene un ligero sabor dulce (Figura 15) (Abarca, 2010).

Cuadro 3. Concentraciones de etanol para las cuatro diferentes etapas de fermentación, obtenidas mediante espectroscopia de gases (Abarca, 2010).

<b>Muestra</b>	<b>Contenido de etanol % (v/v)</b>
Aguamiel	.26
Semilla	7.01
Contrapunta	6.34
Corrida	10.35

La regulación sobre este producto no ha sido actualizada y abarca:

- NMX-V-045-1972: Método de prueba para la determinación del índice de refracción con el refractómetro de inmersión (grado refractométrico), en pulque.
- NMX-V-042-1972: Método de prueba para la determinación de acidez total en pulque.
- NMX-V-037-1972: Pulque manejado a granel.

- NMX-V-041-1972: Método de prueba para la determinación de pH en pulque.
- NMX-V-040-1972: Método de prueba para la determinación de azúcar previa inversión en pulque.
- Adicionalmente, existe desde 2012, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-186-SCFI-2012, Bebidas alcohólicas-Bebidas alcohólicas elaboradas a partir de agave-Especificaciones, métodos de prueba e información comercial (DOF, 30 de mayo de 2012).

#### **4.2.3. Mezcal**

De acuerdo con la NOM-070-SCFI-1994, bebidas alcohólicas-mezcal-especificaciones, el mezcal es “una bebida alcohólica que se obtiene por destilación y rectificación de los mostos (o jugos) preparados directamente con los azúcares extraídos de las cabezas maduras de los agaves, mismas que son previamente cocidas y sometidas a fermentación alcohólica”.

Este producto, cuenta con denominación de origen, la cual abarca los estados de Durango, Guanajuato, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas, cabe destacar que de los mencionados, Tamaulipas coincide con la distribución de la especie de interés para el presente (Financiera Rural, 2011).

Existen mezcales de muchos tipos, debido a la variación en los lugares de producción, técnicas, insumos y equipos utilizados, e incluso la especie o variedad que sirve de materia prima, a lo cual hay que sumar que cada maestro mezcalero tiene su propio “toque” para la elaboración de esta bebida (Illsley, 2003).

Cuando el maguey adquiere una edad entre los siete y los doce 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 “quiote” (García *et al.*, 2010).

Una vez que se ha alcanzado la madurez del agave, se inicia el proceso para la elaboración del mezcal, que en suma, consta de las siguientes etapas:

-Capado o castrado del maguey, que consiste en cortar con un machete o cuchillo, primero algunas de las hojas para descubrir el cogollo y así facilitar el castrado, después de esto, se corta transversalmente el cogollo a un altura entre 10 y 20 cm (dependiendo de especie y región –costumbres y tradiciones del capado-); debe desprenderse la parte central; quedando en la planta un orificio central. Luego se desprenden las hojas tiernas y la yema 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 (Tello, 1988). De no castrar oportunamente un maguey, tardará cuando mucho, dos años en concluir su ciclo vital, pues comenzará a dispersar sus semillas (Aguirre *et al.*, 2001).

-Sazón, en este punto, se deja que la planta acumule los azúcares, varía también de acuerdo a la especie y demás condiciones mencionadas, Aguirre *et al.* (2001).

-Desvirado a Jimado, concluido lo anterior, y una vez que el maguey está en sazón, y con la ayuda de una cuchilla o barra de hierro, o bien la coa de jima, se cortan todas las hojas o pencas (en algunos lugares se deja la base de la hoja), se derriba la planta desde la parte basal y cortando el tallo al ras del suelo, obteniendo así la cabeza o piña que será llevada a la fábrica mezcalera (García *et al.*, 2010).

Como se mencionó, los procesos elegidos en la elaboración son muchos y muy variados, las siguientes etapas, son las descritas por Financiera Rural (2011):

-Cocción, éste se realiza en hornos de subsuelo, en hornos verticales de mampostería, hidrolizadores o en autoclaves, a través del cocimiento, se genera un proceso de hidrólisis de los almidones que se convierten en glucosa y fructuosa. A las piñas ya cocidas se les llama mezcal

-Molienda, puede realizarse de diversos modos, macerado a mano, machacado en una tahona (molino que funciona por la fuerza de caballos o mulas), o en una desgarradora con el apoyo de una prensa. Como resultado se tiene el jugo llamado mosto y el bagazo que es depositado o bombeado a las tinajas de fermentación.

-Fermentación, se lleva a cabo en tinajas de madera, pilas forradas de madera o en tanques de acero inoxidable, dura de uno a tres días y por él se logra la conversión

de los azúcares contenidos en el mosto en alcohol. De aquí se obtiene un jugo fermentado llamado mosto muerto que tiene una graduación alcohólica entre 6 y 7%.

-Destilación, se vale de diferentes tecnologías, ollas de barro sobre puestas, alambiques de cobre o alambiques de acero inoxidable. Se separa el alcohol, aprovechando para ello sus diferentes puntos de ebullición. El producto será el mezcal de primera destilación.

.Rectificación, con el mismo equipo de destilación y mediante un proceso similar, se destila por segunda vez el mezcal con el fin de incrementar el contenido de alcohol.

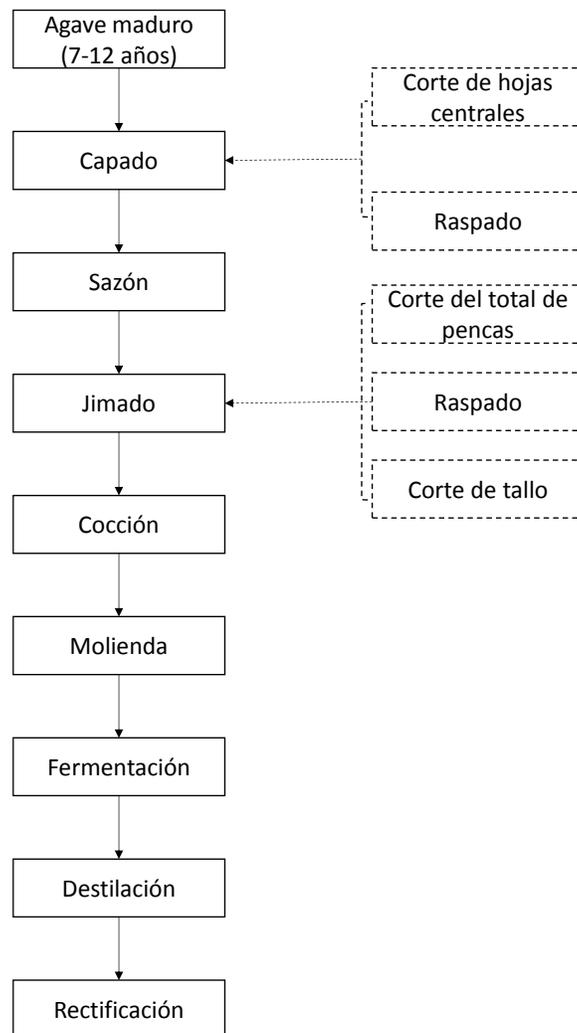


Figura 16. Proceso de elaboración del mezcal (elaboración propia con datos de Financiera Rural, 2011; García *et al.*, 2010); Tello, 1988 y Aguirre *et al.* 2001).

La producción de mezcal está normada por la NOM-070-SCFI-1994 Bebidas Alcohólicas. Mezcal. Especificaciones y ha sido ampliamente criticada ya que enlista tan solo cinco de las muchas especies (Cuadro 4) de maguey empleadas para elaborar mezcal e incluso los botánicos se han quejado de ella puesto que los nombres científicos, están mal escritos (Illsey, 2004).

Pese a ello, deja abierta la posibilidad de usar otras especies, si se considera adecuado (Cuadro 3).

Cuadro 4. Especies listadas en la NOM-070-SCFI-1994 (Elaboración propia con datos de la NOM-070-SCFI-1994).

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>
<i>Agave Angustifolia Haw</i>	Maguey espadín
<i>Agave Esperrima jacobi</i>	Maguey de cerro, bruto o cenizo
<i>Agave Weberi cela</i>	Maguey de mezcal
<i>Agave Patatorum zucc</i>	Maguey de mezcal
<i>Agave Salmiana Otto Ex Salm SSP</i> <i>Crassispina (Trel) Gentry</i>	Maguey verde o mezcalero
Otras especies de agave, siempre y cuando no sean utilizadas como materia prima para otras bebidas con denominaciones de origen dentro del mismo Estado	

Adicionalmente, existe desde 2012, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-186-SCFI-2012, Bebidas alcohólicas-Bebidas alcohólicas elaboradas a partir de agave-Especificaciones, métodos de prueba e información comercial.

#### **4.2.4. Quiote**

La floración de los agaves inicia al momento en que la roseta ha madurado, después de varios años de crecimiento y acumulación de nutrientes en el tallo, los cuales permiten el desarrollo del escapo floral, a éste se le conoce coloquialmente como “quiote”, (INEGI, 2007 y Simpson, sin fecha).

Tradicionalmente es consumido como botana o un fruto más, para lo cual se le quitan las flores, se cuece, se “pela”, y es rebanado en rodajas que tendrán la apariencia de madera (Figura 17). El producto es de textura suave, similar a la caña

de azúcar, se acostumbra comer por trozos que son masticados para extraerles el jugo y después desechar las fibras (Herrera *et al.*, 2008).

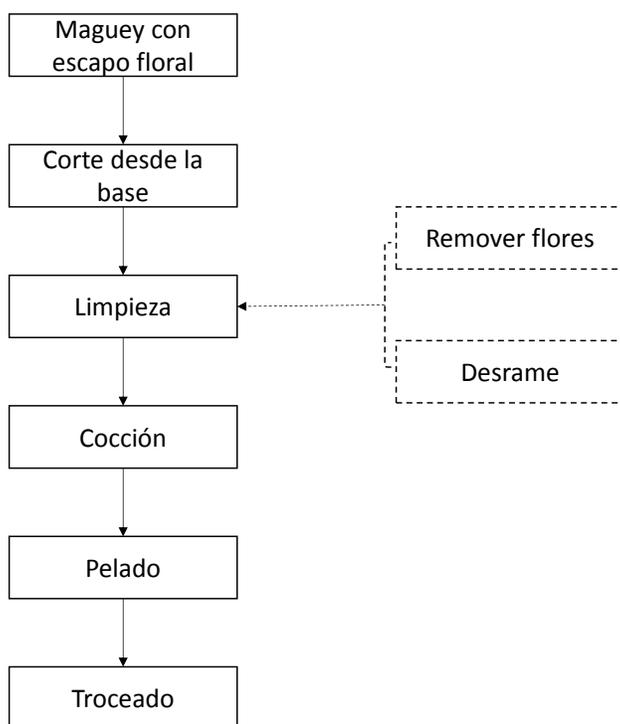


Figura 17. Proceso de elaboración de quiote (elaboración propia con datos de Herrera *et al.*, 2008).

