

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Documentación para el aprovechamiento del agroecosistema forestal no maderable de la Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore).**

**POR:**

**NAYELY DE AVILA RUVALCABA**

**INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN AGROECOLOGÍA**

**Torreón Coahuila**

**Diciembre 2019**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS  
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

Documentación para el aprovechamiento del agroecosistema forestal no maderable de la Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore).

POR:

NAYELY DE AVILA RUVALCABA

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por:

M.C. Eduardo Blanco Contreras  
Presidente

M.C. Fortino Domínguez Pérez  
Vocal

Dr. Alfredo Ogaz  
Vocal

M.C. Federico Vega Sotelo  
Vocal suplente

Dr. Isaías de la Cruz Álvarez  
Coordinador interino de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México.  
Diciembre 2019.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS**

**DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA**

**Documentación para el aprovechamiento del agroecosistema forestal no maderable de la Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore).**

**POR:**

**NAYELY DE AVILA RUVALCABA**

**INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROECOLOGÍA**

Aprobada por el Comité de Asesoría



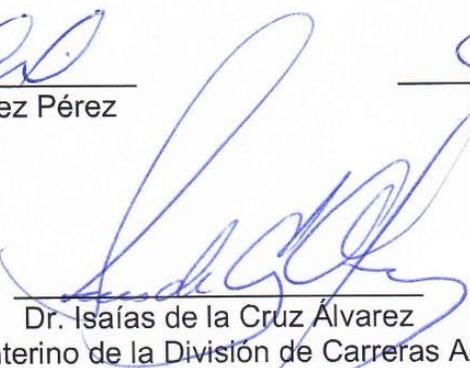
M.C. Eduardo Blanco Contreras  
Asesor Principal



M.C. Fortino Domínguez Pérez  
Coasesor



Dr. Alfredo Ogaz  
Coasesor



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez  
Coordinador interino de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México.  
Diciembre 2019.



## AGRADECIMIENTOS

**M.C. Eduardo Blanco Contreras**, por su apoyo incondicional a lo largo de proceso, por ser una de las personas que fomentan y comparten sus conocimientos alimentando la sabiduría en cada estudiante, por ser una profesor admirable, y brindarme su apoyo y tiempo para realizar este trabajo, Gracias.

**M.C. Fortino Domínguez Pérez**, por ser un excelente profesor en aula y campo, por fomentar el empeño en el saber hacer, y el apoyo en este proceso de titulación, Gracias.

**M.C. Alfredo Ogaz**, por aceptar ser parte de esta fase de conclusión de estudios de licenciatura, Gracias.

**M.C. Federico Vega Sotelo**, por ser un profesor ejemplar y por su ayuda para la culminación exitosa de este grado de licenciatura, Gracias.

## DEDICATORIAS

A mis padres, **Sergio De Avila Ramírez** y **Enriqueta Ruvalcaba Rodríguez**, por esos esfuerzos y sacrificios que hoy rinden frutos, este logro no es mío es de ustedes, tienen mi amor incondicional.

A mi tía, **Patricia Ruvalcaba Rodríguez**, por siempre estar para mí, por sus consejos y regaños, porque sin su ayuda esto no hubiera sido posible, por formar parte de mi vida, gracias. La quiero mucho

## RESUMEN

El deterioro de los ecosistemas en México, tiene entre otras causas, las malas prácticas de manejo e inadecuadas estrategias de conservación, la primera por ser aplicada sin el principio de precaución de las consecuencias inmediatas y futuras en el ámbito ecológico, social y económico. Y la segunda por proyecciones erróneas de la sinergia ecosistémica natural. Así, en el caso de la noa, (*Agave victoriae-reginae* T. Moore) catalogada como especie en peligro de extinción en la NOM-059-SEMARNAT-2010 e incluida en el listado CITES en el Apéndice II, debido en primer lugar a su colecta indiscriminada con fines comerciales de tipo ornamental y con áreas protegidas que la incluyen sin un manejo para su recuperación. Al menos para la subespecie *A. victoriae-reginae* var *swoboideae*, que es la amenazada, según estudios recientes y no hay estrategia para su recuperación en las ANP's; Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco y Parque Estatal Cañón de Fernández. Su aprovechamiento debe ser regulado por la Norma de especies no maderables y aún con las restricciones de las normas señaladas, evitar su manejo clandestino y conservar su germoplasma mediante plantaciones forestales sustentables. Así, la propuesta para el aprovechamiento agroecológico no maderable de la noa, pretende mantener una simbiosis mutualista entre el ser humano y el ecosistema árido, donde habita, desarrollando sistemas que mejoren su presencia y la diversidad de la especie, propagada por semilla y generando un agroecosistema sostenible.

**Palabras clave:** *Agave victoriae-reginae*, Aprovechamiento, Sinergia, Sostenible, Agroecológico.

## ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
1. Introducción.....	1
2. Objetivo.....	2
3. Revisión de literatura.....	3
3.1 Agaves del mundo.....	3
3.2 Agaves del Desierto Chihuahuense.....	3
3.3 Agaves de México.....	6
3.4 Generalidades de los Agaves.....	8
3.5 El <i>Agave victoriae-reginae</i> .....	11
3.5.1 Distribución de la Noa ( <i>Agave victoriae-reginae</i> ).....	12
3.5.2 Descripción botánica de la Noa ( <i>Agave victoriae-reginae</i> ).....	13
3.5.2.1 Rosetas.....	14
3.5.2.2 Hojas.....	14
3.5.2.3 Inflorescencia.....	14
3.5.2.4 Flores.....	15
3.5.2.5 Frutos – Cápsulas.....	15
3.5.3 Clasificación taxonómica.....	15
3.5.4 Reproducción.....	17
3.5.4.1 Sexual.....	18
3.5.4.2 Asexual.....	20
3.5.4.2.1 Embriones somáticos.....	20
3.5.4.2.2 Cultivo de tejidos vegetales (CTV).....	21
3.6 Usos del <i>Agave victoriae-reginae</i> .....	22
3.6.1 Aprovechamiento de <i>Agave victoriae-reginae</i> .....	22
3.6.2 Importancia económica.....	23
3.6.3 Problemática y estado de conservación.....	23
3.6.3.1 NOM-059-SEMARNAT-2010.....	25
3.6.3.2 CITES.....	26
3.7 Enfoque Agroecológico.....	26

3.7.1. Agroecosistemas forestales.....	28
3.7.1.1. Aprovechamiento no maderable.....	30
4. DISCUSIÓN.....	34
5. CONCLUSIÓN.....	39
6. LITERATURA CITADA.....	40

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Especies enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010. P; Peligro de extinción, A; Amenazada, Pr; Sujetas a protección especial.....</b>	<b>25</b>
<b>Cuadro 2. Especies de <i>Agave</i> usos y grado de domesticación.....</b>	<b>32</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Territorio comprendido por el Desierto Chihuahuense.....</b>	<b>4</b>
<b>Figura 2. Sede de las poblaciones de Noa (<i>Agave victoriae-reginae</i> T. Moore), delimitadas en los estados de Durango, Coahuila y Nuevo León.....</b>	<b>13</b>
<b>Figura 3. <i>Agave victoriae-reginae</i> subsp. <i>swoboda</i> J.J. Halda (Ubicada en el centro y sur de Coahuila y noreste de Durango).....</b>	<b>16</b>

## 1. Introducción

Los desiertos son saqueados en busca de especies vistosas para ser vendidos sin importar el valor de estas dentro del equilibrio ecológico o el tiempo que tardara la naturaleza en recuperarse de tal disturbio (Chirino, 2006).

Los factores que han alterado principalmente las poblaciones silvestres de la Noa (*Agave victoriae-reginae*) son la colecta de plantas con fines comerciales de tipo ornamental, que alcanza altos valores en el mercado nacional e internacional (Ramírez *et al.*, 2004) y la distribución del hábitat natural (paredes) del cual se extrae mineral por compañías cementeras y mármol en roca (López *et al.*, 1998).

El *Agave victoriae-reginae* se encuentra enlistado en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especie en peligro de extinción y La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) inscribe a esta especie entre uno de los agaves más amenazados en México, incluido en el Apéndice II donde se agrupan a todas las especies susceptibles a ser amenazadas de extinción como consecuencia de un comercio (González *et al.*, 2009).

Existen elementos naturales, delicados o susceptibles que justifican plenamente la protección estricta, ya que es imposible su viabilidad de otra manera, pero que pueden coexistir de manera estrecha con la protección, hay formas de aprovechamiento de los recursos biológicos de manera diversificada y sostenible (Ángeles, 2006).

Los productos forestales no maderables también llamados beneficios forestales no madereros comprenden todos los productos y servicios vegetales, excluida la madera. El aprovechamiento forestal no maderable toma relevancia en la vida diaria de las comunidades locales pues generan ingresos y empleos complementarios (Tapia y Reyes, 2008).

Los agaves tienen un alto valor histórico, cultural y económico, ya que su aprovechamiento no maderable genera la elaboración de diversos productos como los son las bebidas fermentadas y destiladas, medicinas, combustible, plantas de ornato, abono e implementos agrícolas (García, 2007).

La agroecología va más allá de entender los procesos ecológicos relacionados con la producción agrícola, tiende a involucrar el problema al pretender abordar aspectos de biodiversidad, sociedad y cultura en una red de interacciones (Altieri y Trujillo, 1987), generando un sistema complejo que se puede llamar agroecosistema. Así la Noa toma importancia a partir del enfoque económico, social, ambiental y cultural, ya que posee múltiples usos que varían dependiendo de la perspectiva social, que optimiza la diversidad de las especies y preserva los recursos genéticos tomando así relevancia desde el punto de vista agroecológico.

## **1. Objetivo**

Sugerir desde la visión agroecológica, el aprovechamiento no maderable de la Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore) en base a un sinergismo holístico, con el ecosistema árido.

### 3. Revisión de literatura

#### 3.1 Agaves del mundo.

En la actualidad, los agaves han sido introducidos prácticamente en todo el mundo, llegando incluso a ser reportados como especies de comportamiento invasivo (Badano y Pugnaire, 2004) sin embargo, su área de distribución natural abarca desde el sur de los Estados Unidos y Florida hasta el Norte de Colombia y Venezuela incluyendo las islas del Caribe.

Así, la familia Agavaceae es endémica de América (Arizaga y Ezcurra, 1995), y se distribuye desde el sur de Estados Unidos de América a Colombia y Venezuela. Está conformada por nueve géneros y 340 especies (García, 2011).

El género más grande y diverso es *Agave* spp., con 159 especies, de las cuales 119 son endémicas de México, representando 74% (García, 2011). Dentro de las aplicaciones más importantes de los agaves o magueyes por los grupos humanos está su uso como fuente de fibras duras, alimentación y elaboración de bebidas alcohólicas fermentadas y destiladas (Colunga *et al.*, 2007).

El centro de mayor riqueza y diversidad biológica se encuentra en México, donde se encuentran 261 especies (75% del total) con 177 endémicas (70%). (Eguiarte *et al.*, 2000).

#### 3.2 Agaves del Desierto Chihuahuense.

El desierto Chihuahuense es el de mayor extensión en Norteamérica y se considera como una de las regiones secas con mayor riqueza de especies del mundo (Hoyt, 2002), enclavado en una planicie triangular, tiene una extensión aproximada de 507,000 km<sup>2</sup> y se extiende desde el centro de México hasta el

norte, en el sur de Texas, Nuevo México y una pequeña porción de Arizona. Hacia el occidente y el oriente el DC está delimitado por la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental (Hernández *et al.*, 2008).



