

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE SUELO Y VARIABLES ATMOSFÉRICAS DE
LA NOA *AGAVE VICTORIAE-REGINAE* EN BARREAL DE GUADALUPE,
COAHUILA”**

POR:

CRISTINA YHOSELIN GARCÍA GONZÁLEZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. CRISTINA YHOSELIN GARCÍA GONZALEZ, QUE SE SOMETE
A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR

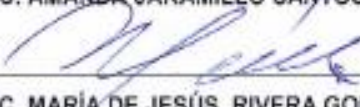
PRESIDENTE:


MC. HÉCTOR MONTAÑO RODRÍGUEZ

VOCAL:



MC. AMANDA JARAMILLO SANTOS


VOCAL:


MC. MARÍA DE JESÚS RIVERA GONZÁLEZ

VOCAL:


DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS


M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE SUELO Y VARIABLES ATMOSFÉRICAS DE LA
NOA AGAVE VICTORIAE-REGINAE EN EL BARREAL DE GUADALUPE,
COAHUILA

POR:

CRISTINA YHOSELIN GARCÍA GONZÁLEZ

TESIS:

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

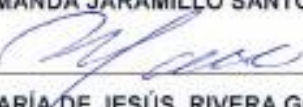
ASESOR PRINCIPAL:


MC. HÉCTOR MONTAÑO RODRÍGUEZ

ASESOR:


MC. AMANDA JARAMILLO SANTOS

ASESOR:


MC. MARÍA DE JESÚS RIVERA GONZÁLEZ

ASESOR:


DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS


M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2015.

AGRADECIMIENTOS

Primordialmente quiero agradecer a Dios por darme la dicha y la bendición de culminar mis estudios y darme la salud para poder finalizar esta hermosa etapa de mi vida. A mis padres por el gran esfuerzo que realizaron para que finalizara este trabajo.

A mis asesores de tesis, al biólogo Héctor Montaña, a las maestras Amanda Jaramillo y María de Jesús Rivera y al Dr. Héctor Madinaveitia. Y al profesor José Luis Reyes.

Agradezco a los laboratoristas del departamento de suelos, José Silverio Álvarez y a Juan Carlos Mejía.

A mis compañeros y amigos que ante cualquier dificultad me ayudaron y brindaron su apoyo, a Samuel Aguilar, Marisol Muñoz, sobre todo agradezco a Levi Norberto Espinosa por su apoyo y motivación en este trabajo de tesis y por nunca dejarme caer, por su paciencia, su optimismo y cariño.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios por darme la bendición de llegar a la meta y guiarme en todo este trayecto.

A mi padre José Efraín García y a mi madre María Amparo González por los grandes esfuerzos que realizaron para darme una educación que solo fortaleció los valores que me inculcaron, por siempre apoyarme y nunca dejarme caer.

A todos mis hermanos Nancy María, Máyela Guadalupe, Juan Gerardo, Víctor Hugo, Wendy Elizabeth, José Efraín y Cristal Azucena quienes siempre de alguna manera me apoyaron no solo en mi etapa estudiantil, sino en todos los momentos de mi vida.

A mis amigos Cinthia Marisol y Daniel Cruz que ante cualquier situación mostraron su apoyo y confianza hacia mí y por nunca darme la espalda.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA	II
CONTENIDO	III
RESUMEN.....	VI
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis.....	3
CAPÍTULO II	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Taxonomía	3
2.2- Descripción general del género <i>Agave</i>	4
2.3.- El agave en México.....	5
2.5.- Estado de conservación	6
2.5.1.- Amenazas que afectan a la especie	7
2.5.2.-Aprovechamiento de los recursos naturales en zonas áridas y semiáridas.....	9
2.6.- Comercio	9
2.6.1 Comercio lícito.....	9
2.6.2 Comercio ilícito	10
2.7.- ¿Existe prioridad, en las decisiones de conservación, a las áreas con mayor número de especies?	10
2.8.- ¿Cuántos hay y cuál es su distribución?	11
2.9.- Ubicación	12
2.9.1.- Hábitat del <i>Agave</i> en México	13
2.9.2.- Micro-hábitat del <i>A. victoriae-reginae</i> en el Desierto Chihuahuense.....	13
2.10.- Importancia	14
2.11.- Función de la especie en su ecosistema	14
2.12.- Morfología	14
2.13.- Fisiología	15
2.14.- Estudios para conservar el género <i>Agave</i>	15