#### 4.2.5. Forraje

En las zonas semiáridas del norte, se ha demostrado que administrando complementos alimenticios cuando la disponibilidad de forraje lo demanda, se aumenta la productividad del ganado (Morales *et al.*, 2000).

Sin embargo, seguir una suplementación comercial, resulta económicamente inviable para el común de los productores; por lo cual se hace necesario explorar los recursos naturales accesibles para el ganadero que tengan características nutricionales adecuadas; además, el agua siempre ha sido una limitante para la producción agropecuaria. Sin embargo, existen especies adaptadas a condiciones precarias, que pueden ser aprovechadas para la alimentación del ganado, aún en este contexto (Badillo, 2004).

Una de estas plantas, que además está disponible todo el año, es el maguey, que tiene además, muchos otros usos que generan residuos aún aprovechables (Aguirre *et al.*, 2001). Los agaves, generalmente tienen un bajo nivel nutricional, y suelen usarse como medida de emergencia, tienen una buena palatabilidad y un buen contenido de humedad (Sunigiga, 1980).

De lo anterior, hay que considerar que, la savia de los tejidos del maguey contiene cristales de oxalato de calcio y saponinas que pueden provocar efectos adversos en el ganado al ser ingeridos (Ricks *et al.*, 1999; Salinas *et al.*, 2001).

Una respuesta a ello, es el ensilaje, proceso microbiológico al cual se someten los vegetales con el objeto de favorecer condiciones anaerobias para el desarrollo de microorganismos de la fermentación láctica y asegurar así la disponibilidad de forraje de épocas en las cuales falta (Sánchez, 1964). En cuanto a los parámetros de calidad de ensilados maguey combinados en varios grados con alfalfa y mezquite, Álvarez (2009), encontró un color verde claro a oscuro y olor a ácido láctico, características de un ensilado bien elaborado; además, el efecto de las saponinas disminuye en las primeras horas de fermentación y desaparece a través del tiempo. Con lo cual concluyó que a los ensilados a base de maguey no son afectados por el alto contenido de humedad y que el maguey puede utilizarse como forraje conservado mediante el ensilado y como inóculo para ensilar otros forrajes con características no aptas para el ensilaje.

Hay que considerar, que aunque el maguey es un ingrediente con buena digestibilidad en la alimentación de rumiantes, sin embargo, es difícil satisfacer los requerimientos de mantenimiento usando solo este ingrediente, por lo que debe de mezclarse con otros alimentos de mayor calidad (Arizpe, 1975).

Tratándose de maguey en plantaciones forrajeras, la producción comienza entre los cinco a siete años, desde ese punto y dependiendo del manejo y mantenimiento, puede durar hasta diez años produciendo. En esta situación, se puede obtener una cantidad aproximada de 42 toneladas de forraje por hectárea al año. Las pencas susceptibles de ser aprovechadas como forraje son las ubicadas

en la parte inferior de la planta, y pueden variar en número de diez a cinco plantas por corte (SARH, 1991).

Una planta vigorosa y bien formada, soporta un corte por año, es por ello que resulta importante programar las podas para que así se disponga del forraje en la época seca para cada año (SARH, 1991).

### **4.3. Problemática**

#### **4.3.1. Propia de la especie**

Las perspectivas de aprovechamiento que hoy presentan los productos forestales no maderables pueden ocasionar su sobreutilización o sobreexplotación, conllevando a una declinación de las poblaciones nativas con fuertes implicaciones ecológicas y económicas (López, 2008). Al respecto, Neumann y Hirsch (2000), a partir de estudios de caso, documentaron que con el aumento de la presión sobre el recurso y el número de actores implicados en su comercialización, prevalece el desconocimiento de criterios para su aprovechamiento y manejo sobre una base sostenible.

Se ha reportado que las poblaciones silvestres de maguey tienden a extinguirse debido a la intensidad de su aprovechamiento; así como a su desplazamiento por plantaciones de especies o variedades domesticadas. Además de ello, se ven acosadas por el aprovechamiento sin control en el cual no se permite la regeneración pues se cortan todos los individuos maduros y solo escapan los que están en sitios no visibles o inaccesibles; el pastoreo y; los incendios forestales que impactan mayormente a los individuos más jóvenes y por tanto merman la población (Garnica, 2005).

#### **4.3.2. Relación con el manejo de la densidad**

El manejo de la densidad es el proceso de manipulación y control del espacio disponible para el crecimiento de los árboles, esto para la consecución de objetivos específicos y mediante dos herramientas: la densidad inicial y las cortas posteriores. La determinación de los niveles adecuados de densidad para una masa forestal en una situación determinada es un proceso complejo que depende de factores

biológicos, tecnológicos, económicos y operacionales específicos a las condiciones particulares del sitio a manejar (Long, 1985).

Al manejar la densidad mediante raleos o aclareos, se han encontrado variaciones considerables en la composición de las comunidades del sotobosque entre los distintos tratamientos. Así, los sitios con alta intensidad de aclareo, presentan una mayor riqueza de especies, pero aquellos tratados con aclareos de baja intensidad conservan mejor las especies del sotobosque típicas de estadios sucesionales tardíos (Battles *et al.*, 2000).

Sobre lo anterior, es sabido que al quitar la cobertura forestal, se produce una invasión de malezas (entendiéndose éstas como toda especie que no es de interés mayor para el manejo), impidiendo la regeneración natural y los esfuerzos de reforestación (Lal, 1986). Esto se ha reportado en masas de *Pinus pseudostrobus* en Galeana, Nuevo León, donde la alta densidad de individuos de *Agave macroculmis* producto de prácticas inadecuadas al sitio, al tratar la masa como un bosque regular aplicando el Método de Desarrollo Silvícola, cuando éste en realidad era un bosque de más de un piso que debía ser tratado selectivamente, lo que ha generado que la regeneración sea imposible, ya que, aunque se tiene una buena producción de semillas, los magueyes suponen una barrera física que impide el establecimiento de éstas; así también, los esfuerzos de revegetación han tenido los mismos resultados (Comunicación personal con el Actual Prestado de Servicios Técnicos Forestales del Ejido Ciénega del Toro) Este problema, se agrava por la estrategia de reproducción de los agaves, en la cual, cuando un agave adulto originado por semilla, florece y muere, deja descendientes producidos por rizomas que surgieron de su base y rizomas subsecuentes de la descendencia, formarán un aglomerado de plantas producidas vegetativamente y se incrementarán con el tiempo, siguiendo un patrón de crecimiento semejante a las famosas “bandas circulares” de varios hongos (Nobel, 1998).

Para el control de malezas, es necesario eliminar parcialmente la vegetación indeseable que limite el desarrollo de los individuos de interés, este trabajo puede hacerse de manera manual o mecánica empleando diferentes tipos de equipo y

herramientas. La maleza removida es susceptible de ser utilizada como arropo para guardar humedad y retener suelos (CONAFOR, 2010).

Brassiolo *et al.* (2008), analizaron el estrato arbustivo de dos sitios, uno bajo clausura y el otro, desarbustado 10 años atrás, encontrando que el número de arbustos por hectárea fue menor en la primera y que, luego de 10 años de realizada la intervención en la segunda, no existen diferencias entre el área desarbustada y el área que no sufrió este tratamiento.

En la NOM-152-SEMARNAT-2006, Que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas, se contempla la eliminación de arbustos y hierbas como uno de los tratamientos complementarios, bajo el requisito de describir de forma concisa sus especificaciones técnicas y propósito, así como en qué momento, en qué lugares y bajo qué condiciones se realizarán.

Los métodos para el control de malezas, pueden ser físicos, químicos o biológicos, que tienen distintos costos, beneficios y riesgos asociados, que varían en función del manejo (Hobbs y Humphries, 1995), aunque CONAFOR (2010), sugiere el uso de métodos manuales o mecánicos únicamente.

Es necesario considerar que las diferentes especies arbustivas poseen diferentes mecanismos de adaptación para mantener su presencia en el sistema. Esta consideración, junto con la necesidad de asegurar la regeneración adecuada del estrato arbóreo, hacen que muchas veces sea necesario buscar una combinación de tratamientos de desarbustado (Brassiolo *et al.*, 2008).

Para acotar las decisiones al manejo sustentable, se debe tomar en cuenta, que el estrato arbustivo, tiene una doble función con relación a la regeneración arbórea, puesto que puede comportarse como competencia, pero es también, protección para las plantas jóvenes del estrato arbóreo. (Brassiolo, 2007). Por lo que las labores de control de malezas mediante medios mecánicos, deberán de hacerse con cuidado y responsabilidad (Cortés y Fernández, sin fecha).

#### **4.4. Marco normativo**

Para aprovechar legalmente a los magueyes silvestres es necesario apearse a las siguientes Leyes, reglamentos y normas:

##### **4.4.1. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable**

Los artículos que atañen al aprovechamiento de recursos forestales no maderables y son aplicables por ende al aprovechamiento de *Agave macroculmis*.

Artículo 97. El aprovechamiento de recursos no maderables únicamente requerirá de un aviso por escrito a la autoridad competente. El Reglamento o las Normas Oficiales Mexicanas establecerán los requisitos y casos en que se requerirá autorización y/o presentación de programas de manejo simplificado. Cuando en un mismo terreno se pretendan realizar aprovechamientos comerciales de recursos forestales maderables y no maderables, los interesados podrán optar por solicitar las autorizaciones correspondientes en forma conjunta o separada ante la Secretaría. Los dos tipos de aprovechamiento deberán integrarse en forma compatible.