Figura 1. Territorio comprendido por el Desierto Chihuahuense.

Fuente: WWF, Disponible en:

[https://www.wwf.org.mx/que\\_hacemos/programas/desierto\\_chihuahuense/](https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/desierto_chihuahuense/)

Este desierto se encuentra situado sobre el Altiplano Septentrional de México, en altitudes entre los 1000 y 2200 m., desde San Luis Potosí hasta Chihuahua. Abarca la mitad oriental de éste último, casi todo el estado de Coahuila, Este de Durango y Zacatecas, Norte y Oeste de San Luis Potosí, pequeñas porciones de Nuevo León y Tamaulipas, al igual que de Texas y Nuevo México. Toda el área corresponde al Altiplano Septentrional de México, separado de las planicies costeras del golfo y del Pacífico por las cadenas montañosas de las Sierras Madre Oriental y Occidental respectivamente. Estas sierras actúan como barreras que captan la mayor parte de la humedad arrastrada por los vientos provenientes del mar y dejan seco el interior del Continente (Rzedowski, 1968).

Es una de las regiones ecológicas biológicamente más ricas del mundo, aunque su biodiversidad no es lo único por reconocer, ya que su alta riqueza endémica también es sobresaliente. El alto grado de endemismo es el resultado de los efectos de aislamiento, de la fisiografía, de los cambios dinámicos en el clima durante los últimos 10,000 años y de la colonización de hábitats por elementos especialistas. Aquí se albergan numerosas taxa que se encuentran en alguna categoría de riesgo, desde especies en protección especial hasta en peligro de extinción (SEMARNAT, 2010).

A pesar de las drásticas condiciones ambientales, en el Desierto Chihuahuense existe una gran diversidad de especies dentro de un mosaico muy variado de asociaciones vegetales tales como: matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral desértico crassicaule, encinares, pastizales, vegetación riparia y bosques de pino piñonero, entre otras (Rzedowski, 1978).

El Desierto Chihuahuense presenta 826 taxa (24.7% de la flora nacional), de los cuales el 67.8% (560) son endémicos, 165 cuasi-endémicos y 176 micro endémicos (Villareal, *et al.*, 2017).

Se han enumerado 3382 especies de plantas, entre las que se incluyen un gran número de elementos restringidos (Henrickson y Johnston, 2007).

Además, alberga el más rico ensamblaje de cactáceas en el mundo (Hernández *et al.*, 2004).

Las cactáceas son generalmente abundantes, dominan los arbustos perennes y varias especies de *Agave* y *Yucca* que son comunes y conspicuas, en los lomerios de rocas sedimentarias se presenta el matorral rosetófilo de lechugilla *Agave lechugilla*, yuca *Yucca treculeana* o yuca *Yucca carnerosana* y el nopal cegador *Opuntia microdasys*. (Sánchez, 2004).

El desierto Chihuahuense es el de mayor extensión en Norteamérica y se considera como una de las regiones secas con mayor riqueza de especies del mundo (Hoyt, 2002) y se distingue por la existencia de una gran diversidad de formas de vida y un número elevado de endemismos de la flora, entre las plantas que se encuentran en esta zona, se pueden identificar a las del género *Agave*. (Rzedowski, 1975).

Cabe señalar, que el valor de los magueyes no solo deriva de su utilidad sino también de su importancia como elementos dominantes en los ecosistemas a los que pertenecen, tal es caso de *A. lechuguilla* y *A. striata*, elementos primordiales del matorral rosetófilo en el Desierto Chihuahuense, región ecológica importante (Huerta y García, 2004).

### **3.3 Agaves de México**

Hablar de agaves es hablar de México y su historia, es remontarse a un pasado prehispánico en el que, gracias a la simbiosis hombre-agave, subsistieron las culturas del altiplano de México en periodos de escasez de agua y alimento (Valenzuela, 1994).

El proceso de domesticación del agave en México dio lugar a tres grupos de especies de agave: silvestres o cimarrones, semi cultivados y cultivados (Parra y Tortolero, 2015).

Las regiones de los desiertos del norte de México, se caracterizan por su gran diversidad de especies y endemismo de plantas perenes, las cuales abarca la familia *Agavaceae*. Estas representan un componente ecológicamente importante de estos ecosistemas. El 75% de las especies de *Agave* se encuentran en México, el 55% son endémicas y muchas de ellas se encuentran en peligro de extinción (Gentry, 1982 en García-Herrera *et al.*, 2010). Esto debido a la

sobreexplotación y colecta de plantas ornamentales y hortícolas con fines comerciales que alcanzan altos valores en el mercado nacional e internacional, llevando a cabo la realización de otras alternativas como la de cultivar plantas en viveros. (Ramírez *et al.*, 2004).

La fisionomía del paisaje mexicano de muchas zonas áridas y semiáridas, es notable y vistosa, por la presencia de extensas comunidades donde destacan diversas formas biológicas, principalmente de especies de *Agave*, como elementos perennifolios y característicos del matorral xerófilo (García, 2007).

Los estados con mayor diversidad de especies de Agaves son: Oaxaca, Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango y Jalisco (González, 2011).

Los agaves se diversificaron por el territorio mexicano gracias a la migración de las etnias, adaptándose a los diferentes ambientes (Gentry, 1982 en INEGI, 1997).

Los agaves son uno de los grupos vegetales más representativos de México. Su importancia va desde su valor ecológico y económico, hasta su aspecto cultural. En México, los agaves han tenido y tienen una gran importancia económica y cultural para numerosos pueblos indígenas y mestizos, que los han aprovechado durante siglos como fuente de alimento, bebida, medicina, combustibles, cobijo, ornato, fibras duras extraídas de las hojas, abono, construcción de viviendas y elaboración de implementos agrícolas, entre otros usos. (Domínguez *et al.*, 2008).

En el norte de Guanajuato, los agaves silvestres conviven con especies semicultivadas de agave que han sido traídos de otras zonas del país y han sido establecidos en obras de conservación de suelo y agua, y al igual que en el resto del estado, se han establecido como cercas vivas alrededor de las propiedades de quienes los aprovechan por su aguamiel, pulque, forraje, fibras, entre otras, en

este grupo está *Agave salmiana* subsp. *salmiana*, el *Agave mapisaga* spp *mapisaga* y el *Agave americana* subsp. *americana*, *Agave inaequidens*, entre otros.

Entre las especies de agave más utilizadas destacan; *A. atrovirens*, maguey pulquero; *A. fourcroydes*, henequén; *A. lechuguilla*, *A. sisalana*, sisal; *A. tequilana*, agave azul; y muchas otras que en menos escala se utilizan como productoras de fibra o bebidas (Sánchez, 1996).

En México, las especies de importancia económica son *A. tequilana* cultivado para la producción de tequila; *A. angustifolia*, *A. salmiana* y *A. americana* entre otras, usadas en la elaboración del mezcal; *A. fourcroydes* y *A. lechuguilla* en la obtención de fibra (Escamilla, 2012). Sin embargo, la mayoría de las especies del género, si bien son explotadas aún no se han domesticado. En estos casos los ejemplares se extraen de las poblaciones naturales, casi siempre de una manera no sostenible. Actualmente varias especies de *Agave* se encuentran amenazadas debido a esta sobreexplotación, por lo que la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 incluye a 18 de ellas en la lista de plantas en peligro, amenazadas o sujetas a protección especial.

### **3.4 Generalidades de los Agaves**

El género *Agave*, término griego que quiere decir “admirable”, fue descrito por Carlos Linneo en 1753, pertenece a la familia *Agavaceae* del orden de las *Liliales*, clase *Monocotiledoneae* y división *Angiospermae* (Bye, 1994) incluye varias especies de plantas adaptadas a condiciones áridas y posee raíces muy ramificadas, cutícula gruesa, hojas suculentas con estomas hundidas y metabolismo fotosintético (Domínguez *et al.*, 2008) es una planta monocárpia, ya que florece solamente una vez en su vida y posteriormente muere (García-Herrera *et al.*, 2010).

Los agaves son plantas perennes, rizomatosas, frecuentemente propagadas por hijuelos, con raíces duras y fibrosas; además cuentan con un tallo grueso muy corto. Sus hojas son grandes, suculentas fibrosas que terminan en una espina y que están dispuestas en roseta. Las inflorescencias son bracteadas, escamosas y racemosas o paniculadas. Ocasionalmente presentan bulbillos en las inflorescencias. Las semillas son planas y negras. Los agaves son semélparos, esto es que solo tienen una floración durante su ciclo de vida, (Guerrero *et al.*, 2006).

Las agavaceas presentan el Metabolismo Acido de las Crasulaceas (MAC), con este término se describe el metabolismo vegetal que se caracteriza por la acumulación nocturna de ácidos orgánicos. Las plantas con metabolismo MAC son suculentas y pertenecen a las familias Cactaceae, Crassulaceae, Euphorbiaceae, Liliaceae, Agavaceae y Airoaceae, también incluye miembros epifitos de las familias Orquidaceae y Bromeliaceae (Martínez-Gil, 1995; Pimienta, 1990).

Los Agaves son plantas que pueden encontrarse en gran diversidad de hábitats, desde los valles y planicies hasta cerros y laderas pedregosas, incluyendo lugares montañosos de gran altitud. Se desarrollan mejor, tanto a nivel individual como poblacional, sobre planicies extensas con suelos aluviales, de profundidad y textura medias y pH de neutro a ligeramente alcalino. Conviven también con variados tipos de vegetación, destacando entre otros: la vegetación xerófita, pastizales, matorrales, bosques, entre otras. Puede encontrarse lo mismo en sitios con altitudes de 300 msnm, que en lugares situados a más de 3000 msnm (Gentry, 1982 en García-Herrera *et al.*, 2010).

Los magueyes poseen estrategias para sobrevivir en ambientes secos o periódicamente secos, especialmente en el suelo, con fuertes fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche, las cuales tienden a limitar la pérdida de agua por transpiración y acumularla en tejidos especializados. Mientras que el

desarrollo de succulencia en las hojas, es una de sus adaptaciones más conspicuas, ya que el agua almacenada durante la época de lluvias permite que la planta sobreviva durante algún tiempo en ausencia de suministro de agua del exterior. (García, 2007).

Independientemente del valor comercial de los agaves, el beneficio ecológico que representan para la conservación de los suelos debería ser una más de las razones para su conservación. Pero los agaves, así como muchas otras plantas, son objeto de una explotación desmesurada. Una de las especies actualmente en peligro de extinción es *Agave victoriae-reginae*, planta endémica de México y con apenas unas cuantas poblaciones en los estados de Coahuila, Durango y Nuevo León (González *et al.*, 2011).

La explotación irracional del agave debido a la alta demanda de abasto en materia prima para el incremento en la producción de bebidas destiladas puede generar problemas de degradación ambiental como erosión, fragmentación del hábitat y pérdida de la diversidad genética (Eguiarte y González, 2007; Bellón *et al.*, 2009).

Las especies de Agave son muy apreciadas en jardinería y son cada vez más populares en arquitectura del paisaje sobre todo en áreas con poca disposición de agua. Prácticamente todas las especies tienen valor ornamental. En los viveros, particularmente extranjeros, destacan las variantes cultivadas de Agave americana, las noas (*A. victoriae-reginae*), *A. applanata*, *A. attenuata*, *A. impressa*, *A. marmorata*, *A. zebra*, *A. parrasana*, *A. parryi*, *A. montana* y los de margen filífero como el complejo Agave filifera-schidigera y los diminutos *A. parviflora*, *A. polianthiflora* y *A. toumeyana*. (González *et al.*, 2009).