2.15.- Instrumentos jurídicos	15
2.15.1 Nacional	16
2.15.2 Medidas de preservación internacional	16
2.16.- Conservación del hábitat.....	16
2.17.- Entorno del <i>Agave victoriae-reginae</i>	18
2.17.1 Importancia de las condiciones climáticas sobre las especies vegetales.....	18
2.17.2 Temperatura en el Desierto Chihuahuense	18
2.17.3 Humedad relativa	18
2.17.4 Insolación	18
2.17.5 Precipitación.....	19
2.17.6 Viento dominante	19
2.18.- Condiciones físicas y químicas del sustrato	19
CAPITULO III.	20
MATERIALES Y MÉTODOS.	20
3.1 Ubicación del lugar de estudio.....	20
3.2 Determinación de las características fisicoquímicas del suelo	20
3.3 Determinación de condiciones meteorológicas	21
3.4 Diseño estadístico	21
CAPÍTULO IV.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1 Parámetros evaluados en suelo.....	21
4.2 Parámetros meteorológicos	24
CONCLUSIONES.....	28
REFERENCIAS	29

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO

	Pag.
1. Tamaño y densidad de las poblaciones que conforman el complejo <i>Agave victoriae-reginae</i> .	19
2. Resultados de los análisis del suelo	29
3. Valores de referencia para el suelo del <i>Agave tequilana weber</i>	30

ÍNDICE DE GRÁFICAS

CONTENIDO

	Pag.
1. Humedad Relativa en promedio en la ciudad de Torreón de 1971 al 2014	31
2. Radiación solar media en cal/cm ² /día en la ciudad de Torreón de 1998 al 2006	32
3. Insolación total mensual en horas en la ciudad de Torreón de 1976 al 2014	32
4. Promedio de la temperatura máxima y mínima al abrigo en °C en la Cd. De Torreón de 1972 al 2014	33
5. Promedio de la Precipitación total en mm en la Cd. De Torreón de 1972 al 2014	34

ÍNDICE DE IMAGENES

CONTENIDO

	Pag.
1. Distribución de los componentes del complejo <i>Agave victoriae-reginae</i> .	19
2. Localización de las 10 poblaciones de <i>Agave victoriae-reginae</i> (<i>Agavaceae</i>) en el desierto de Chihuahua, México	20
3. Distribución de áreas con potencial muy bueno para Lechuguilla	30

RESUMEN

En el Barreal de Guadalupe, ubicado en el municipio de Torreón Coahuila, se encuentra una población del *Agave victoriae-reginae*, donde se determinaron las características meteorológicas de su micro-hábitat en esta región así mismo se hizo un análisis fisicoquímico del sustrato, mediante la determinación de nitrógeno por el método de digestor Kjeldahl, materia orgánica por el método de Walkley y Black, y fosforo por espectrofotometría. Se registraron y evaluaron los datos climáticos de la región para observar los cambios de estas variables y determinan su posible influencia en la especie.

Finalmente, se concluyó que aunque las variables atmosféricas han sufrido una notoria modificación, no han influido de manera negativa en la NOA, siendo aún su mayor amenaza el hombre. Las características del sustrato concuerdan con los estándares para la reproducción natural de esta especie de *Agave*.

Palabras Claves: NOA, Agave, Suelo, Variables atmosféricas, Amenaza

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El nombre genérico *Agave* proviene del griego *Agavos*, y fue propuesto por el naturalista sueco Carlos Linneo en 1753 para reconocer aquellas plantas americanas con hojas suculentas, arregladas en espiral alrededor de un tallo corto, en cuyos bordes se encuentran espinas marginales y una terminal en el ápice (Bertra *et al.*, 2012). Este género (*Agavaceae*) es endémico del continente americano, su distribución se extiende desde el sur de los Estados Unidos a Colombia y Venezuela. El género *Agave* tiene aproximadamente 200 especies y 247 taxones, de los cuales el 69% de las especies son endémicas de México (García, 2002; Rocha *et al.*, 2006), otros autores determinan que el género *agave* alberga 166 especies (Good *et al.*, 2006). Los miembros de *Agavaceae* muestran una amplia gama ecológica, adaptaciones reproductivas y morfológicas a ambientes áridos. La familia ha sido importante para las personas que viven en América desde la prehistoria, con varias especies proporcionando ropa, cuerdas, alimentos y bebidas (tanto alcohólicas como no alcohólicas) para los seres humanos (Rocha *et al.*, 2006). En las áreas donde se distribuye el *Agave* muestra una serie de respuestas fisiológicas específicas asociadas con el clima en el que estas plantas crecen naturalmente. Esta evidencia sugiere que la germinación de semillas de *agave*, además de otros procesos fisiológicos, puede desarrollarse adecuadamente en condiciones que no son óptimas para otras especies. (Ramírez *et al.*, 2014).