Artículo 100. No se otorgarán autorizaciones si el aprovechamiento pudiera poner en riesgo las poblaciones respectivas y las funciones ambientales de los ecosistemas, incluyendo suelo, agua y paisaje. En el Reglamento y en las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan, se establecerán los criterios, indicadores y medidas correspondientes.

##### **4.4.2. Reglamento de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable**

De los anteriores artículos se desprenden las siguientes especificaciones del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS):

Artículo 26. La inclusión del aprovechamiento de recursos forestales no maderables a un programa de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables, se considerará como modificación de este último.

Artículo 55. De conformidad con lo establecido en el artículo 97 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), se requerirá la presentación de un programa de manejo forestal simplificado y la autorización de la Secretaría,

cuando se trate de aprovechamientos forestales no maderables...de plantas completas de la familia *Agavaceae*...

Artículo 56. Las solicitudes para obtener autorización de aprovechamientos de recursos forestales no maderables, se deberán presentar mediante formato que expida la Secretaría, el cual contendrá el nombre, denominación o razón social y domicilio del interesado, así como de la persona responsable de dirigir la ejecución del aprovechamiento y vigencia. En su caso, se señalarán los datos de inscripción en el Registro del prestador de servicios técnicos forestales, así como el número de oficio y fecha de la autorización en materia de impacto ambiental. Junto con la solicitud a que se refiere el presente artículo deberá presentarse lo siguiente:

- I. Original o copia certificada del título de propiedad o posesión del predio o conjunto de predios de que se trate, inscrito en el registro público que corresponda, así como copia simple para su cotejo;
- II. Original o copia certificada del instrumento en que conste el derecho para realizar las actividades de aprovechamiento, mismo que deberá tener una vigencia igual o mayor a la establecida en el programa de manejo forestal simplificado;
- III. En el caso de ejidos y comunidades, original del acta de asamblea en la que conste su consentimiento para realizar el aprovechamiento, inscrita o en trámite de inscripción en el registro que corresponda, así como copia simple para su cotejo;
- IV. Manifestación por escrito, bajo protesta de decir verdad, de la situación legal del predio o conjunto de predios y, en su caso, sobre la existencia de conflictos relativos a la propiedad de los mismos que se encuentren pendientes de resolución;
- V. Plano georeferenciado, en el que se indiquen las áreas de aprovechamiento y ubicación de la unidad de manejo forestal cuando ésta exista, y
- VI. Programa de manejo forestal simplificado.

Del último de los requisitos el RLGDFS en su artículo 57 menciona que: los programas de manejo simplificado de recursos forestales no maderables deberán contener:

- a) Diagnóstico general de las características físicas, biológicas y ecológicas del predio;
- b) Análisis de los aprovechamientos anteriores y la respuesta del recurso a los tratamientos aplicados, con datos comparativos de las existencias reales;
- c) Vigencia del programa de manejo forestal simplificado;
- d) Especies con nombre científico y común, productos, así como las superficies en hectáreas y las cantidades en metros cúbicos, litros o kilogramos por aprovechar anualmente, las cuales deberán ser menores a la tasa de regeneración;
- e) Estimación de las existencias reales y tasa de regeneración de las especies o sus partes por aprovechar, incluyendo la descripción del procedimiento de estimación;
- f) Definición y justificación del periodo de recuperación al que quedarán sujetas las áreas aprovechadas, de acuerdo con las características de reproducción y desarrollo de las especies de que se trate;
- g) Criterios y especificaciones técnicas de aprovechamiento;
- h) Labores de fomento y prácticas de cultivo para asegurar la persistencia del recurso;
- i) Medidas para prevenir y controlar incendios;
- j) Descripción y programación de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales negativos. Cuando exista dictamen favorable en materia de impacto ambiental para el aprovechamiento solicitado, se exceptuará lo indicado en el presente inciso, y
- k) En su caso, el nombre, denominación o razón social y datos de inscripción en el Registro de la persona responsable de elaborar el programa de manejo forestal simplificado y de dirigir la ejecución del aprovechamiento.

Artículo 58. Los criterios, las especificaciones técnicas y los periodos de aprovechamiento de los recursos forestales no maderables se determinarán de acuerdo con los ciclos de recuperación y regeneración de la especie y sus partes por aprovechar.

Artículo 59. Los avisos y autorizaciones de aprovechamiento de recursos forestales no maderables tendrán una vigencia máxima de cinco años. Cuando el titular del aprovechamiento opte por incluir el aprovechamiento de recursos forestales no maderables en un programa de manejo de recursos forestales maderables, la vigencia máxima será hasta por un término igual al ciclo de corta del aprovechamiento maderable autorizado

#### **4.4.3. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**

El artículo quinto de esta ley, menciona que son facultades de la Federación y la expedición de las normas oficiales mexicanas así como la vigilancia de su cumplimiento en las materias previstas en la misma.

De la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental se desprenden las siguientes Normas Oficiales Mexicanas, en las cuales destaca nula actualización al hablarse aún de “notificaciones”, las cuales han sido reemplazadas por los avisos de aprovechamiento.

##### **4.4.3.1. NOM-008-RECNAT-1996**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de cogollos, y resulta pertinente a la especie pues justamente aplica al aprovechamiento del “quiote”.

Las especificaciones técnicas (numeral 4.1.6), para el aprovechamiento de cogollos son:

- Sólo se podrán aprovechar plantas en la etapa de madurez de cosecha;

- Deberá dejarse distribuido uniformemente, en el área de aprovechamiento, como mínimo, el 20% de las plantas en la etapa de madurez de cosecha, para propiciar la regeneración por semillas;...
- Para el corte del cogollo se deberá utilizar la herramienta adecuada, evitando dañar la zona de crecimiento terminal y los hijuelos.

El numeral 4.1.7 refiere que cuando se aprovechen cogollos de especies diferentes a palma samandoca y lechuguilla, como el caso de *Agave macroculmis* el responsable técnico establecerá los criterios y especificaciones técnicas en la notificación respectiva.

Sobre el almacenamiento en el numeral 4.2. se dicta que los responsables de los centros de almacenamiento de cogollos, incluyendo aquellos que estén ubicados en las instalaciones de los centros de transformación, deben:

- I. Solicitar la inscripción de los mismos en el Registro Forestal Nacional, acreditando su personalidad y debiendo proporcionar los siguientes datos del establecimiento:
  - a. Nombre, denominación o razón social;
  - b. Domicilio fiscal;
  - c. Copia de la Cédula de Identificación Fiscal o del Registro Federal de Contribuyentes;
  - d. Ubicación;
  - e. En su caso, el giro o giros a que se dedique el centro de transformación en cuestión, y
  - f. Capacidad de almacenamiento y, en su caso, de transformación instalada en toneladas.
- II. Informar trimestralmente dentro de los primeros 10 días hábiles de los meses de abril, julio, octubre y enero de cada año, a la Delegación de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (originalmente menciona a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) en la Entidad Federativa correspondiente, sobre las entradas y salidas del producto durante el trimestre inmediato anterior.

Respecto al transporte, éste es tratado en el numeral 4.3. de la Norma en los siguientes:

4.3.1. El transporte de cogollos desde el predio bajo aprovechamiento, hacia los centros de almacenamiento o de transformación, se realizará al amparo de remisión o factura comercial, expedida por el dueño o poseedor del recurso, o el responsable del centro de almacenamiento, siempre y cuando dicho producto se transporte por cualquier vehículo automotor.

4.3.2. La factura o remisión comercial deberá contener, además de los requisitos establecidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, lo siguiente:

- I. Número de folio asignado por la Delegación Federal de la Secretaría, al acusar recibo de la notificación de aprovechamiento correspondiente;
- II. Ubicación y número de inscripción del centro de almacenamiento en el Registro Forestal Nacional;
- III. En su caso, nombre y ubicación del predio del cual proviene el producto, y
- IV. Domicilio al que se envía el producto y el peso que se remite.

#### **4.4.3.2. NOM-005-RECNAT-1997**

Esta norma establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal, lo cual atañe a la especie en cuestión sobre todo en la obtención de materia prima para aguamiel, pulque y mezcal, entre otros.

Las especificaciones técnicas, quedan establecidas en el numeral 4.1.10, y son:

- Aprovechar solo plantas en la etapa de madurez de cosecha;
- Dejar distribuido uniformemente en el área de aprovechamiento, sin intervenir como mínimo el 20% de las plantas en la etapa de madurez

de cosecha, para que lleguen a su madurez reproductiva y propiciar la regeneración por semilla...

- Para el aprovechamiento de plantas completas de especies diferentes de palmas dioicas, biznagas (*Equinocactus spp.* y *Ferocactus spp.*), el responsable técnico establecerá los criterios y especificaciones técnicas en la notificación respectiva

Sobre el almacenamiento y transporte de plantas completas, las especificaciones son las mismas que se observan en la NOM-008-RECNAT-1996 (ver tema anterior).

#### **4.4.3.3. NOM-007-RECNAT-1997**

Ésta, establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas. Por tanto, resulta aplicable al *Agave macroculmis* en caso de que se pretenda utilizar sus pencas en productos como el forraje, o frutos y semillas con miras a la alimentación o propagación

El aprovechamiento de las pencas, flores, frutos y semillas, según dicta el numeral 4.1.6 la Norma, se sujetará a las siguientes especificaciones técnicas:

##### Pencas

- Sólo se podrán aprovechar plantas en la etapa de madurez de cosecha, identificándolas, por el tamaño y las características vegetativas de cada especie;
- Deberá dejarse distribuido uniformemente, en el área de aprovechamiento sin intervenir, como mínimo el 20% de las plantas en etapa de madurez de cosecha, para que lleguen a su madurez reproductiva y propiciar la regeneración por semilla;
- El aprovechamiento de pencas se realizará sobre aquellas que han alcanzado su madurez de cosecha y cortando como máximo el 50%

- Para favorecer el desarrollo de nuevas plantas de maguey, se recomienda el trasplante de hijuelos en las mismas áreas de aprovechamiento.