El aprovechamiento de los agaves ha sido importante en el desarrollo humano de zonas áridas y semiáridas de México. Numerosos pueblos indígenas y mestizos lo utilizan como fuente de alimento las cuales son ricos en carbohidratos,

también es utilizado como medicina, combustible, cobijo, ornato y fibras duras (ixtle), actualmente se cataloga como la planta de las maravillas (García, 2007).

Los matorrales xerófilos son aprovechados también para ganadería extensiva (Herrera y Pámanes, 2007) puntualizan la enorme importancia de evitar la sobrecarga de ganado con el fin de prevenir los daños en la vegetación y el suelo.

Los murciélagos, abejas y pájaros representan los mecanismos de polinización en las especies del género *Agave*. (Rocha *et al.*, 2005; Good *et al.*, 2006).

### **3.5 El *Agave victoriae-reginae***

*Agave victoria-reginae* T. Moore es una de las especies cultivadas del género *Agave* más populares, es una especie endémica de la parte Norte de México, abarcando los estados de Coahuila, Durango y Nuevo León (Martínez *et al.*, 1999).

Fue descrita por el botánico inglés Thomas Moore en 1753. Su epíteto científico fue en honor a la reina Victoria del Reino Unido. (Gentry, 1982 en Duran, y Núñez 2015), se encuentra de forma natural solo en los estados de Coahuila, Durango y Nuevo León, aunque solo se encuentra en localidades muy específicas debido a que crece en afloramientos sobre paredes verticales de carbonato de calcio y calcáreos típicos de la Comarca Lagunera (Ramírez *et al.*, 2004).

La Noa es definida como una de las especialidades de la flora mexicana por sus atributos que la colocan como única en la flora mundial (Rzedowski y Equihua, 1987 en Blanco, 1995). La reproducción de esta planta es casi nula en condiciones naturales o en su propio hábitat debido al cambio climático,

contaminación y otras amenazas; por la irracionalidad del hombre (Eguiarte *et al.*, 2003).

El factor principal que ha alterado las poblaciones silvestres de la Noa (*Agave victoriae-reginae*) es la colecta de plantas con fines comerciales de tipo ornamental, que alcanza altos valores en el mercado nacional e internacional. Por su endemismo y su actual situación ha sido catalogada en peligro de extinción por las autoridades del país (Ramírez *et al.*, 2004).

*Agave victoriae-reginae* es una importante formadora y retenedora de suelos, gracias a su capacidad de desarrollarse sobre roca, por otra parte, representa el hábitat para una gran cantidad de organismos pequeños y cuando está en floración provee de alimento a insectos y aves. La especie en general es palatable para herbívoros silvestres. (CITES, 2011).

### **3.5.1 Distribución de la Noa (*Agave victoriae-reginae*)**

*Agave victoria-reginae* es endémica del desierto Chihuahuense, con una distribución discontinua. Se localiza en contadas poblaciones de los estados de Coahuila, Durango y Nuevo León, debido a que crece en afloramientos de carbonato de calcio, sobre paredes verticales lo cual le confiere una distribución discontinua (Ángeles, 2006).

Es considerada una especie clave en el desierto Chihuahuense ya que provee un elevado requerimiento nutricional a los polinizadores, que en su mayoría son murciélagos (Gentry, 1982 en Eguiarte *et al.*, 2000).

La Noa que es una especie endémica del desierto Chihuahuense, existen únicamente 10 poblaciones distribuidas en los Estados de Coahuila, Durango y Nuevo León. (Martínez *et al.*, 1999).



Figura 2. Sede de las poblaciones de Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore), delimitadas en los estados de Durango, Coahuila y Nuevo León.

Fuente: Martínez *et al.*, 1999.

### 3.5.2. Descripción botánica de la Noa (*Agave victoriae-reginae*)

*A. victoriae-reginae* es una especie endémica de México, pertenece al subgénero *Littaea* ya que tiene una inflorescencia sin ramificaciones. Pertenece al grupo *Marginatae* por el margen córneo que presentan las hojas, característica que le brinda una singular belleza y por la cual es altamente apreciada como planta ornamental. Ésta planta crece en sustratos de carbonato de calcio, usualmente en paredes verticales (Gentry, 1982 en González *et al.*, 2011).

Este agave presenta dientes córneos que le brindan protección contra depredadores y disminuyen el área de transpiración en las regiones expuestas a la

radiación solar. Tiene raíces superficiales, debido a que el sustrato donde crece es arenoso. Fisiológicamente está adaptado para aprovechar la luz, resistir a los intensos rayos solares y evitar la pérdida de agua, esto se debe a su fotosíntesis de tipo CAM (estomas con apertura nocturna y fijación de energía principalmente en forma de ácidos como el málico). Tiene una cutícula gruesa cubierta con ceras y la forma de las hojas disminuye el área expuesta a la radiación, dirigiendo el agua hacia el centro de la planta (García, 1995).

La descripción botánica de la Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore), es la siguiente: (González, 2009).

#### **3.5.2.1. Rosetas**

Rosetas: Son pequeñas, compactas, solitarias o con vástagos, con tallo corto no visible (o visible en plantas cultivadas).

#### **3.5.2.2. Hojas**

Hojas: Son cortas, verdes con marcas blancas muy conspicuas, densa o laxamente imbricadas, 15-20 (-25) x 4-6 cm, linear ovaladas, agudas o redondeadas en la punta, rígidas, gruesas, planas a cóncavas de arriba, fuertemente aquilladas a redondeadas abajo; margen corneo blanco, usualmente sin dientes, 2-5 mm de ancho, continuo hasta la base; espina terminal .05-3 cm de largo, de sección triangular a cónica, subbulada, muy ancha en la base, acanalada y abierta arriba, redondeadamente aquillada abajo, decurrente, con frecuencia con dos espinas laterales más pequeñas.

#### **3.5.2.3. Inflorescencia**

Inflorescencia: Son espigadas, 3-5 m de ancho, erecta, densamente cubierta de flores en la mitad superior, brácteas, deltoides, largamente atenuadas.

#### **3.5.2.4. Flores**

Flores: Se encuentran en pares o tríos sobre pedicelos bifurcados, cortos y firmes, 40-46 mm, colores variados, los tépalos y estambres frecuentemente teñidos de rojo o purpura; tépalos casi iguales, 18-20 x 5-6 mm, lineales, apiculados, extendidos, erectos, abrazando a los filamentos en la antesis; filamentos 45-50 mm, insertos sobre el canto del tubo; anteras 18-21 mm, amarillas a color bronce.

#### **3.5.2.5. Frutos – Cápsulas**

Frutos-Cápsulas: son ovoides a oblongas, 17-20 x 10-13 mm, redondeados en la base, apiculadas; semillas 3-5 x 2.5-3.5 mm, hemisféricas a lacrimiformes, ala marginal baja.

### **3.5.3. Clasificación taxonómica**

Clasificación taxonómica de *Agave victoriae-reginae* T. Moore, es la siguiente (González, 2011):

Reino Plantae  
División Magnoliophyta  
Clase Liliopsidae  
Super orden Liliiflorae  
Orden Asparagales  
Familia Agavaceae  
Subclase Liliidae  
Orden Asparagales  
Género *Agave*  
Especie *Agave victoriae-reginae* T. Moore.

La revisión taxonómica del grupo revela que lo que se ha tratado previamente bajo el nombre de *A. victoriae-reginae* representa un complejo de

cuatro taxa que difieren considerablemente en la forma de la roseta, el número, forma y color de las hojas, el tamaño y la forma de las flores, el hábitat que ocupan y la distribución geográfica. Los caracteres diagnósticos se presentan en el Cuadro 1 y en la clave para distinguir los taxa (González, 2011).

Se reconocen tres especies, una de ellas con dos subespecies:

1. *Agave victoriae-reginae* T. Moore
  - 1a *Agave victoriae-reginae* T. Moore subsp. *victoriae-reginae*
  - 1b *Agave victoriae-reginae* subsp. *swoboda* J. J. Halda
2. *Agave nickelsiae* Goss. ex Rol.-Goss.
3. *Agave pintilla* S. González, M. González & L. Reséndiz

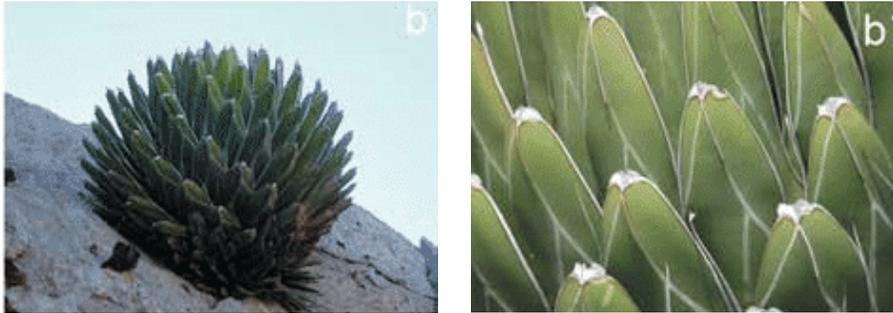


Figura 3. *Agave victoriae-reginae* subsp. *swoboda* J.J. Halda ( Ubicada en el centro y sur de Coahuila y noreste de Durango).

Fuente: González *et al.*, 2011.

Todos los componentes del complejo se desarrollan únicamente sobre substratos de origen sedimentario, principalmente roca caliza y, en menor proporción, sobre coluviones o conglomerado, rara vez arenisca (González *et al.*, 2011).

### 3.5.4. Reproducción.

La conservación efectiva de germoplasma requiere de la interacción del conocimiento acumulado de varias tecnologías combinadas en estrategias integradas (Fay, 1994). Todas las estrategias pueden ser válidas y deben ser exploradas, siempre que estas acciones no pongan en peligro a la propia naturaleza o a la especie. (Vázquez, 1990).

La reproducción es una de las propiedades esenciales de la materia viva que se expresa como la capacidad de un organismo para generar otro organismo hijo y así garantizar la permanencia de la especie. (Blanco, 1995).

Los Agaves presentan dos tipos de reproducción: sexual y asexual. La reproducción sexual se realiza por medio de la propagación por semilla, mediante la cual se logran nuevas plantas individuales con las características que reflejan la contribución genética de ambos progenitores (Hartmann y Kester, 1985).

Debido a que el ciclo de vida de *A. victoriae-reginae* o de reproducción es muy amplio, que va de 15 a 20 años para llegar a su madurez sexual (Vázquez, 1990).

Sin embargo, en la mayoría de las especies este tipo de propagación es poco eficiente debido a que además de producir semilla una sola vez en su ciclo de vida, esta producción es muy baja, con poca viabilidad y largos periodos de germinación y crecimiento de las plantas. Por otra parte, el ciclo de maduración de la planta y por ende de producción de semillas es relativamente largo llegando a ser en algunas especies de aproximadamente 8 años, como es el caso del *Agave sisalana* (Das, 1992) y en otras especies aún más largos como en el *Agave victoriae-reginae* Moore que es de 20 a 30 años (Rodriguez *et al.*, 1996).

La Noa, se caracteriza por un amplio ciclo de vida que va de 4 a 25 años o más para llegar a su madurez sexual y su reproducción es única (monocarpio) esta puede ser de tipo sexual o asexual como toda la familia de las agaváceas algunas especies se reproducen solamente por semillas y otras vegetativamente, pero la mayoría de las especies usan los dos mecanismos. Estas especies presentan rasgos que favorecen su polinización por murciélagos nectarívoros, además de los insectos y colibríes (González *et al.*, 2009).