#### Flores, frutos y semillas

- El aprovechamiento y recolección se hará sobre plantas que tengan suficiente producción, no interviniendo aquellas en la que la misma sea incipiente;
- Al realizar la colecta se usará la herramienta adecuada con el fin de no dañar a la planta intervenida;
- En cada planta aprovechada se deberá dejar, uniformemente distribuido, cuando menos, el 20% de los productos para propiciar la reproducción sexual;
- Al realizar el aprovechamiento o recolección, se deberán excluir las plantas fenotípicamente sobresalientes, con el objeto de favorecer la regeneración y el mejoramiento de la especie aprovechada, y
- En años de baja producción, posteriores a los años semilleros, deberá reducirse la intensidad de recolección o aprovechamiento, dejando en cada planta, cuando menos, el 50% de órganos reproductores que favorezcan la reproducción sexual.

Con respecto al almacenamiento y transporte de pencas, flores frutos y semillas, las especificaciones son las mismas que se observan en la NOM-008-RECNAT-1996 referida anteriormente.

#### **4.4.4. Ley General de vida silvestre**

Las consideraciones aplicables al aprovechamiento de *Agave macroculmis* contenidas en esta ley, están dadas por la condición completamente silvestre de la especie y son:

Artículo 24. En las actividades de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre se respetará, conservará y mantendrá los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades rurales que

entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat y se promoverá su aplicación más amplia con la aprobación y la participación de quienes posean esos conocimientos, innovaciones y prácticas. Asimismo, se fomentará que los beneficios derivados de la utilización de esos conocimientos, innovaciones y prácticas se compartan equitativamente.

Artículo 92. Las personas de la localidad que realizan aprovechamiento de ejemplares, partes y derivados de vida silvestre para su consumo directo, o para su venta en cantidades que sean proporcionales a la satisfacción de las necesidades básicas de éstas y de sus dependientes económicos, recibirán el apoyo, asesoría técnica y capacitación por parte de las autoridades competentes para el cumplimiento de las disposiciones de la presente Ley y de su reglamento, así como para la consecución de sus fines. Las autoridades competentes promoverán la constitución de asociaciones para estos efectos.

Artículo 93. La Secretaría, en coordinación con el Instituto Nacional Indigenista y las Entidades Federativas, integrará y hará públicas, mediante una lista, las prácticas y los volúmenes de aprovechamiento de ejemplares, partes o derivados de vida silvestre para ceremonias y ritos tradicionales por parte de integrantes de comunidades rurales, el cual se podrá realizar dentro de sus predios o con el consentimiento de sus propietarios o legítimos poseedores, siempre que no se afecte la viabilidad de las poblaciones y las técnicas y medios de aprovechamiento sean las utilizadas tradicionalmente, a menos que éstos se modifiquen para mejorar las condiciones de sustentabilidad en el aprovechamiento. En todo caso promoverá que se incorporen acciones de manejo y conservación de hábitat a través de programas de capacitación a dichas comunidades rurales. La Secretaría podrá establecer limitaciones o negar el aprovechamiento, en los casos en que la información muestre que dichas prácticas o volúmenes están poniendo en riesgo la conservación de las poblaciones o especies silvestres.

#### **4.4.5. PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012**

Como el nombre lo dice, actualmente existe un proyecto de Norma Oficial Mexicana que establece los criterios para realizar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables existentes en los ecosistemas forestales; bosques de clima templado frío, selvas y zonas áridas y semiáridas-Especificaciones técnicas.

Con este proyecto, se pretende simplificar la normatividad de los recursos forestales no maderables, partiendo de una revisión técnica y jurídica que resuelve que considerando que los procedimientos relativos al transporte y almacenamiento que contienen las normas vigentes, son materia de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento, y por tanto no deben ser tomados en cuenta para la actualización, dejando únicamente las especificaciones técnicas.

#### **4.5. Criterios para el aprovechamiento**

##### **4.5.1. Sistemas de manejo**

Las poblaciones de *Agave macroculmis* ocurren exclusivamente de forma silvestre Mora *et al.* (2011), y por ello, habitan junto a otras plantas y animales en ecosistemas variados, y cada una de ellas está integrada por plantas de distintas generaciones, con un año de diferencia entre ellas. Por tanto, cada año, en la misma estación, las plantas que llegan a la madurez florecen y liberan semillas que son la nueva generación, y con este reemplazo anual, es posible realizar una cosecha cada año (Aguirre, 2005).

Aunque se diga que hay poblaciones de magueyes silvestre, sucede con ellas lo mismo que con muchas otras planas útiles: se desarrollan de la mano con variadas formas de manejo tradicional aplicadas por familias campesinas e indígenas, por lo que dependen en mayor o menor medida de las actividades antropogénicas. Este manejo, generalmente es poco intensivo, pero a la larga demuestra ser eficiente y productivo, brindando así, una alternativa a la cultura de la plantación industrial. Así, hay magueyes que son extraídos del monte, prácticamente sin ser manejados, catalogándose así, como especies forestales

no maderables; hasta agaves que se desarrollan en medios creados por la actividad humana. Por desgracia, en México es común el desprecio hacia los magueyes silvestres y semidomesticados, por lo que predomina el desconocimiento de los sistemas de manejo tradicionales. (Illsey, 2003).

Partiendo de esto, Illsey (2003), clasifica los sistemas de manejo de magueyes silvestres en dos principales: monte y agroecológicos (Figura 18).

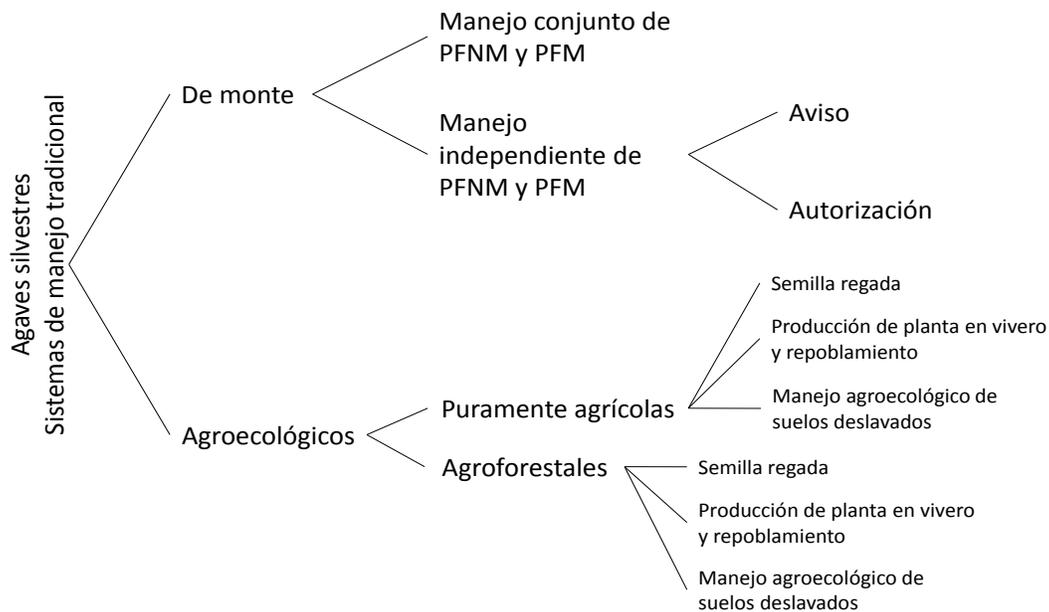


Figura 18. Sistemas de manejo tradicionales para magueyes silvestres (elaboración propia con datos de Illsey, 2003, LGDFS y RLGDFS).

#### 4.5.1.1. Sistema de Monte

En él, las plantas se desarrollan en su ecosistema natural, donde su establecimiento es espontáneo, supone ciertas ventajas y desventajas (Cuadro 5), para su ejecución, se aplican las siguientes prácticas:

- Dejar suficientes quiotes para semilla; para lo cual se deben seguir las especificaciones de la NOM-005-RECNAT-1997, dejando sin intervenir como mínimo el 20% de las plantas en etapa de madurez de cosecha.
- No cortar maguey tierno; se debe garantizar que toda planta cosechada esté en estado de velilla o capón, puesto que se ha

demostrado que la extracción de los individuos más grandes provoca menos distribución en la tasa de crecimiento de población, comparado con la extracción de varias categorías de tamaño simultáneamente (GEAAC, sin fecha).

- Cuidar a los polinizadores (insectos y murciélagos).
- No cortar flores para comer ni para el ganado ni para los venados.
- No cortar el qurote antes de que maduren y sequen los frutos y las semillas se dispersen.
- Cercar áreas para proteger al maguey del ganado.
- Evitar y combatir incendios.
- Planear la producción del maguey; planeación que dependerá de cuánto maguey se cosecha ahora y de cuánto se quiere cosechar en el futuro.

Cuadro 5. Ventajas y desventajas de la aplicación del sistema de manejo tradicional de monte (elaboración propia con datos de Illsey, 2003).

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<p>-No requiere de muchos cuidados ni de mucho esfuerzo (más que para la cosecha).</p> <p>-Se puede cosechar año con año.</p> <p>-No se tala el monte para poner plantaciones de maguey.</p> <p>-Se mantienen todos los beneficios del monte: suelo, agua, leña, plantas medicinales, fauna silvestre y mejor clima.</p> <p>-No se aplican agroquímicos, es orgánico.</p> <p>-Se conservan grandes territorios de monte, que atrae a los polinizadores.</p> <p>-Se cruzan los magueyes de manera natural y se pueden mantener más fuertes las poblaciones.</p> <p>-Si se hace un buen plan de manejo y se aplica, es una forma muy moderna de manejar el maguey, porque no es destructiva.</p>	<p>-Se producen pocas plantas por hectárea; cosechar requiere de mucho esfuerzo, sobre todo de caminar lejos.</p> <p>-Si no se hace con cuidado se puede acabar todo el maguey en pocos años.</p> <p>-Comparte los sitios con el ganado que pisotea y come los magueyes, sobre todo los chicos.</p> <p>-Está expuesto a incendios.</p>

Con base en la LGDFS y el RLGDFS, en este sistema, es posible realizar el aprovechamiento del maguey bajo dos esquemas: incluyendo el aprovechamiento de recursos forestales no maderables a un programa de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables,

que se considerará como modificación de este último, con lo cual la vigencia máxima será hasta por un término igual al ciclo de corta del aprovechamiento maderable autorizado; o realizando ambos por separado, y así los avisos y autorizaciones de aprovechamiento de recursos forestales no maderables tendrían una vigencia máxima de cinco años (Figura 18).

La LGDFS, dicta para el primer caso, que al conjuntarse el aprovechamiento forestal maderable y el no maderable, éstos deberán integrarse de forma compatible. Se deben considerar los aspectos operacionales, puesto que se han reportado discrepancias en los ciclos de aprovechamiento entre especies del sotobosque y aquellas del estrato arbóreo que hacen imposible diseñar protocolos de inventario integrales (Louman *et al.*, 2008). Así también, debe tomarse en cuenta, el manejo de la densidad, puesto que la compatibilidad del manejo de madera y los productos forestales no maderables, se ve afectado positiva y negativamente por la intensidad de los aprovechamientos (Putz *et al.*; 2001), así como por los impactos directos posteriores a la cosecha, tales como cambios en las tasas de mortandad en árboles (Schulze y Zweede 2006), y modificación a la estructura del bosque, dados por el aumento en la disponibilidad de luz (Pereira *et al.* 2002).

#### **4.5.1.2. Sistemas agroecológicos**

Aquí, el maguey es cultivado en parcela partiendo de los principios de su desarrollo natural, y puede darse el cultivo único de maguey; o en conjunto con especies forestales, es decir que se van sembrando tanto magueyes como árboles. Puede ser una hilera de maguey seguida de una de árboles o varias de maguey y una de árboles. Esto se puede hacer en curvas a nivel y así se hace conservación de suelo a la vez que se produce maguey, leña y forraje (sistema agroforestal). Se subdivide a su vez en:

##### **Sistema de semilla regada**

Se lleva a cabo en propiedades pequeñas y cercadas generalmente aledañas a las casas. Los magueyes están inducidos a formarse en grupos o manchones en ocasiones muy densos, con lo que las densidades de maguey son de 3,000

a 4,000 magueyes por hectárea. Es necesario dejar de cuatro a seis individuos semilleros por hectárea, procurando que se encuentren al centro del terreno para con ello evitar la merma por animales y personas, a la vez que se reduce la inversión de tiempo y esfuerzo en la dispersión de semillas. Tiene además otras tantas ventajas, mismas que se exponen en el Cuadro 6.

En caso de que una planta con muy buenas cualidades de semillero se localice en sitios rocosos o inadecuados, de igual forma se dejan, y cuando los frutos estén secos se sacan las semillas para ser regadas al voleo, o colocarlas en lo alto de otros escapos con fruto, árboles muy bajos o ramas inferiores de árboles altos, con el fin de que se dispersen y controlar el sitio que se quiere poblar. En caso de que las semillas germinaran en sitios muy cercanos, es posible trasplantar las plántulas, dejando con ello, una distribución uniforme en el terreno.

Para obtener mejores resultados se pueden guardar las semillas para dispersarlas después de las primeras lluvias y así evitar que los insectos y roedores las coman.

Cuadro 6. Ventajas y desventajas de la aplicación del sistema de manejo tradicional agroecológico de semilla regada (elaboración propia con datos de Illsey, 2003).

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Es barato.</li> <li>-Se cosecha cada año, extrayendo más o menos el mismo número de magueyes maduros en cada cosecha.</li> <li>-Se va mejorando la planta por la selección de semilleros.</li> <li>-No hay pérdida de suelo porque no se rotura ni se deshierba, ya que siempre hay magueyes.</li> <li>-Los magueyes se encuentran compartiendo el terreno con otras plantas, hierbas y árboles, lo cual disminuye el riesgo de plagas.</li> <li>-No hay que esforzarse tanto para cosechar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Algunas semillas y plántulas se pierden al ser comidas por hormigas y otros animales.</li> <li>-En ocasiones las plantas crecen demasiado juntas y compiten entre sí.</li> <li>-Se necesita invertir un poco más de trabajo que en el manejo de monte.</li> <li>-Un poco más de peligro de ataque de plagas y enfermedades, porque están las plantas juntas, pero es posible controlarlo a mano o con técnicas orgánicas.</li> </ul>

## **Sistema de producción de planta en vivero y repoblamiento**

La semilla es obtenida del monte y las plántulas se producen en viveros para ser trasplantada al monte cuando alcance un tamaño óptimo. El objetivo de la siembra es recuperar la densidad propia del sitio según la memoria histórica de los pobladores.

Las especificaciones para la producción de planta en vivero son:

- Se recoge la semilla del monte entre abril y mayo (aunque la especie objeto del presente, tiene su floración a finales de verano, principios de invierno, según menciona Sparr -2012- ) bajándola con cuidado, con garrucha o a mano.
- Se separan las semillas buenas, de color negro brillante. Se ponen en bolsas de papel para que terminen de secar. La semilla seca se puede almacenar en un lugar fresco y seco por uno o dos años (de almacenarse más tiempo, perderán viabilidad).
- Se prepara el sustrato, que puede ser de tres partes de arena media, dos partes de arcilla y una de limo.
- La germinación preferentemente será en platabandas de un metro de ancho por diez o veinte metros de largo.
- La semilla se riega al voleo, sin dejar que se entierre demasiado, sino quedando casi a flor de tierra.
- Al principio habrá que ponerle una sombra ligera, que se va retirando poco a poco hasta dejarlo totalmente expuesto al sol a los seis u ocho meses
- Los primeros 70 días dar dos riegos diarios, en la mañana y en la tarde, procurando que el agua caiga suavemente, para que las semillas no se desentierren. Después se riega cada tercer día y dos meses antes de sacarla al campo se riego solo cada ocho o cada quince días para así “endurecerla”.
- Se debe deshierbar frecuentemente.

- En caso de que haya plántulas aglomeradas, éstas deben separarse, pudiéndose trasplantar a bolsas, mismas que deberán moverse al menos cada seis meses para así evitar que enraícen en el suelo.
- Para el trasplante, los individuos deberán tener al menos cinco pencas, aunque el ideal sería diez para garantizar su sobrevivencia en campo.
- Las plantas se desentierran y se dejan a raíz desnuda entre dos a siete días antes de sembrarlas.

Una vez realizado lo anterior, se procede a sembrar la planta en el monte, para lo cual se seguirán las siguientes consideraciones:

- El sitio donde se va a sembrar debe ser adecuado para el crecimiento del maguey, de preferencia no muy sombreado, en claros del bosque o partes despejadas.
- Cercar el terreno
- Sembrar al inicio de la época de lluvias
- Transportar la planta con cuidado, en cajas o costales.
- Hacer los pozos adecuados al tamaño de la planta, de modo que se acople completamente. Se puede poner la tierra de arriba en el fondo del pozo, para que sirva de abono.
- Dejar un espaciamiento aproximado de dos metros.

Contrario a los anteriores sistemas, éste presenta la misma cantidad de ventajas y desventajas, sin embargo, la decisión de aplicarlo dependerá en gran medida, del peso que cada una de ellas tenga en los casos particulares (Cuadro 7).

Cuadro 7. Ventajas y desventajas de la aplicación del sistema de manejo tradicional agroecológico de producción de planta en vivero y repoblamiento (elaboración propia con datos de Illsey, 2003).

Ventajas	Desventajas
-Se aprovecha mejor la semilla, porque en el vivero, con el riego la planta brota pronto y no se la comen las hormigas ni otros animalitos del campo. -Se generan empleos. -El vivero y las plantas sembradas pueden ser una fuente importante de ingresos para la comunidad.	-Es cara. -Las plantas se acostumbran a las condiciones controladas del vivero y al salir al monte muchas no sobreviven. -Depende, hasta ahora, de que haya dinero del gobierno para la producción de planta y la siembra.

### Manejo agroecológico de restauración de suelos deslavados

En este caso se persigue la recuperación y restauración de suelos degradados por la agricultura, mediante la siembra de magueyes para posteriormente incorporar otros cultivos que coadyuven a conseguir el objetivo anterior.

Dado su objetivo, la principal ventaja de este sistema es que se recuperan suelos que ya se estaban perdidos o casi perdidos para el cultivo, mientras que la desventaja será que los magueyes no tengan un vigor muy apto para su aprovechamiento (por la mala calidad de los suelos).

Para su aplicación, se tienen las siguientes especificaciones

- El maguey se siembra con un espaciamiento de medio metro, en surcos amplios o en amelgas para formar terrazas.
- Se puede combinar con obras de conservación de suelos o con zanjas trinchera.
- A partir del segundo año se intercala con diversos cultivos como: nopal, chile, maíz, frijol, o con árboles para forraje y leña.

#### 4.5.2. Determinación de la madurez de cosecha

En los productos forestales no maderables, suele ser difícil determinar la madurez de cosecha, y por tanto, para su estudio es conveniente distinguirlos por

categorías referentes a sus etapas de desarrollo, las cuales son: juveniles, pre reproductivos, reproductivos y maduros (Cuadro 8). Estas categorías tienen gran valor funcional al permitirnos inferir sobre la dinámica poblacional de los agaves (Morales *et al.*, 2002).

Cuadro 8. Categorización del maguey con base en etapas de desarrollo (elaboración propia con datos de Morales *et al.*, 2002).

<b>Etapas</b>	<b>Característica</b>
Juveniles	Hijuelos o vástagos que emergen claramente de una planta madre vecina.
	Se ubican de manera independiente de alguna planta madre.
Pre reproductivos	Aún no inician la reproducción vegetativa mediante la producción de vástagos a partir de ellos.
Reproductivos	Ya han iniciado la producción de retoños o hijuelos de manera asexual.
	Han iniciado la etapa de reproducción sexual
Maduros O sazones	Inicio de la emisión del escapo floral Las pencas más cercanas al cogollo son diferencial mente más delgadas y erguidas que el resto

Aunado a lo dicho hay que considerar que no existe un camino para saber con exactitud cuándo madurará cada maguey, ya que esto no depende de los años que tenga ni de su tamaño, y por tanto solo se puede estimar cuántas cabezas madurarán cada año. Por ello será necesario hacer un monitoreo cada año, recorriendo el campo antes de que empiece la temporada de cosecha, para contar los magueyes que han madurado y marcar los que deben dejarse para semilla (Illsley, 2003).