#### **3.5.4.1. Sexual**

La reproducción sexual comprende la reproducción de flores, frutos y semillas. Para que se produzcan plantas con flores los granos de polen de los estambres deben moverse al estigma de la misma flor u otra flor diferente. La mayoría de los Agaves son monocárpios lo cual significa que se reproducen una sola vez y después mueren. Para que la reproducción sexual de los Agaves sea exitosa se necesita una transferencia eficiente y específica de polen, llevada principalmente por murciélagos (Nobel, 1988).

En la naturaleza la sobrevivencia de plántulas por medio de semilla no es muy común, puesto que es la etapa más crítica en la vida de los Agaves, debido a la restringida cantidad de reservas que tienen. Menor capacidad para absorber agua y a las fluctuaciones de temperatura, razón por la cual dependen de plantas nodrizas. (Nobel, 1988).

La planta de Noa puede reproducirse en forma vegetativa. Este tipo de reproducción se lleva a cabo por medio de rizomas que se extiende a partir del tallo de la planta surgiendo la nueva la planta que se separa de la planta madre. El rizoma es grueso de color blanco, con nudos a corta distancia con entrenudos de 1 cm. entre ellos. Pero durante la observación de su crecimiento dentro del vivero se presenta a dos tipos de hijuelos; unos se forman a través de rizomas y emergen a cierta distancia de la planta madre y la otra manera de su crecimiento

es que los hijuelos se forman directamente del tallo de la planta madre. (Ibidem, 2008).

Las semillas proceden de los primordios o rudimentos seminales de la flor, una vez fecundadas y maduras. Su función es la de dar lugar a un nuevo individuo, perpetuando y multiplicando las especies a la que pertenecen. La semilla consta esencialmente de un embrión por un eje embrionario y uno, dos o varios cotiledones, una provisión de reservas nutritivas, que pueden almacenarse en un tejido especializado o en el propio embrión, y una cubierta seminal que recubre y protege a ambos (Pérez y Martínez, 2003).

Las semillas: Son la unidad de reproducción sexual de las plantas. Además, es uno de los elementos más eficaces para que la especie se disperse, tanto en el tiempo como en el espacio. Para que la semilla cumpla con su objetivo es necesario que el embrión se transforme en una plántula, que sea capaz de valerse por sí misma y, finalmente convertirse en una planta adulta. Todo ello comprende una serie de procesos metabólicos y morfo genéticos cuyo resultado final es la germinación de las semillas (Pérez y Martínez, 2003).

El vigor de la semilla es una característica de importancia a considerar para aumentar la probabilidad de éxito de germinación y establecimiento de las poblaciones vegetales (Almaraz *et al.*, 2005).

La madurez sexual de la Noa depende de las condiciones ambientales y su ciclo de vida fluctúa entre 20 y 30 años, el índice de germinación varía de 90 a 95 %. En cuanto a la producción de semillas, y presenta un promedio de producción de 43 000 mil semilla por planta. (Montaño *et al.*, 2008).

### **3.5.4.2. Asexual**

La reproducción asexual o vegetativa es aquella que no implica el proceso sexual, tanto las hojas como los tallos y las raíces pueden llevar a cabo la reproducción vegetativa en varios tipos de plantas. Los individuos obtenidos por este tipo de reproducción constituyen un clon, que a excepción de plantas con mutaciones naturales, son genéticamente idénticos a la planta madre (Oronoz *et al.*, 1983).

#### **3.5.4.2.1. Embriones somáticos**

Un embrión puede ser definido como el más temprano estado multicelular reconocible de un individuo que ocurre antes de que se hayan desarrollado las estructuras u órganos característicos de una especie dada. Los embriones somáticos, asexuales o adventicios son los indicados a partir de células que no son el producto de la fusión de gametos (Gray, 2000).

Son estructuras bipolares con regiones meristemáticas tanto apicales como basales, que son capaces de formar brotes y raíces, respectivamente. Estructuralmente son similares a los embriones cigóticos, encontrados en las semillas y poseen muchas de sus características funcionales; sin embargo, proceden de células somáticas, a diferencia de los cigóticos que son producto de la unión de un gameto femenino y uno masculino. Es por ello que son utilizados para producir individuos con copias idénticas del mismo genotipo (Saiprasad, 2001).

Se le llama embriogénesis somática a la capacidad que tienen ciertas células para formar embriones bajo condiciones específicas de cultivo *in vitro*, y mediante un proceso similar a la embriogénesis cigótica. Esta vía de regeneración es una de las pruebas más notables de la totipotencia celular (Pérez *et al.*, 1999).

La embriogénesis somática es definida como un proceso en el cual una estructura bipolar, con un eje radical y uno apical, semejante a un embrión cigótico, se desarrolla de una célula somática sin conexión vascular con el tejido original. Estas estructuras son capaces de crecer y formar plantas normales (Arnold *et al.*, 2002). La embriogénesis somática se puede llevar a cabo de dos formas, cuando los embriones somáticos se desarrollan a partir de células individuales dentro de un explante (Embriogénesis directa) y cuando la diferenciación de los embriones es precedida por la proliferación de un tejido calloso (Embriogénesis indirecta) (Witjaksono, 1997).

En el proceso de la embriogénesis somática indirecta es indispensable obtener un tejido calloso o bien una suspensión celular embriogénica a partir de la cual se obtendrá la diferenciación de los embriones somáticos. Para que se lleve a cabo la inducción se requiere de medios más complejos y es dependiente de la presencia de reguladores de crecimiento en el medio, se sabe que la embriogénesis somática indirecta es inducida normalmente por auxinas (Cruz, 1998).

#### **3.5.4.2.3. Cultivo de tejidos vegetales (CTV)**

Es una herramienta biotecnológica mediante la cual, a partir de un fragmento o porción de tejido de cualquier región (flor, hoja, peciolo, tallo y/o raíz), cultivado en un medio con soluciones nutritivas y reguladores de crecimiento, y bajo condiciones controladas de luz, temperatura, pH y humedad, se pueden obtener gran número de individuos con la misma información genética que la madre (clones), en corto tiempo, libres de patógenos.

El cultivo de tejidos vegetales (CTV), se basa principalmente en que desde cualquiera de las partes que componen una planta (células, tejidos u órganos),

mediante una manipulación bajo condiciones artificiales, axénicas y controladas se puede llegar a la formación de un individuo completo (Núñez y Ochoa, 1999).

### **3.6. Usos del *Agave victoriae-reginae***

La Noa era aprovechada como alimentos para los rebaños, consumiendo su quiote, masticando y extrayéndole los azúcares. También se tiene datos de que en épocas pasadas extraían la fibra para producir cuerdas o reatas, indicando que era de mejor calidad que la generada por *Agave lechuguilla* (Ibidem, 1995).

En los alrededores de la Comarca Lagunera, procesan la planta de Noa a nivel doméstico para obtener dulce horneado (Ibidem, 1995).

A nivel mundial es considerada una de las plantas más bellas, por lo cual tiene un importante uso como planta ornamental (Martínez, 1998).

#### **3.6.1. Aprovechamiento de *Agave victoriae-reginae*.**

El aprovechamiento de esta especie en su área de distribución natural, se restringe a la colecta manual de semillas y plantas para su comercialización, ya que es usada como planta ornamental, además es cultivado en semillas que se extraen de la planta silvestre debido a su belleza en diferentes partes de México. (Matuda, 1962 en Blanco, 1995; Martínez, 1998).

*Agave victoriae-reginae* es una de las especies de *Agave* ornamentales más populares y las plantas adultas se comercializan en altos precios, en muchos países. (Gentry, 1982 en Martínez-Palacios, 1991). En algunos sitios de internet se pueden adquirir semillas y plantas, de las cuales los precios varían dependiendo del tamaño, color y salud de las plantas (Rivero, 2011).

### **3.6.2. Importancia económica**

La planta de Noa es definida como una de las especialidades de la flora mexicana que por sus atributos se coloca como única en la flora mundial, ya que al igual que otras ha traspasado las fronteras del país para ser cultivada gracias a su belleza. (Blanco, 1995).

El uso ornamental de la Noa, ha alcanzado un nivel internacional ya que se encuentran registros de que el mercado internacional ofrece 200 dólares por planta. Existen documentos de carácter oficial con fecha de 1985 y 1986 sobre permisos de exportación de hasta 10 mil plantas de Noa, hacia los Estados Unidos. (Martínez, 1998).

### **3.6.3. Problemática y estado de conservación**

Está incluida en el apéndice II del CITES y ubicada como en peligro de extinción por la NOM-059. Durante el siglo pasado ha sido objeto de colecta para uso ornamental para un mercado internacional, generándose un saqueo masivo de miles de plantas y cientos de kilos de semillas por año por diversos agentes (coleccionistas, colectas científicas), siendo críticos durante década de los ochenta. La destrucción del hábitat y el saqueo de ejemplares con fines comerciales son dos de las causas de la devastación de las poblaciones nativas de esta planta (Hernández *et al.*, 2000).

Los sistemas productivos propios de la región han provocado el deterioro de las áreas con vegetación nativa, restringiendo las posibilidades de sobrevivencia a especies potencialmente útiles, en la actualidad este es el caso de la Noa (*Agave victoriae-reginae*) que en épocas pasadas debió poblar ampliamente grandes extensiones (Agüero, 1994).

La reducción y fragmentación de la población de una especie causa pérdidas de la variabilidad genéticas, con la consecuente disminución de la adaptabilidad a los cambios y por lo tanto su potencialidad para sobrevivir al efecto de las alteraciones del ambiente (Vázquez, 1990).

Los reportes que sitúan a la especie en cierto peligro de extinción, citan una distribución geográfica restringida, decomisos y registros de colecta que se han hecho hasta la década pasada, enlistando gran cantidad de plantas silvestres mexicanas, exportadas por la frontera norte, entre las cuales se encuentran agaves como el de la Noa (*A. victoriae-reginae* T. Moore) y de igual forma se hace con otras especies endémicas mexicanas de las familias Cactaceae, Cycadaceae, Orchidaceae, Euphorbiaceae, entre otras. Que tienen una elevada demanda en el mercado internacional (Martínez, 1991).

La Noa es considerada como una especie en peligro de extinción, la región de la comarca lagunera tenía a principios del siglo XX una extensa población de esta especie que se usó principalmente como alimento, pero fue desapareciendo por el exceso de su (Eguiarte *et al.*, 1999).

Las poblaciones han sido afectadas seriamente por la extracción indiscriminada de individuos adultos para el comercio de plantas de ornato, y por la destrucción debida a la extracción de materiales para la construcción. (Martínez, *et al.*, 1999)

La Ley general de vida silvestre, define la conservación como La protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de vida silvestre. (Danemann, 2007).

### 3.6.3.1. NOM-059-SEMARNAT-2010

Esta Norma Oficial Mexicana, tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan dichos procesos.

En las plantas contempladas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (lista de especies amenazadas, en peligro de extinción y sujetas a protección especial) con distribución en Coahuila, se encuentran principalmente las agaváceas que están en peligro de extinción, entre ellas el género *Agave* y por supuesto la noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore) (SEMARNAT, 2010).

Cuadro 1. Especies enlistados en la NOM-059-SEMARNAT-2010. P; Peligro de extinción, A; Amenazada, Pr; Sujetas a protección especial.

GÉNERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA
<i>Agave</i>	<i>bracteosa</i>	maguey huasteco	endémica	A
<i>Agave</i>	<i>chiapensis</i>	maguey chamula	endémica	Pr
<i>Agave</i>	<i>ongesta</i>	maguey tzotzil	no endémica	Pr
<i>Agave</i>	<i>dasyliroides</i>	maguey intrépido	endémica	A
<i>Agave</i>	<i>guiengola</i>	maguey plateado	endémica	A
<i>Agave</i>	<i>gypsophila</i>	maguey gipsófilo	no endémica	Pr
<i>Agave</i>	<i>impressa</i>	maguey masparillo	endémica	A
<i>Agave</i>	<i>ewensis</i>	maguey del Grijalva	endémica	Pr
<i>Agave</i>	<i>lurida</i>	maguey de la luna	endémica	P
<i>Agave</i>	<i>nizandensis</i>	maguey de Nizanda	endémica	P
<i>Agave</i>	<i>ornithobroma</i>	maguey pajarito	no endémica	Pr
<i>Agave</i>	<i>parrasana</i>	maguey de Parras	endémica	Pr
<i>Agave</i>	<i>arviflora</i>	maguey sóbari	no endémica	A
<i>Agave</i>	<i>peacockii</i>	maguey fibroso	endémica	Pr
<i>Agave</i>	<i>polianthiflora</i>	maguey del colibrí	no endémica	A
<i>Agave</i>	<i>titanota</i>	maguey del sol	endémica	Pr

<i>Agave</i>	<i>victoriae-reginae</i>	Noa	endémica	P
<i>Agave</i>	<i>vizcainoensis</i>	magüey de El Vizcaino	endémica	Pr

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010.

### 3.6.3.2. CITES

La CITES, es un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos. Tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia. Las especies amparadas por le CITES están incluidas en tres apéndices según el grado de protección que necesiten. La Noa (*Agave victoriae-reginae*. T. Moore), se encuentra establecida en el Apéndice II de la lista del CITES (UNEP, 2006).

En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia (CITES, 2005) el *Agave victoriae-reginae* es uno de los agaves más amenazados en México, es incluido en dicho Apéndice II por ser amenazadas de extinción como consecuencia de un comercio (González *et al.*, 2009).

## 3.7 Enfoque Agroecológico

La agroecología va más allá de entender los procesos ecológicos relacionados con la producción agrícola, tiene a complicar el problema al intentar abordar aspectos del paisaje, la biodiversidad, la sociedad, la cultura y la religiosidad inmersos en una red de interacciones (Altieri y Trujillo, 1987), generando un sistema complejo que se puede llamar agroecosistema.

Los bosques son valorados no solo por los productos forestales maderables sino también por los productos forestales no maderables (PFNM). Éstos últimos, constituyen una fuente importante de empleo e ingresos para la vida y desarrollo

de las poblaciones campesinas e indígenas asentadas en los bosques de México y de otros países de mundo (Rodríguez y Maldonado, 2009). Por ello, varios autores coinciden en que los PFM pueden ser considerados como una opción real para alcanzar un equilibrio entre los objetivos de conservación del bosque y de desarrollo de las comunidades rurales (Croitoru, 2007).

Así, una de las principales actividades realizadas por los pobladores en las zonas áridas y semiáridas de México es el aprovechamiento de los recursos forestales no maderables, los cuales juegan un papel crucial como fuentes de empleo, como autoconsumo y comercialización de la materia prima (Aguirre, 1983).

El manejo y aprovechamiento de recursos forestales no maderables es escasa, es por eso, que se plantea el aprovechamiento racional de diversos recursos como las agaváceas, como planta de ornato por medio de producción por semillas y por cultivo *in vitro* de tejidos, ya que hoy en día son una de las mejores alternativas que podemos utilizar para la propagación de las plantas en corto período de tiempo. (Ángeles, 2006).

En general, las especies de agave son utilizadas para evitar la pérdida de suelo (en terrazas de cultivo o en zonas de recuperación) por efecto del agua, poseen un sistema radical superficial ampliamente desarrollado que retiene las partículas de suelo. Estas plantas, gracias a las características fisiológicas y anatómicas que las hacen resistentes a condiciones climáticas extremas, pueden usarse contra la desertificación (Valenzuela, 2006).

De acuerdo con las evidencias, el aprovechamiento de esta planta fue una estrategia vital para proporcionar alimento a la población durante prolongados períodos de sequía (Anderies *et al.*, 2008), por lo que el agave fue pieza fundamental para el desarrollo y sobrevivencia de los pueblos (Mora *et al.*, 2011).

En este sentido el agave se hace notar por su importancia económica, social, ambiental, (Colunga y May, 1993) y cultural, ya que es un grupo de plantas que posee múltiples usos que varían dependiendo de la región donde se encuentren, por lo que son relevantes desde el punto de vista agroecológico y territorial.

### **3.7.1. Agroecosistemas forestales**

La agroecología es tanto una ciencia como un conjunto de prácticas. Como ciencia se basa en la “aplicación de la ciencia ecológica al estudio, diseño y manejo de agroecosistemas sustentables” (Altieri and Toledo, 2011).

El agroecosistema forestal alberga al menos el 75% de las especies continentales y una parte importante de la biomasa terrestre, por otra parte desempeña funciones ambientales de gran importancia a distintas escalas, desde la local a la global. (Ruiz *et al.*, 2007).

De acuerdo con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), en el País existen prácticamente todos los tipos de vegetación natural terrestre conocidos, dentro de los cuales la vegetación forestal ocupa una superficie de 138 millones de hectáreas, equivalente a 70.4% de la superficie nacional (CONAFOR, 2011). Los principales ecosistemas son el matorral xerófilo (41.2%), los bosques templados (24.2%) y las selvas (22.8%).

Independientemente del tipo de cobertura vegetal, todos los ecosistemas sanos tienen un potencial productivo, algunos maderables y otros no maderables. Las zonas áridas y semiáridas no son la excepción. En este tipo de ecosistema especies como maguey, yuca, orégano, lechuguilla, mezquite, gobernadora, son transformadas en bebidas, fibras, medicinas, cera, ropa, carbón, papel, entre muchas otras (CONAFOR, 2018).

Las zonas áridas y semiáridas poseen un potencial alto de recursos forestales que, si se aprovechan responsablemente, contribuyen a mejorar la economía de las familias rurales (CONAFOR, 2018).

Los ecosistemas áridos y semiáridos abarcan 56.92 millones de hectáreas forestales de las 138 millones que tiene el país. Según estimaciones de la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), de la población total de México el 18 por ciento habita en ese tipo de ecosistemas (CONAFOR, 2018).

En México los ecosistemas forestales proveen combustibles en forma de leña para satisfacer el 11% del total de la demanda energética nacional, 46% de la demanda residencial y 80% de la demanda del sector rural. El volumen de biomasa vegetal utilizada como combustible es de 3 a 4 veces superior al volumen de extracción de la madera comercial y representa alrededor de 19 millones de toneladas. Se estima que alrededor de 5 millones de hogares cocinan con leña (Sarukthan *et al.*, 2009)

Se sabe que la pérdida de los recursos forestales puede hacer que mengüe la capacidad de las poblaciones dependientes de los bosques para generar ingresos y producir alimentos, que se acentúe la erosión del suelo y el entarquinamiento de los cursos fluviales, que se pierdan especies y sufra la diversidad genética y que aumenten las emisiones de carbono que contribuyen al calentamiento global (Lipper, 2003).

El manejo forestal sustentable moderno se concibe entonces como un sistema de toma de decisiones multiobjetivo que atiende los factores ecológico, económico y social. Lejos ha quedado el concepto de considerar como único bien aprovechable la madera y como indicador de buen manejo el minimizar los impactos ambientales de la cosecha (Aguirre, 2015).

La diversidad biológica forestal puede conservarse con éxito y utilizarse de manera sostenible donde existe la suficiente voluntad política; las personas están tomando medidas a nivel local, regional y nacional para salvar la diversidad biológica forestal en todo el mundo, en este sentido el intercambio de experiencias e historias de éxito son importantes para mantener el impulso y controlar efectivamente los factores claves que inducen a la degradación de los bosques (SCDB, 2010).

### **3.7.1.1. Aprovechamiento no maderable**

Los recursos forestales no maderables están definidos como la parte no leñosa de la vegetación de un ecosistema forestal, y son susceptibles de aprovechamiento o uso, incluyendo líquenes, musgos, hongos y resinas, así como los suelos de terrenos forestales y preferentemente forestales (DOF, 2013).

Por otra parte son descritos como bienes de origen biológico, distintos de la madera, derivados del bosque, de otras áreas forestales y de los árboles fuera de los bosques. Así mismo esta fuente menciona que varios millones de hogares de todo el mundo tienen una fuerte dependencia de estos productos para su subsistencia y para la obtención de ingresos. Alrededor del 80 por ciento de la población del mundo en desarrollo, utiliza los productos forestales no maderables para satisfacer necesidades nutricionales y de salud. Las mujeres de los hogares pobres son en general las que más dependen de estos debido a que los mismos son usados a nivel familiar y como fuente de ingresos. (FAO, 2014).

Los productos forestales no maderables no deben verse solo como simples recursos naturales que utilizan diversos factores sociales para cubrir sus necesidades de subsistencia, ni como meros recursos económicos que se intercambian o comercializan en mercados, si no deben contemplarse también como elementos que forman parte de la vida política, institucional y cultural de las

personas del medio rural involucrada en su recolección, consumo y preservación (Alexiades y Shanley, 2004).

El valor económico de estos bienes frecuentemente referidos como no maderables, es solo una parte del valor del bosque, ya que este recurso produce adicionalmente otros beneficios tales como los servicios ambientales (captura de agua, protección al suelo, captura de carbono, entre otros) y la biodiversidad entre otros. (Zamora y Torres, 2002).

México es el tercer país más grande de América Latina, después de Brasil y Argentina, la vegetación de México tiene una importancia ambiental relevante, no solo para el país sino para el mundo. Estudios etnobotánicos indican que cerca de 2000 especies de plantas se utilizan, de forma legal en nuestro país, actualmente se expiden autorizaciones para el aprovechamiento de alrededor de 80 productos forestales no maderables, siendo los más conocidos la resina de pino, el chicle, el barbasco, la palma camedor, la pimienta, el orégano, la candelilla, la lechuguilla, los hongos silvestres y la tierra de monte. Dependiendo del producto por obtener, se aprovecha la raíz, el tallo, las hojas, secreciones, fibras y en ocasiones toda la planta (FAO, 1996).

Las zonas áridas y semiáridas de México comprenden más del 50% de la superficie nacional y en ellas se desarrolla una variedad de recursos forestales no maderables. Estos recursos son susceptibles de ser aprovechados, pues representan una fuente de ingresos económicos y una forma de integración social para los pobladores, quienes se enfrentan a un medio cuyas características naturales no les permiten la práctica de la agricultura tradicional, orientada al cultivo de los productos para su subsistencia o para la comercialización (Granados *et al.*, 2013).

Los productos forestales no maderables comprenden una importante variedad de productos medicinales, alimenticios, materiales para la construcción,

resinas, gomas, tintes, ceras, esencias y aceites, entre otros. Los productos forestales no maderables que se aprovechan en mayor cantidad en México son la tierra de monte y las reínas (Anuario Estadístico de la Producción Forestal, 2013).