### **4.5.3. Inventario de manejo**

#### **4.5.3.1. Diseño de muestreo**

Con base en estudios previos de Morales *et al.*, 2002 e Illsey, 2003, el paso inicial para el muestreo es el mapeo de cada área con presencia de magueyes, con la ayuda de salidas a campo y un Geoposicionador Satelital.

Ambos autores, plantearon la metodología con fines a cuantificar las existencias reales de magueyes silvestres (Figuras 19 y 20). El primero realizó muestreo sistemático, mientras que la segunda propone uno aleatorio sistemático. En el Cuadro 9, se describen las características de cada uno de los diseños de muestreo propuestos.

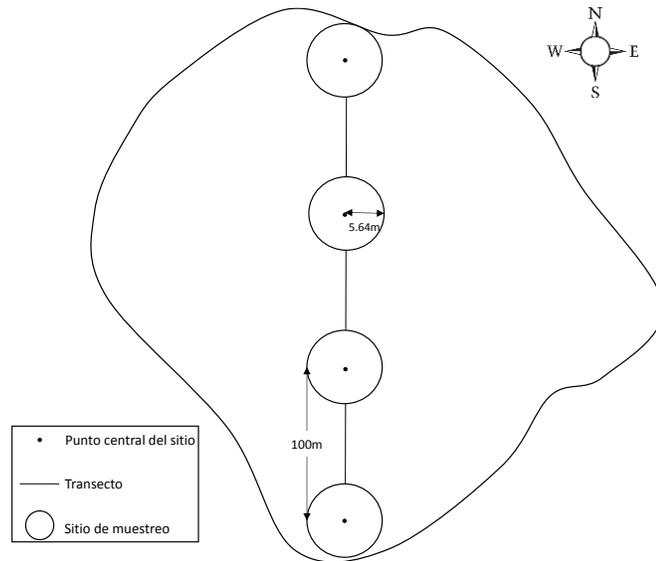


Figura 19. Muestreo de magueyes silvestres (elaboración propia con datos de Illsey, 2003).

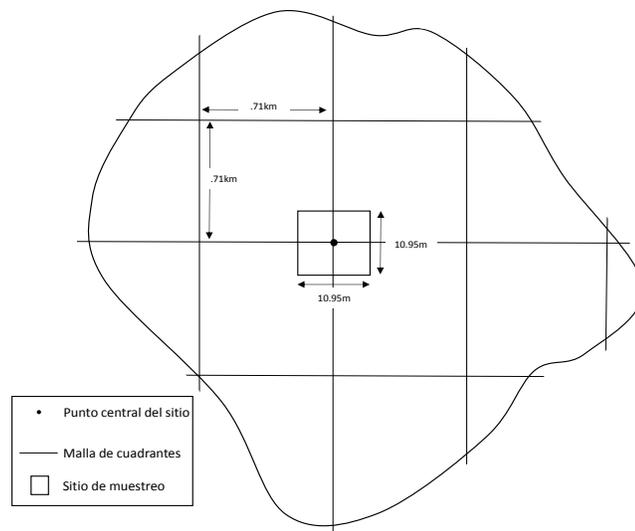


Figura 20. Muestreo de magueyes silvestres (elaboración propia con datos de Morales et al., 2002).

Cuadro 9. Características del diseño de muestreo de maguey silvestre (elaboración propia con datos de Illsey, 2003 y Morales *et al.* 2002)

Componente	Características	
	Illsey, 2003	Morales <i>et al.</i> , 2002
Técnicas de muestreo	Aleatorio sistemático Primer sitio al azar, sitios distanciados por 100-150m, con dirección a un mismo punto cardinal.	Sistemático Transectos definidos previamente a través de una malla de .5km <sup>2</sup>
Intensidad	Mínimo un 1% de la superficie a muestrear.	Dada por la relación entre superficie a muestrear y la distancia de .5k <sup>2</sup> entre transectos.
Sitios	Círculos de 100m <sup>2</sup> con punto central en las inflexiones del transecto.	Cuadrantes de 120 m <sup>2</sup> (10.95m*10.95m) con punto central en las intersecciones de los transectos.
VARIABLES	-Categoría de desarrollo. Con el fin de determinar mediante regresión, las mejores variables para estimar biomasa se midieron: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro de copa.</li> <li>• Altura de piña (del suelo a la base del cogollo).</li> <li>• Número de pencas vivas.</li> <li>• Número de pencas muertas.</li> <li>• Peso fresco de pencas.</li> <li>• Peso fresco de piña.</li> <li>• Peso seco de pencas.</li> <li>• Peso seco de piña</li> </ul> Resultando más efectivas para el cálculo de existencias reales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura de planta.</li> <li>• Radio de copa.</li> </ul>	Categoría de desarrollo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura desde la base.</li> <li>• Número de hojas.</li> </ul>

#### 4.5.3.2. Determinación de existencias reales

Con base en las especificaciones técnicas de las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-007-RECNAT-1997, y NOM-005-RECNAT-1997, así como por lo descrito por Illsey (2003) y Morales *et al.* (2002); se proponen los siguientes métodos para el cálculo de existencias reales en función del producto a obtener.

### **Individuos por categoría de edad por hectárea**

Para conocer este dato, bastará con extrapolar el número de individuos por categoría de edad en sitios de 100m<sup>2</sup> a hectáreas, esto es:

$$NCE = \left( \frac{10,000 * nce}{100} \right) * S$$

Donde:

*N*= Número de individuos por categoría de edad por hectárea

*nce*= Número de individuos por categoría de edad por sitio

*S*= Superficie total del área muestreada

### **Plantas completas aprovechables**

Con el fin de obtener en número completo de plantas completas aprovechables por hectárea se considerará el número de individuos en madurez de cosecha por hectárea (ver ecuación anterior) y lo dispuesto en la NOM-005-RECNAT-1997, así:

$$PCA = IC * .8$$

Donde:

*PCA*= Plantas completas aprovechables por hectárea

*IC*= Individuos en madurez de cosecha por hectárea

.8= Porcentaje de individuos aprovechable permitido por la NOM-005-RECNAT-1997

### **Pencas aprovechables**

El número de individuos en madurez de cosecha por hectárea se relaciona con el número de pencas promedio y lo descrito en la NOM-007-RECNAT-1997, de lo cual resulta la siguiente ecuación:

$$PA = IC * \frac{P}{2} * .8$$

Donde:

$PA$ = Pencas aprovechables por hectárea

$IC$ = Individuos en madurez de cosecha por hectárea

$\frac{P}{2}$ = Pencas promedio para los individuos en madurez de cosecha, sobre el porcentaje de pencas aprovechables permitidas por la NOM-005-RECNAT-1997

.8= Porcentaje de individuos aprovechable permitido por la NOM-005-RECNAT-1997

## 5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los temas para los cuales se logró compilar información fueron: origen y antecedentes, descripción de la especie, estatus, usos, problemática, normatividad y criterios para el aprovechamiento.

Si se suma el total de fuentes con base en el Cuadro 10, tendremos más de cien, pero hay que aclarar que en algunos de los temas se repitieron autores o medios. La mayor cantidad de fuentes suponían generalidades para los agaves, y otra tanta, generalidades para los magueyes silvestres. Se afirma por tanto, que es necesario ahondar en el estudio específico de *Agave macroculmis*.

Cuadro 10. Número de fuentes por tema.

Tema	Número de fuentes
Origen y antecedentes históricos	5
Descripción de la especie	25
Estatus	1
Usos	38
Problemática	15
Normatividad	8
Criterios para el aprovechamiento	14

El campo con mayor número de fuentes localizadas fue el relativo a los usos, aunque como se mencionó anteriormente, el grueso de ellos, fue información del género homologable a la especie. En el mismo orden, se encontraron 25 fuentes para la descripción de la especie, y fue justamente en este campo en el que se encontró un poco más de información específica, aunque no toda ha sido actualizada (Figura 21).

El bajo porcentaje referente al estatus de la especie, no es significativo, puesto que solo existe una fuente oficial para la afirmación de esto.

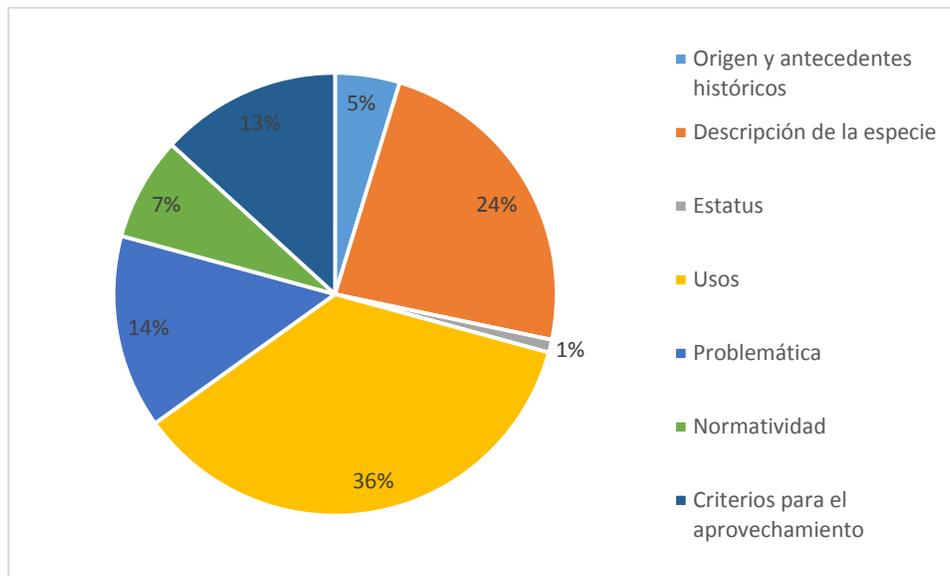


Figura 21. Porcentaje de fuentes por tema.

Ahora bien, el caso del Origen y antecedentes históricos, tampoco refleja un bajo porcentaje de estudios sobre este rubro, sino que se descartó un gran número de información ya que el enfoque del documento así lo requería. Sin embargo, aplica la misma observación hecha anteriormente: no se cuenta con referencias históricas propias de la especie, fuera de su distribución original.