Desde la antigüedad, los agaves o magueyes (*Agave*) ha sido una de las plantas más importantes y ampliamente usadas en México. Estas son plantas suculentas de gran importancia biológica, ecológica y económica, y han sido el mantenimiento de la creación y el desarrollo de los diferentes grupos humanos durante siglos (Lappe *et al.*, 2008). Aunque el género *Agave* tiene un gran potencial para ser desarrollado como un cultivo de bioenergía, se necesitan más investigaciones en laboratorio y campo (Escamilla, 2012).

Por todo ello, un agroecosistema forestal, bien planteado y manejado con los principios del desarrollo forestal sustentable, a partir de la noa, para las zonas áridas, puede detonar la recuperación de esta especie en peligro, siempre que se regularice y vigile su aprovechamiento. En seguida se muestran ejemplos de agaves, sus usos y nivel de domesticación.

Cuadro 2. Especies de *Agave* usos y grado de domesticación.

Espece	Alimento	Aguamiel y/o Bebida fermentada	Bebida destilada	Fibra	Domesticada
<i>Agave sobria</i> Brandegee	X		X		
<i>Agave striata</i> Zucc.		X		X	
<i>Agave striata</i> subsp. <i>falcata</i> (Engelm.) Gentry				X	
<i>Agave stricta</i> Salm-Dyck				X	
<i>Agave subsimplex</i> Trel.	X				
<i>Agave tequilana</i> F.A.C.Weber	X	X	X	X	X
<i>Agave thomasiae</i> Trel.				X	
<i>Agave titanota</i> Gentry			X		

<i>Agave triangularis</i> Jacobi	X			X	
<i>Agave univittata</i> Haw.			X	X	
<i>Agave valenciana</i> Cházaro & A. Vázquez			X		
<i>Agave vera-cruz</i> Mill.	X		X		
<i>Agave victoriae-reginae</i> T. Moore			X	X	
<i>Agave vilmoriniana</i> A.Berger	X	X		X	
<i>Agave vivipara</i> L.	X	X	X	X	
<i>Agave vivipara</i> var. <i>deweyana</i> (Trel.) P.I.Forst.				X	
<i>Agave weberi</i> J.F.Cels ex J.Poiss.		X	X	X	
<i>Agave wocomahi</i> Gentry	X	X	X	X	
<i>Agave xylonachanta</i> Salm-Dyck	X			X	
<i>Agave yuccifolia</i> DC. ex Redouté				X	
<i>Agave zebra</i> Gentry	X		X		

Fuente: Colunga *et al.*, 2007.

#### 4. DISCUSIÓN

Un agroecosistema se considera sustentable cuando produce, en un estado de equilibrio estable, una combinación específica de bienes y servicios, que satisfacen un conjunto de metas (productivo), sin degradar sus recursos base (estable). Su nivel de sustentabilidad dependerá de su capacidad de enfrentar (confiable) y recuperarse rápidamente de perturbaciones (resiliente); así como encontrar nuevos estados de equilibrio (adaptable); sin comprometer su productividad y reproducibilidad. Toda actividad debe basarse en la organización de los involucrados (autogestivo); evitando al máximo la dependencia del exterior (autodependiente) en búsqueda de los mayores beneficios para todos y con el fin de lograr equidad en sus relaciones internas y externas (equitativo) (López-Ridaura, 2005).

Esto ha sucedido con el manejo de los agaves en México por muchos años. Los agaves son un grupo de plantas que posee múltiples usos, que varían de acuerdo a su región de origen, por lo que son relevantes desde el punto de vista agroecológico, (García-Herrera *et al.*, 2010). Así la Noa en la región Lagunera, se convierte en un agroecosistema potencial desde el punto de vista de su aprovechamiento forestal, siguiendo los lineamientos de la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable.

La diversidad natural de nuestro país, cada día se ve más amenazada por las malas prácticas de manejo, las deficientes opciones productivas, precarias políticas públicas e inadecuadas estrategias de conservación. Dichas situaciones han devastado los ecosistemas, sin medir las consecuencias inmediatas y futuras en el ámbito ecológico, social y económico. (Loera, 2008)

El caso de los agaves no es la excepción y específicamente para la diversidad de *Agave victoriae-reginae*, González *et al.*, 2011 plantea la existencia de las siguientes especies: *Agave nockelsiae*, *Agave pintilla* y *Agave victoriae-*

*reginae* T. Moore, contando está con dos subespecies, *Agave victoriae-reginae* T. Moore subsp. *victoriae-reginae* y *Agave victoriae-reginae* subsp. *Swobodae*, estando esta última en peligro de extinción por causas antropogénicas como el saqueo y la pérdida de hábitat (González *et al.*, 2011).

Ante esta compleja realidad no debemos permitir que se continúe con la pérdida de ambientes naturales, sino que, por el contrario se deben de implementar acciones inmediatas de conservación y restauración; principalmente es de suma importancia dar prioridad a los sitios altamente vulnerables e irremplazables como lo son nuestros desiertos, en donde conservar sus hábitats y disminuir los factores de presión que amenazan estas delicadas regiones, se convierte en un tema fundamental para la preservación de la biodiversidad de nuestro país (Loera, 2008).

De esta manera, en la región surgen dos propuestas de conservación de hábitat, actualmente en operación; la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (Blanco *et al.*, 2003) y el Parque estatal Cañón de Fernández en cuyas áreas la Noa es una especie emblemática y sujeta a protección (Garza y Palacios, 2001).

Lograr la conservación forestal sostenible depende de la capacidad de reconciliar la productividad ecológica del ecosistema con la humanidad. La coincidencia geográfica de áreas de alta densidad poblacional, pobreza y/o dependencia de los recursos naturales, en muchas ocasiones confronta al bienestar económico-social con la sustentabilidad de la naturaleza (Neumann y Hirsch, 2001).

El manejo forestal sostenible de la legislación mexicana propone los programas de manejo como estrategias para la sostenibilidad de los recursos forestales, pero ante el saqueo, la PROFEPA, está atenta al movimiento de la noa,

por lo que su comercialización en México es clandestina, al igual que muchas otras especies que se comercializan a pequeña escala (SEMARNAP, 1994).

Aguirre (2015) señala que el “manejo forestal sustentable” comprende las decisiones y actividades encaminadas al aprovechamiento de los recursos forestales de manera ordenada; para esto es importante la gestión y administración en la utilización de los bosques y terrenos forestales de modo que conserven su diversidad biológica, su productividad, su capacidad de regeneración, su vitalidad y su capacidad de cumplir, en el presente y en el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales pertinentes, a escala local, nacional y mundial, sin causar perjuicio a otros ecosistemas.

Aunada a esta propuesta está la posibilidad reproductiva natural de las especies forestales, pero también su potencial de propagación sexual y asexual, en el entendido que la semilla permite la evolución y adaptación del genoma (Almaraz *et al.*, 2005) en tanto que lo asexual, reduce la diversidad genética (Huang *et al.*, 2009).

Por otra parte, las prácticas de aprovechamiento y manejo humano de plantas, como la domesticación, pueden tener efectos evolutivos sobre las mismas. Así, la domesticación es un proceso por el cual las poblaciones de plantas experimentan una serie de cambios fenotípicos y genotípicos, que suelen ser graduales y continuos, como consecuencia de la reproducción diferencial de los individuos favorecidos por los seres humanos, elección humana o selección artificial según. (Darwin, 1859).

Es por ello que la agroecología desde el planteamiento de un manejo o aprovechamiento sinérgico, del ecosistema y su biodiversidad, (FAO 2019); considera como base fundamental al ser humano, quien plantea el intercambio de ideas y propuestas para la preservación de la diversidad de especies en peligro de

extinción, creando la interacción de los elementos que conforman un sistema sostenible.

Así, para llevar a cabo el aprovechamiento agroecológico de la Noa, de acuerdo con los lineamientos de la (FAO, 2019) para la agroecología, se considera el empleo de técnicas en las que se engloba el cosmos (ecosistema de la especie en peligro de extinción), corpus (conocimiento racional para conservar la especie y la divulgación para su buen aprovechamiento) y praxis (desarrollo de propuestas con un enfoque agroecológico, en si productivas prácticas de manejo y adecuadas estrategias de conservación y restauración) y así obtener un sistema holístico bajo una aprovechamiento sinérgico y diversificado, pues la Noa no solo sirve para alimentación u ornamentación, si no también es una importante formadora y retenedora de suelos.

Como hemos observado en la revisión, las plantas del genero Agave, representan uno de los recursos naturales, importantes desde el punto de vista económico, cultural y social en el territorio mexicano, debido a que de ellas se puede obtener una enorme variedad de subproductos y residuos (Muñiz *et al.*, 2013). Por ello se considera que esa experiencia acumulada en diálogo con los principios técnicos de vanguardia pueden co-evolucionar hacia una propuesta de manejo conjunta donde la prioridad sea la conservación de la relación hombre del desierto con esta especie en peligro de extinción (Blanco, 1995).

La larga interacción entre los grupos humanos y los agaves en Mesoamérica ha dejado huellas morfológicas, fisiológicas y genéticas relacionadas con los propósitos o móviles que han tenido los humanos para usarlos, manejarlos y seleccionarlos. Estas huellas o características conforman diferentes síndromes de domesticación. Proponemos que para los agaves son cuatro síndromes que están ligados a sus usos más importantes: alimento, fibra, bebidas con o sin fermentación (aguamiel y pulque) y bebidas destiladas (mezcales).

En el caso de la noa su principal valor ha sido dirigido a la ornamentación, alcanzando precios exorbitantes entre los coleccionistas. Existen páginas de comercialización nacional e internacional en las cuales la Noa se encuentra en venta, ejemplos de ellas son: [spanish.alibaba.com](http://spanish.alibaba.com), [aliexpress](http://aliexpress.com), mercado libre y [ebay](http://ebay.com), en las cuales su precio llega hasta \$48 596.93 cada planta (ebay, 2019). La Noa también es utilizada para alimento forrajero, extracción de fibras para elaborar cuerdas o reatas, la obtención de dulce horneado (Ibidem, 1995) y elaboración de bebidas destiladas (Colunga *et al.*, 2007).

También se sabe, que los seres humanos que poblaron el actual territorio de México asaban y horneaban tallos, bases foliares y pedúnculos de la inflorescencia de agave para consumirlos como alimento. A lo largo de estos milenios los agaves han sido usados de múltiples formas por los pueblos mesoamericanos, de modo que a la fecha hemos registrado más de 22 categorías de uso y alrededor de 40 usos específicos, los cuales abarcan prácticamente todas las partes estructurales de los agaves (Colunga y May-Pat, 1993).

En este sentido, el *Agave victoria-reginae* no es la excepción y al tratarse de un maguey dulce, es posible su consumo como el mezcal o quiote y es factible la extracción de un fermentado a partir del horneado y molienda de los tallos, todo esto además del aprovechamiento de sus características ornamentales.

El sinergismo de la relación humana con sus ecosistemas no maderables, es evidente en las referencias anteriores, con respecto a los ecosistemas de agaves, por lo que ampliar el espectro a una especie más, poco conocida en el ámbito culinario regional, puede resultar además de interesante, una propuesta viable para la alimentación sostenible y soberana. Objetivo de la agroecología.

## 5. CONCLUSIÓN

La agroecología propone el desarrollo de sistemas de manejo adecuado para el aprovechamiento no maderable del *Agave victoriae-reginae*, vinculando los elementos que conforman el agroecosistema árido con la práctica social y cultural.