Basándose en los porcentajes y en la acotación de que una vez más, el número de fuentes disponibles era mayor, pero se debió discriminar dado el objetivo del presente, es evidente que se conoce más que bien, la gran cantidad de usos de los magueyes; sin embargo, esto es contrastante con la poca información que se logró recabar, referente a los criterios para el aprovechamiento, campo del cual, cabe decir que no se hizo discriminación alguna, salvo la referida en la metodología. Por tanto, y a sabiendas de que la especie en cuestión representa un alto valor ecológico, económico y social, se recomienda profundizar en el desarrollo de herramientas de aprovechamiento y manejo que garanticen que la problemática encontrada no siga en aumento, sino más bien, se recuperen las poblaciones silvestres y coadyuve a las comunidades rurales que de ella dependan, herramientas como: ecuaciones para el cálculo de biomasa, ecuaciones para el cálculo de rendimientos, evaluación de respuesta a tratamientos, etc.

Se encontraron nueve rutas elegibles como sistemas de manejo para magueyes silvestres (como la especie que nos ocupa):

1. Sistema de monte, manejo conjunto de PFNM y PFM
2. Sistema de monte, manejo independiente de PFNM y PFM mediante un Aviso de aprovechamiento
3. Sistema de monte, manejo independiente de PFNM y PFM mediante una autorización para el aprovechamiento.
4. Sistema agroecológico puramente agrícola de semilla regada.
5. Sistema agroecológico puramente agrícola de producción de planta en vivero y repoblamiento.
6. Sistema agroecológico puramente agrícola de manejo agroecológico de suelos deslavados.
7. Sistema agroecológico con enfoque agroforestal de semilla regada.
8. Sistema agroecológico con enfoque agroforestal de producción de planta en vivero y repoblamiento.
9. Sistema agroecológico con enfoque agroforestal de manejo de suelos deslavados.

Para la elección de una u otra, será necesario sopesar no solo la biología de la especie, sino también, el ambiente en que ocurre, las condiciones sociales asociadas y los objetivos de manejo y producción.

## 6. LITERATURA CITADA

- [Fecha de consulta: 15 mayo 2015]. Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57708102>
- Abarca, A. J. 2010. Aislamiento y Caracterización de la Bacteria *Zymomonas Mobilis*. Universidad De Guayaquil Facultad de Ingeniería Química. Guayaquil, Ecuador. 122 p. [Fecha de consulta: 02 mayo 2015]. Disponible en:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1968>
- Abundis, V. B. 2006. Monografía de agave pulquero. México: Secretaría de Desarrollo Rural.
- Aguirre X. 2005. Tríptico “Los magueyes mezcaleros”. Comisión Nacional para el uso de la Biodiversidad (CONABIO). [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/FsVmQq>
- Aguirre, R. J., Charcas, R. H., Flores, L. F. 2001. El Maguey mezcalero potosino. Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, UASLP.
- Alanís, G. J., González, M., 2011. Formas de uso de los magueyes (*Agave spp.*) en Nuevo León, México. RESPYN “Revista Salud Pública y Nutrición” Edición Especial No. 5 2011 pp. 287-299.
- Andrado, J.L., Barrera, E., Reyes, G. C., Ricalde, V.M. Soto, G., Cervera, J. C. 2007. El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. Boletín de la Sociedad Botánica de México, No. 81. 37-50 pp.
- Arizpe, G. P: 1975. Digestibilidad del maguey. Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León.
- Badillo, O. B., 2004. Determinación de variables nutricionales del maguey mezcalero potosino (*Agave salmiana* Otto ex. Salm-Dick) para su uso en rumiantes. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

- Battles, J. J., Shlisky, A. J., Barret, R. H., Allen, B. 2000. The effects on plant species diversity in a Sierran Conifer forest. *Forest Ecology and Management* Vol. 146 pp 211-222. [Fecha de consulta: 04 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/Fgs3g6>
- Brassiolo M. 2007. Manual para el manejo forestal sustentable de los bosques nativos de la Provincia del Chaco. 135 p. [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/gh1m2U>
- Brassiolo M., Lorea L., González, D.P., Zárate, M. H. 2008. Reacción del estrato arbustivo a diferentes intervenciones y presencia de ganado vacuno, en el Chaco Semiárido. *Quebracho* Vol. 16 pp. 51-61. [Fecha de consulta: 01 abril 2015]. Disponible en: <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/n16a05.pdf>
- Caiceros, G.A. 2010. Estudio Poblacional Etnoecológico de Especies Selectas del Género *Agave* Grupo *Salmianae* en la Sierra de “El Doctor”, Querétaro. Posgrado en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro., México.
- Castillo, H. H., Treviño, C. J. 2009. Biología floral de *Agave gentryi* ullrich (agavaceae) en la localidad de la marcela, miquihuana, tamaulipas. *Ciencia UAT*, Diciembre de 2009. pp. 62-69. [Fecha de consulta: 15 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/C2Fu27>
- Centro de Información Ambiental de Norteamérica A.C.(CICEANA). 2009. Con sabor a maguey. 8 p. [Fecha de consulta: 06 mayo 2015]. Disponible en: [www.ciceana.org.mx](http://www.ciceana.org.mx)
- Cervantes, C. M., Pedroza, R. A. 2007. Pulque: características microbiológicas y contenido alcohólico mediante espectroscopia Raman. *Nova Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*, Vol.5, No. 8. pp. 101-212. [Fecha de consulta: 03 mayo 2015]. Disponible en: [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/nova8\\_artorig3.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/nova8_artorig3.pdf)

- Colegio de Agricultura y Ciencias de la Vida de la Universidad de Arizona. 2011. Problems and Pests of Agave, Aloe, Cactus and Yucca. 9 p. [Fecha de consulta: 15 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/3MBWxV>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2010. Manual básico de Prácticas de reforestación. 66 p. [Fecha de consulta: 04 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/w1ls6z>
- Comisión Nacional para el uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2006. Mezcales y diversidad. Pp. 74-75 [Fecha de consulta: 07 mayo 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/8iCNXj>
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG). Sin fecha. Manual de Plagas y Enfermedades del Agave. 28 p. [Fecha de consulta: 15 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/dzP37w>
- Cortés, M. C., Fernández, V. Sin fecha. Guía para el buen manejo forestal en la Sierra Madre Occidental. 47 p. [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/g4rQQa>
- Diario Oficial de la Federación, 30 de mayo de 2012. PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-186-SCFI-2012, Bebidas alcohólicas-Bebidas alcohólicas elaboradas a partir de agave-Especificaciones, métodos de prueba e información comercial. [Fecha de consulta: 10 mayo 2015]. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5257851](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5257851)
- Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Domínguez, R. M., González, J. M., Rosales, G. C., Quiñones, V. C., Delgadillo, D. L., Mireles, O. S., Pérez, M.B. 2008. El cultivo in vitro como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género Agave. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. No. 41. Pp. 53-62. [Fecha de consulta: 05 mayo 2015].

- Disponible en:  
<http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista41/Articulo%208.pdf>
- Eguiarte, L. E., Souza, V. 2007. Historia natural del Agave y sus parientes: Evolución y Ecología. 22 p. [Fecha de consulta: 05 mayo 2015]. Disponible en:  
<http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/537.pdf>
- Encina, D. J., Zarate, L. A., Estrada, C. E. Valdés, R. J., Villarreal, Q. J. 2008. Composición y aspectos estructurales de los bosques de encino de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Act. Bot. Mex No.86. [Fecha de consulta: 12 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/rQzRgM>
- Erlwein, S., Mira, T. J., Velasco, P. A. Sin fecha. Proceso de elaboración del pulque, su importancia económica y concepción social en Apan, Hidalgo. 46 p. 82 [Fecha de consulta: 07 mayo 2015]. Disponible en:  
<http://www.enah.edu.mx/publicaciones/documentos/32.pdf>
- Escalante, A., Rodríguez, M.E., Martínez, A., López-Munguía, A., Bolívar, F., Gosset, G. 2004. Characterization of bacterial diversity in Pulque, a traditional Mexican alcoholic fermented beverage, as determined by 16S rDNA analysis. FEMS Microbiol Lett. No. 235 pp. 273-279. 82 [Fecha de consulta: 07 mayo 2015]. Disponible en:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15183874>
- Financiera Rural. 2011. Monografía del Mezcal. 5 p. [Fecha de consulta: 13 mayo 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/7DdQyr>
- Flores, M. A., Castañeda, H. E., Sánchez, P. F., Romero, A. L., Ruiz, L. J. 2008. Mecanismos de conservación y uso del maguey pulquero Agave salmiana en el altiplano mexicano. 10 p.
- García, H. J., Méndez, G. S., Talavera, M. D. 2010. EL GENERO AGAVE SPP. EN MÉXICO: PRINCIPALES USOS DE IMPORTANCIA SOCIOECONÓMICA Y AGROECOLÓGICA. RESPYN "Revista Salud Pública y Nutrición" Edición Especial No. 5 2010 pp. 109-229. [Fecha de consulta: 07 mayo 2015].

Disponible en: [www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-05-2010/documentos/09.pdf](http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2010/ee-05-2010/documentos/09.pdf)

García, M. J. 2007. Los agaves de México. Ciencias, julio-septiembre, No. 087. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. pp. 14-23 [Fecha de consulta: 05 mayo 2015]. Disponible en: [www.redalyc.org/pdf/644/64408704.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/644/64408704.pdf)

Garnica S. Z., 2005. Las plantaciones de maguey espadín (*Agave angustifolia*) y su impacto en las selvas bajas caducifolias y sus alternativas. 14 p.

Gentry, H.S. 1982. Agaves of continental North America. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 670 p.

Glaforo, A.J., González, A. M. 2011. Formas de uso de los magueyes (*Agave spp.*) En Nuevo León, México. RESPYN "Revista Salud Pública y Nutrición" Edición Especial No. 5 2011 pp. 287-299. [Fecha de consulta: 07 mayo 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/JsusUt>

Gómez, S. M. 1997. Flora vascular del cerro El Zamorano. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L002. México, D.F. [Fecha de consulta: 19 abril 2015]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfL002.pdf>

Granados, S. D. 1993. Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 203 p.

Gropo de Estudios Ambientales A. C. (GEAAC). Sin fecha. PROYECTO: Mezcal Papalote del Chilapan. 44 p.

Guillot, O. D., Van der Meer, P. Laguna, L. E., Rosello, P. J. 2008. El género agave I. en la flora alóctona valenciana. Monografías de la revista Bouteloua, 3. Valencia, 2008. 94 p.

- Herrera, S., Acosta, C. M., Figueroa, B., Meza, R., Casillas, A. 2008. Gastronomía de San Luis Potosí zona centro y altiplano. 18 p. [Fecha de consulta: 07 mayo 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/4khT9S>
- Hobbs , R.J. and Humphries, S.E. 1995. An integrated approach to the ecology and management of plant invasions. *Conservation Biology* 9, No. 4 pp. 761-770.
- Illsey, G. 2003. Conservación in situ y manejo campesino de magueyes mezcaleros. 200 p. . [Fecha de consulta: 13 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfV028.pdf>
- Illsley G. C. 2004. Manual de manejo campesino de magueyes mezcaleros. Grupo de Estudios Ambientales A.C., CONABIO. Rainforest Alliance. Fundación Ford. SSS Sanzekan Tinemi
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Galeana, Nuevo León. 9 P. [Fecha de consulta: 15 abril 2015]. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/19/19017.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2007. Censo Agropecuario 2007, El cultivo del agave tequilero en Jalisco. 81 p. [Fecha de consulta: 13 mayo 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/PK0PPT>
- IREKANI. Sin fecha. Instituto de Biología – UNAM, Herbario Geo. B. Hinton. [Fecha de consulta: 13 mayo 2015]. Disponible en: <http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/14342?proyecto=Irekani>
- Lal, R. 1986. Conversion of Tropical Rainforest: Agroeconomic Potential and Ecological Consequences. *Advances in Agronomy* Vol. 39 pp. 173 264.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 26-03-2015. [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://dof.gob.mx/>

- Ley General de vida silvestre. Diario Oficial de la Federación. Última Reforma 26-01-2015. [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://dof.gob.mx/>
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación. Últimas reformas publicadas 05-11-2013. [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://dof.gob.mx/>
- Long, J. N., 1985. A practical approach to density management. *Forestry Chronicle* Vol. 61 pp. 23-27. [Fecha de consulta: 04 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/KoQJfg>
- López, C.R., 2008. Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento. *Colombia Forestal* Vol. 11 pp. 215 - 231. [Fecha de consulta: 06 abril 2015]. Disponible en: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/3029/4663>
- Louman, B. García, F. C, Sabogal, C., Ehringhaus, C., Salazar, M. Villacrés, D. 2008. Capacidades técnicas y desafíos del manejo forestal comunitario. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR), Bogor, Indonesia, pp. 75-112.
- Marín, C. S. 2006. Informe final del Proyecto CS007 Base de datos de nombres técnicos o de uso común en el aprovechamiento de los agaves en México. 19 p. [Fecha de consulta: 20 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfCS007.pdf>
- Mora, L. J., Reyes, A.A., Flores, F. L., Peña, V. B., Aguirre, R.R. 2011. Variación morfológica y humanización de la sección *salmianae* del género *Agave*. *Agrociencia* No. 45. 465-477 p. [Fecha de consulta: 15 mayo 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/oWjo17>
- Morales, A. R., Galina, M. A., Jiménez, S., Haenlein, G. F. 2000. Improvement of biosustainability of goat feeding system with key supplementation. *Small Rum. Res* Vol. 35. pp. 97-105.

- Morales, C. N., Ledesma, M. J, Ruíza, G. R., Gallegos, V. C., Esparza, F. G., Macías, R. F. 2002. Aprovechamiento racional del maguey (Agave salmiana) en San Martín, Pinos, Zac. Revista de Geografía Agrícola No. 32 pp. 75-94.
- Muñiz, M. D, Rodríguez, J. R., Rodríguez, H. R., Contreras, E. J. Aguilar, G. C. 2013. Producción Artesanal del Aguamiel: Una Bebida Tradicional Mexicana. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila 2013 Vol. 5, No. 10. consulta: 01 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/zZZAcS>
- Neumann, R.P., Hirsch, E., 2000. Commercialization of Non-Timber Forest Products: Review and Analysis of Resource. CIFOR. Bogor. Indonesia. 187 p.
- NMX-V-037-1972: Pulque manejado a granel. . [Fecha de consulta: 02 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-V-037-1972.PDF>
- NMX-V-040-1972: Método de prueba para la determinación de azúcar previa inversión en pulque. [Fecha de consulta: 02 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-V-040-1972.PDF>
- NMX-V-041-1972: Método de prueba para la determinación de pH en pulque. [Fecha de consulta: 02 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-V-041-1972.PDF>
- NMX-V-042-1972: Método de prueba para la determinación de acidez total en pulque. . [Fecha de consulta: 02 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-V-042-1972.PDF>
- NMX-V-045-1972: Método de prueba para la determinación del índice de refracción con el refractómetro de inmersión (grado refractométrico), en pulque. . [Fecha de consulta: 02 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-V-045-1972.PDF>

- Nobel, P. S. 1988. Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge University Press. Cambridge. 270 p.
- Nobel, P.S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Traducción al español de E. García M. ed. Trillas. México.
- NOM-005-RECNAT-1997. Diario Oficial de la Federación. 20-05-1997. [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://dof.gob.mx/>
- NOM-007-RECNAT-1997. Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas. Diario Oficial de la Federación. 30-05-1997. [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://dof.gob.mx/>
- NOM-008-SEMARNAT-1996. Norma Oficial Mexicana, que Establece los Procedimientos, Criterios y Especificaciones para Realizar el Aprovechamiento, Transporte y Almacenamiento de Cogollos. Diario Oficial de la Federación. 24 de Junio de 1996. [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://dof.gob.mx/>
- NOM-070-SCFI-1994 Bebidas Alcohólicas. Mezcal. Especificaciones. [Fecha de consulta: 13 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/noficiales/NOM-070-SCFI-1994.PDF>
- Ortiz, R. I., Williams, Belleville, P. M. P, Doco, T. 2009. Presence of rhamnogalacturonan II in the juices produced by enzymatic liquefaction of Agave pulquero stem (*Agave mapisaga*). Carbohydr. Polym. 77: 870-875.
- Pereira, J. R., Zweede, J., Asner, G.P., Keller, M. 2002. Forest canopy damage and recovery in reduced-impact and conventional selective logging in eastern Pará, Brazil. Forest Ecology and Management No 168 pp. 77-89.
- PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012, Que establece los criterios para realizar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables existentes en los ecosistemas forestales;

bosques de clima templado frío, selvas y zonas áridas y semiáridas- Especificaciones técnicas. [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://dof.gob.mx/>

Putz, F.E., Bate, G., Redford, K.H., Fimbel, R., Robinson, J. 2001. Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview. *Conservation Biology* No. 15 pp. 7-20.

Reglamento de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS). Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 31-10-2014. [Fecha de consulta: 04 mayo 2015]. Disponible en: <http://dof.gob.mx/>

Ricks, M.R., Vogel, P.S., Elston, D.M, Hivnor, C. 1999. Purpuric Agave dermatitis. *Journal of the American Academy of Dermatology* Vol.40 pp. 356–8.

Rodríguez, C. U., Álvarez, V. A. Muñoz, S. A. 2014. Evaluación de la Calidad del Aguamiel dentro del aprovechamiento Sustentable del maguey proveniente de la región de Palomas, Xichú, Gto. 3p. [Fecha de consulta: 15 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/Qq3Qf8>

Salinas, M.L., Ogura, T., Soffchi, L. 2001. Irritant contact dermatitis caused by needle-like calcium oxalate crystals, raphides, in *Agave tequilana* among workers in tequila distilleries and Agave plantations. *Contact Dermatitis* Vol. 44 pp. 94–96.

Sánchez, M. A., 1964. Ensayos preliminares sobre microensilaje del maguey. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Vol. 25 pp. 65-76. [Fecha de consulta: 06 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/pGJyhx>

Schulze, M., Zweede, J. 2006 Canopy dynamics in unlogged and logged forest stands in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* No. 236 pp. 56-64.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1991. Establecimiento y manejo de Maguey para obtención de Forraje. [Fecha de consulta: 06 abril 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/xXP118>

- Silos, E. H., Tovar, R. C., González, C. N., Méndez, G. S., Rossel, K. D. 2011. RESPYN “Revista Salud Pública y Nutrición” Edición Especial No. 5 2011 pp. 75-82 [Fecha de consulta: 07 mayo 2015]. Disponible en: <http://goo.gl/bL3oEg>
- Simpson, J. Sin fecha. Tradiciones que persisten: el agave en México Tradiciones que persisten: el agave en México. 5 p. [Fecha de consulta: 07 mayo 2015]. Disponible en: [http://www.lcg.unam.mx/files/June\\_Simpson\\_3.pdf](http://www.lcg.unam.mx/files/June_Simpson_3.pdf)
- Starr, G. 2012. Agaves: Living Sculptures for Landscapes and Containers. Timber press Inc. Portland, Oregón. 342 p.
- Sunigiga, C. H. 1980. Utilizacion del Maguey como Suplemento en el Crecimiento de Becerras Holstein. ITESM. Monterrey, NL. Mexico.
- Tello, B. 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.
- Tovar, L. R., M. Olivos y M. E. Gutiérrez. 2008. Pulque, an alcoholic drink from rural Mexico, contains phytase. Its in vitro effects on corn tortilla. Plant Food Hum Nutr. No. 63, pp. 189-194
- Tropicos. Sin fecha. Agave macroculmis Tod. [Fecha de consulta: 15 abril 2015]. Disponible en: <http://www.tropicos.org/>
- Valenzuela, Z.A. 1994. Los agaves tequileros. Boletín Amaranto, No. 7, Vol. 3. 1-8 pp.
- Verduzco, M. J., Predo, R. C. Mercado, H. R. 2009. RESPYN “Revista Salud Pública y Nutrición” Edición Especial No. 2 2009 pp. 75-99. [Fecha de consulta: 07 mayo 2015]. Disponible en: [www.respyn.uanl.mx/especiales/2009/ee-02-2009/documentos/06.pdf](http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2009/ee-02-2009/documentos/06.pdf)