La visión está en mantener la diversidad natural a partir de un sistema sinérgico, este es el caso de la Noa, en el que la principal potencia es la propagación por semilla, contribuyendo a su conservación y protección, el *Agave victoriae-reginae* subsp. *swoboda*, es endémico de la Comarca Lagunera y se encuentra en peligro de extinción, debido a su sobre explotación para el comercio ilícito. Las técnicas tradicionales para su aprovechamiento no maderable están limitadas antes la sociedad a su uso como planta de ornato, no siendo así, pues este agave cuenta con un sinfín de aprovechamientos en los cuales destacan su consumo humano y en consumo forrajero en animales y extracción de fibras , se propone tomar conciencia a través de la cultura y tradiciones, y así poblar las zonas en las que naturalmente se encontraba esta especie, dejando a un lado el saqueo excesivo para su comercialización, creando así un sistema sostenible.

Con todo esto se ha concretado que el objetivo de la investigación se ha cumplido.

## 6. LITERATURA CITADA

- Agüero, M. A. 1994. Potencial de reproducción sexual de Noa (*Agave victoria-reginae* T. Moore). pp. 28, 86. Tesis de Licenciatura. Escuela Superior de Biología de la UJED. Gómez Palacios, Durango.
- Aguirre, C. O. A. 2015. Manejo Forestal en el Siglo XXI. Madera y bosques. 21, 17-28.
- Aguirre, R. J. R. 1983. Enfoques para el estudio de las actividades agrícolas en el altiplano potosino-zacatecano. En: J. T. Molina G. (Ed.) Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 105-115 p.
- Alexiades, M. y Shanley, P. 2004. Productos forestales, medios de subsistencia y conservación: Estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables. In: Alexiades, M y Shanley, P. (Eds.). Productos forestales, medios de subsistencia y conservación. Jakarta. Centro para la Investigación Forestal Internacional. 1-22 pp.
- Almaraz, A. N., Naranjo, J. N., Herrera, C. M. J., Uribe, S. N., Delgado, A. A. E., y Barriada, B. G., 2005. Vigor de las semillas de agave duranguensis del Estado de Durango bajo condiciones de germinación óptimas y de estrés térmico. México. Pp. 1.
- Altieri, M. A. & Trujillo, J. (1987). *The agroecology of corn production in Tlaxcala, Mexico*. Human Ecology, 15 (2), 189-220.
- Altieri, M. A. and Toledo, V. M. 2011. "The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants". *The Journal of Peasant Studies*, vol. 38. pp. 587-612.
- Ángeles, V.J.C., 2006. Producción in vitro de la Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore). Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México. Pp. 2-20.
- Anuario Estadístico de la Producción Forestal. 2013. SEMARNAT.

- Arizaga, S., and E. Ezcurra. 1995. Insurance against reproductive failure in a semelparous plant: bulbil formation in *Agave macrocartha* flowering stalks. *Oecologia* (1995) 101: 329-334.
- Arnold, S., Sabala, I., Bozhkov, P., Dyachok, J. & L. Filonova. 2002. Developmental Pathways of Somatic Embryogenesis. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 69:233-249.
- Badano E.I. y Pugnaire F.I. 2004. Invasion of *Agave* species (Agavaceae) in south-east Spain: invader demographic parameters and impacts on native species. *Diversity and Distributions* 10:493-500.
- Bellón, M. R., Barrientos, P. A. F., Colunga, G. P., Perales, H., Reyes, A. J. A., Rosales, S. R. y Zizumbo V. D. 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. *Capital natural de México*, vol. II: estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 355-382 pp.
- Blanco, C. E. 1995. Propuesta sistémica para el aprovechamiento y conservación de la Noa. (*Agave victoriae-reginae*- T. Moore). Tesis de Maestría de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Pp.22-23.
- Blanco-Contreras Eduardo, Manuel Valencia, Gerardo Jiménez, Genoveva Hernández, Alberto Morales, Rocío García, Magdalena Briones, Arturo Orona, Alfonso Orona, Victoria Borroel, Fernando Quiroz, Eunice Rubio, Elizabeth Pérez. 2003. Programa de Manejo de la Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (REM-SCJ), Torreón, Coah. Pp. 15-17.
- Bye, B. R. 1994. Usos tradicionales de los Agaves en México. Primer Simposium Internacional sobre Agaváceas. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F. pp. 21-22.
- Chirino, R. J. O. 2006. Distribución y Condición de las Poblaciones de *Agave victoriae-reginae*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.

- CITES, 2011. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. <http://www.cites.org/esp/app/index.shtml> (accesado 10 Enero 2011).
- Colunga, G. M. and May, P. F. P. 1993. *Agave studies in Yucatan, Mexico. I. Past and present germplasm diversity and uses*. *Economic Botany*, 47 (33), 312-327.
- Colunga, G. M. P., Larqué, S. A., Eguiarte, L. E. y Zizumbo, D. 2007. En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves. CICY-CONACYT-CONABIO-INE, México, D.F. 402 p.
- Colunga-GarcíaMarín, P., D. Zizumbo-Villarreal y J. MartínezTorres, 2007. Tradiciones en el aprovechamiento de los agaves mexicanos: una aportación a la protección legal y conservación de su diversidad biológica y cultural. En: Colunga-García Marín, P., A. Larqué Saavedra, L. Eguiarte y D. Zizumbo-Villarreal (Eds.), En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves. CICY-CONACYT-CONABIO-INE. pp 229-248 + Anexo xxi-xxxviii.
- Comisión Nacional Forestal, 2018. Disponible en línea en: <https://www.gob.mx/conafor/articulos/las-zonas-aridas-son-mas-que-desierto>
- Comisión Nacional Forestal. 2011. Manual Operativo del Proyecto Bosques y Cambio Climático. México.
- Croitoru L. 2007. Valuing the non-timber forest products in the Mediterranean region. *Rev. Ecol. Econ.* 63:768-775
- Cruz, H. A. 1998. Producción de embriones somáticos transformados de mango y aguacate. Tesis de Doctorado. CINVESTAV-IPN, México.
- Danemann. G, 2007. Conservación ecológica. Aspectos sociedad económica. Defensa ambiental del Noroeste. Ensenada, Baja california. P.p. 696.
- Darwin, C., 1859. The origins of species by means in natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life. Wiley, London.
- Das, T. 1992. Micropropagation of *Agave sisalana*. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 31: 253-255.

- Diario Oficial de la Federación. 2013. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable LGDFS, Diario Oficial de la Federación. México, D.F. 79 P.
- Domínguez, R. M.S., González, J. M de la Luz., Rosales, G. C., Quiñones, V. C., y Pérez, M. B. E., 2008. El cultivo in vitro como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género *Agave*. Investigación de la Universidad de Aguascalientes. Pp. 53-55.
- Durán, C. M. C. y Núñez, P. H. G. 2015. Utilización de un sistema de inmersión temporal (SIT) para la multiplicar plantas ornamentales de *Agave victoriae-reginae*. Vol. 1 no. 2, Verano de la Investigación Científica.
- Ebay, 2019. Disponible en línea en:  
[https://www.ebay.com/sch/i.html?\\_from=R40&\\_trksid=p2334524.m570.l1313.TR3.TRC1.A0.H0.Xagave+victoriae+reginae.TRS0&\\_nkw=agave+victoriae+reginae&\\_sacat=0&LH\\_TitleDesc=0&\\_osacat=0&\\_odkw=agave+victoria+reginae](https://www.ebay.com/sch/i.html?_from=R40&_trksid=p2334524.m570.l1313.TR3.TRC1.A0.H0.Xagave+victoriae+reginae.TRS0&_nkw=agave+victoriae+reginae&_sacat=0&LH_TitleDesc=0&_osacat=0&_odkw=agave+victoria+reginae)
- Eguiarte, F. L. E. y González, G. A. 2007. De genes y magueyes estudio y conservación de los recursos genéticos del tequila y el mezcal. Ciencias. México, DF. 28-35 pp.
- Eguiarte, L. E., j. Larson, G. J., Nuñez, F. A., Martínez, P. K. S., Prado, H. t. Arita. 1999. Diversidad fitogenetica y conservación: ejemplos a diferentes escalas y una propuesta a nivel poblacional para *Agave victoriae-reginae* en el desierto de Chihuahua, México. Revista Chilena de Historia Natural. 72: 475-491.
- Eguiarte, L. E., Souza, V. y Montellano, A. S. 2000. Evolución de la familia Agavaceae: filogenia, biología reproductiva y genética de poblaciones. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 131-150 p.
- Eguiarte, L.; X. Aguirre; M. Rocha, C. Torres, A. Silva y A. Valera, 2003. Diversidad genética de dos especies mezcaleras. Proyecto Conabio V038, Informe final.
- Escamilla, T. L. L. 2012. Potential of plants from the genus *Agave* as bioenergy crops. Bioenerg. Res. 5(1):1-9.
- Fay, M.F. 1994. In what situations is in vitro culture appropriate to plant conservation?. Biodiversity and Conservation, 3, 176-187.
- García, M. A. J., 1995. *Riqueza y endemismos de la familia Agavaceae en México. In Conservación de plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques*, E.

- Linares, P. Dávila, F. Chiang, R. Bye y T. Elias (eds.). Instituto de Biología, UNAM, México, D. F. p. 51-75.
- García, M. A. J., 2007. Los agaves de México. Pp. 14.
- García, M. A. J., 2011. Agaváceas, Flora del Valle de Tehuacán, Fascículo 88, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 95 p.
- García-Herrera, E., Méndez-Gallegos, S. y Talavera-Magaña, D. 2010. El género *Agave* spp. En México principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. RESPYN. Edición especial. 5. 109-127.
- Garza, A. E. C., y L. Palacios. 2001. Estudio Técnico Justificativo para Decretar “Cañón de Fernández como Área Natural Protegida (Mpio. de Lerdo). Informe Técnico. SRNMA, Gobierno de Durango. Consultoría privada, Alfredo Garza
- González, E. M. S., González, E. M., López, E. I. L., Reséndiz, R. L., Tena, F. J. A. y Retana, R. F. I. 2011. El complejo *Agave victoriae-reginae* (Agavaceae). *Acta botánica mexicana*, (95), 65-94.
- González, E. M., Galván, V. R., López, E. I., Reséndiz, R. L. y González, E. M. 2009. Agaves – magueyes, lechuguillas y noas del estado de Durango y sus alrededores. Primera edición, Durango, México. Pp 132-136.
- González, S. 2011. Obtención de un surfactante a partir de biomasa residual de agave duranguensis y su aplicación en la remoción de arsénico por la técnica de aglomeración esférica. Tesis. Instituto Politécnico Nacional: Unidad profesional interdisciplinaria de biotecnología. México. D.F. Pp. 43.
- Good, Á. S. V., Souza, V., Gaut, B. S. y Eguiarte, L. E. (2006). Timing and rate of speciation in *Agave* (Agavaceae). *Proceedings of National Academy of Sciences*, 103, 9124–9129.
- Granados, D., M. Martínez, G. López, A. Borja y G. Rodríguez. 2013. “Ecología, aprovechamiento y comercialización del orégano en Mapimí, Durango.” *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17: 305-321.
- Gray, D. 2000. Nonzygotic embryogenesis. *Plant Tissue Culture Concepts and Laboratory Exercises*. USA, CRC Press. P. 175 – 190.

- Guerrero, C., Martín, R. M., Reina, J.J. y Heredia, A. 2006. Isolation and characterization of a cDNA encoding a membrane bound acyl-CoA binding protein from *Agave Americana* L. epidermis. *Plant Physiology and Biochemistry* 44:85-90.
- Hartmann, T. y Kester, D. 1985. Propagación de plantas, Principios y Prácticas.
- Henrickson, J. y M. C. Johnston. 2007. A flora of the Chihuahuan Desert Region. Published by J. Henrickson. Los Angeles, USA. 1695 pp.
- Hernández, C. O. A., Martínez, R. O. A., Blanco, C. E. y Santamaría, C. E. 2000. Evaluación de seis tratamientos pregerminativos de semilla de noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore), Vol. I, Num. 1, Revista Chapingo, serie zonas áridas, pp. 30-35.
- Hernández, H. M., Gómez, C y Goettsch, B. 2004. Checklist of Chihuahuan Desert Cactaceae. *Harvard Paper Botany* 9(1): 51-68.
- Hernández, M. H.; goettsch, B.; Gómez-Hinostrosa, C.; Arita T. H. 2008. Cactus species turnover and diversity along a latitudinal transect in the Chihuahuan Desert Region. *Biodivers Conserv* 17:703–720.
- Herrera, A. y Pámanes, D.S. 2007. La región de los pastizales, sustento para una ganadería sostenida.
- Hoyt, A. C. 2002. The Chihuahuan Desert: Diversity at Risk. *Endangered Species Bulletin*. 16-17 p.
- Huang Y., C. Q. Zhang and D. Z. Li (2009) Low genetic diversity and high genetic differentiation in the critically endangered *Omphalogramma souliei* (Primulaceae): implications for its conservation. *Journal of Systematics and Evolution* 47:103-109.
- Huerta. M. F. M. y García. M. E. 2004. Diversidad de especies perennes y su relación con el ambiente en un área semiárida del centro de México: Implicaciones para la conservación. *Interciencia*. 29: 435-441.
- Ibidem. 1995. Tesis de Maestría de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. pp. 22-23.

- Ibidem. 2008. Rev. Investigación Agropecuaria. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Vol. 5, no. 1. pp.34 -43.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1997. El Agave Tequilero en el Estado de Jalisco.
- J. M., Nelson, B. A. & Kinzing, A. P. (2008). *Analyzing the impact of Agave cultivation on famine risk in arid pre-hispanic northern Mexico*. Human Ecology, 36 (3), 409-422. DOI: 10.1007/s10745-008-9162-9.
- Lappe, P., R. Moreno, J. Arrizón, A. Herrera, A. García y A. Gschaedler. 2008. "Yeasts associated with the production of Mexican alcoholic nondistilled and distilled Agave beverages." Federation of European Microbiological Societies. 8: 1037-1052.
- Lipper, L. 2003. Degradación forestal y seguridad alimentaria. Unasyva 51. Disponible en línea en: [http://www.fao.org/docrep/x7273s/x7273s05.htm#P0\\_0](http://www.fao.org/docrep/x7273s/x7273s05.htm#P0_0)
- Loera, L. 2008. Importancia de la diversidad biológica de los desiertos mexicanos.
- López, G. J. J., A. Rodríguez, G. y L. Pérez, R. 1998. Análisis del estado actual de las poblaciones de *Agave victoriae-reginae*: implicaciones para su conservación. (Avances). U. A. A. N. Buenavista, saltillo, Coahuila, México.
- López-Riadura, S., 2005. Multi-scale sustainability evaluation. A framework for the derivation and quantification of indicators for natural resource management systems. Ph. D. Thesis. Wageningen University. The Netherlands
- Martínez, P. A, Eguiarte, L. E. & Furnier, G. R. 1999. Genetic diversity of the endangered endemic *Agave victoriae-reginae* (Agavaceae) in the Chihuahuan Desert. American Journal of Botany 86:1093-1098.
- Martínez, P. A. 1998. Evaluación Genética y Demográfica de *Agave victoria-reginae* T. Moore y aplicación del cultivo de tejidos para su conservación. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de México. 135 p.
- Martínez-Gil, F. 1995. Elementos de Fisiología Vegetal. Edi. Mundi-Prensa Madrid España. (1147 p).

- Martínez-Palacios, A. 1991. Propagación masiva in vitro y recuperación de poblaciones de orquídeas en peligro de extinción. Tesis de maestría, Fac. Ciencias, UNAM. 100pp.
- Montaño, R. H., Jaramillo, S. A. y Rivera, G. M. 2008. Planta endémica en peligro de extinción, su conservación y uso como planta de ornato. Investigación Agropecuaria. Vol. 5. No. 1. Universidad Autónoma de Morelos (FCA). Pp. 34-44.
- Mora, L. J. L., Reyes, A. J. A., Flores, F. J. L., Peña, V. C. B. and Aguirre, R. J. R. 2011. *Variación morfológica y humanización de la sección Salmianae del género Agave*. Agrociencia, 45 (4), 465-477.
- Muñiz M.D., Rodríguez J.R., Rodríguez H.R., Contreras E.J., Aguilar G.C. 2013. Producción Artesanal del Aguamiel: Una Bebida Tradicional Mexicana. Acta Química Mexicana. Volumen 5, No 10. Pp. 12-19
- Neumann, R. P. y E. Hirsch. 2000. Commercialization of non timber forest products: review and analysis of research. International Center for Forestry Research (CIFOR) and FAO.
- Nobel, P. S. 1988. Environmental Biology of Agaves and Cacti. Cambridge University Press, Nueva York.
- Núñez, P. H. G. y Ochoa, A. N. 1999. In vitro mass cultivation of cells and tissues. En: Molecular Biotechnology for Plant Food Production. O. Paredes-López, ed. Technomic Publishing Co. Inc. E.U.A., pp 89-130.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. Productos Forestales no madereros en México.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1996. Desarrollo de productos forestales no madereros en América Latina y el Caribe. Serie forestal N° 5.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019. Los 10 elementos de la agroecología. Guía para la transición hacia los sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles.

- Oronoz, M.R., Roaro, D. N. y Rodriguez, I.L. 1983. Tratado elemental de Botánica. México: Científica Latino Americano Larios. 663-664.
- Parra, N. L. y Tortolero, L. A. 2015. Manual del maguey pulquero en Guanajuato. Informe de Investigación de la escuela de desarrollo integral agropecuario de la Universidad Politécnica del estado de Carchi. Tulcán. Ecuador. 25 pp.
- Pérez, G. F., y Martínez, L. J. B., 2003. Introducción a la fisiología vegetal. Germinación de semillas. Universidad Politécnica de Valencia. Edición Mundí-Prensa. Pp. 1.
- Pérez, M. E. G, Ramírez, M.R., Núñez, P. H. G. y Ochoa, A.N. 1999. Introducción al Cultivo de Tejidos Vegetales. 1ra. Ed. Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
- Pimienta, B. E. 1990. El nopal tunero. Editorial de la Universidad de Guadalajara. México. 237 p.
- Ramírez, D. B., Cervantes, G. G., Wong, J. A. C., Hernández, A. F. y Cohen, I. S. 2004. "Morfología de plántulas de Noa (*Agave victoriae-reginae*) analizadas por imagen como estudio de aproximación". Agrofaz: publicación semestral de investigación científica, ISSN 1665-8892, Vol. 4, N°. 2, pág. 649-656.
- Ramírez, D. B., Cervantes, G. G., Wong, J. A. C., Hernández, A. F., Cohen, I. S. 2004. "Morfología de plántulas de Noa (*Agave victoriae-reginae*) analizadas por imagen como estudio de aproximación". Agro faz: publicación semestral de investigación científica, ISSN 1665-8892, Vol. 4, No. 2. Pp. 649-656.
- Rivero, M.M. 2011. *Cultivo de Tejidos Vegetales*.
- Rocha, M., Valera, A. y Eguiarte, L. E. (2005). Reproductive ecology of five sympatric *Agave* Litter (Agavaceae) species in central Mexico. American Journal of Botany, 92, 1330–1341.
- Rodríguez, G. B, Gutiérrez, M. A., y Acosta, D. B. 1996. Somatic embryogenesis of *Agave victoria-reginae* Moore. Plant Cell Tiss. Org. Cult.46: 85-87.
- Rodríguez, R. y Maldonado, H. 2009. Importancia de los productos forestales maderables y no maderables en los hogares de Puerto Nariño (Amazonas, Colombia). Cuadernos Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia. 6(26):31-52.

- Ruíz, P. M., García, F. C. Y Sayer, J. A. 2007. Instrumentos y Estrategias: Áreas Naturales Protegidas. Gestión de los recursos naturales.
- Rzedowski, J. 1968. Sobre tipo de "BIOS". Revista del seminario de estudios biológicos. México, D. F. 4-24 p.
- Rzedowski, J. 1975. Vegetación de México. Limusa. México, D.F.
- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Limusa. México, D. F.
- Saiprasad, G. V. S. 2001. *Artificial Seeds and their Applications*, Indian Institute of Horticulture Science, Bangalore.
- Sánchez M. E. 1996. Comercialización de cactáceas mexicanas reflexiones para la acción. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey – Campus Querétaro. México. Pp.3-4.
- Sánchez. M. O. 2004. Distribución, Identificación y Evaluación de las Cactáceas en las sierras de San Vicente y La Purísima del municipio de Cuatro Ciénegas Coahuila. México. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México.
- Sarukhan, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente, B. J., Halffter, G., González, R., Marcha, I., Mohar, A., Anta, S. y De la Maza, J. 2009. Capital Natural de México síntesis: Conocimiento Actual, Evaluación y perspectiva de la sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, 1994. Programa de Medio Ambiente 1995-2000.
- Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales. 2010. 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. Diario Oficial de la Federación. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, D.F., México. 77 pp.

- Secretaría del convenio sobre la Diversidad Biológica. 2009. Gestión Forestal Sostenible, Diversidad y Medios de vida: Guía de buenas prácticas. Montreal, 47.
- Tapia, T. E. C. y Reyes, C. R. 2008. Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable Madera y Bosques, vol. 14, núm. 3, 2008, pp. 95-112 Instituto de Ecología.
- United Nations Environment Programme environment for development, 2006. Secretaria del CITES. <http://www.cites.org/esp/index.shtml>.
- Valenzuela, S. K. K. 2006. Desarrollo de tecnologías para la regeneración in vitro y transformación genética de Maguey (*Agave tequilana weber, var, azul*). Tesis de Doctorado. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Irapuato, Guanajuato. México.
- Valenzuela, Z. A. G. 1994. El Agave Tequilero: Su Cultivo e Industrialización. Monsanto. México.
- Vázquez, Y. C. 1990. Ecología y conservación de semillas. México, UNAM. Pp. 124.
- Villareal, Q. J. A, Hernández, B. J. A, Estrada, C. E, Ramírez, R. H y Martínez, A. S. J. 2017. El elemento endémico de la flora vascular del Desierto Chihuahuense. Acta Bontánica Mexicana 118:65-96.
- Witjaksono, 1997. Development of protocols for avocado tissue culture: somatic embryogenesis, protoplast culture, shoot proliferation and protoplast fusion. Tesis de Doctorado. University of Florida, E.U.A.
- Witjaksono, 1997. Development of protocols for avocado tissue culture: somatic embryogenesis, protoplast culture, shoot proliferation and protoplast fusion. Tesis de Doctorado. University of Florida, E.U.A.
- WWF. Disponible en línea en: [https://www.wwf.org.mx/que\\_hacemos/programas/desierto\\_chihuahuense/](https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/desierto_chihuahuense/)
- Zamora, M y J.M. Torres. 2002. Estado actual de la información sobre productos forestales no madereros. Estado de la información forestal en México. Santiago, Chile, FAO.