Una de estas especies es el *Agave victoriae-reginae*, es una especie endémica del desierto de Chihuahua, en el Noreste de México, y sus poblaciones se encuentran en los estados de Durango, Coahuila y Nuevo León (Eguiarte *et al.*, 1999), se encuentra entre los 100° y 104° longitud oeste y 25° y 27° latitud norte, en localidades muy específicas debido a que crece en afloramientos de carbonato de calcio sobre paredes verticales (Montaño *et al.*, 2008).

Existen solamente 10 poblaciones de esta especie (Eguiarte *et al.*, 1999) y se encuentra enlistado en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especie en peligro de

extinción y en el Apéndice II de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) (González *et al.*, 2011), ya que las poblaciones han sido afectadas seriamente por la extracción indiscriminada de individuos adultos para el comercio de plantas de ornato, y por la destrucción de su hábitat debida a la extracción de materiales para la construcción (Eguiarte *et al.*, 1999), y como ya se mencionó el saqueo de plantas y semillas y la destrucción del hábitat han causado que algunas poblaciones se vean seriamente amenazadas y estén en grave peligro de extinción (Martínez *et al.*, 2003), por lo que el nivel de diferenciación entre las poblaciones y los niveles de diversidad dentro de las poblaciones, ayudara a decidir qué poblaciones pueden tener una prioridad de conservación superior, puesto que las poblaciones que crecen en afloramientos de piedra caliza planas han sido casi todas erradicadas por la recolección para el comercio y las únicas poblaciones sanas se encuentran ahora en sitios casi inaccesibles en las paredes de piedra caliza de cañones (Martínez *et al.*, 1999), ya que una gran proporción de las sucesiones de carbonato en el registro geológico fueron depositadas en ambientes de tipo rampas carbonatadas (Wright y Burchette, 1998). En las pocas poblaciones fácilmente accesibles principalmente en las colinas, la recolección comercial ha disminuido drásticamente en los últimos años a causa de una aplicación más estricta de los reglamentos y porque las plantas son ahora tan raras como para hacer la recolección económicamente viable (Martínez *et al.*, 1999), por lo que los altos niveles de variación genética dentro de las poblaciones y alta diferenciación entre las poblaciones son un verdadero desafío para la conservación, como por ejemplo las presiones antropogénicas en tiempos prehistóricos y modernos sobre numerosas especies de agave han generado impactos de magnitud variable sobre sus características demográficas y la genética de poblaciones (Figueredo y Nassar, 2011), la profunda crisis que enfrenta actualmente la biodiversidad debida a la desaparición de millones de especies, a un ritmo mayor que el de cualquier extinción catastrófica previa, nos obliga a lograr el conocimiento necesario que permita desarrollar estrategias apropiadas para la conservación y uso sustentable de la riqueza biótica del planeta (Posadas y Miranda, 1999) por lo tanto en México durante la década de los noventa se planteó

el programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural 1997 - 2000, siendo la primera iniciativa en su género (Montaño *et al.*, 2008). Sin embargo, en el caso de las especies en peligro de extinción donde la recolección excesiva de plantas y semillas para uso ornamental empeora la situación, la micropropagación de plantas puede ser una herramienta importante para abastecer la demanda del mercado (Martínez *et al.*, 2003).

El presente trabajo es un estudio que pretende contribuir al conocimiento de los factores ambientales que determinan el desarrollo de *Agave victoriae-reginae* para su conservación y posible reforestación de la especie.

1.1 Objetivo

Contribuir al conocimiento de los factores ambientales que determinan el desarrollo de *Agave victoriae-reginae* para su conservación y posible reforestación de la especie en el Cañón de Jimulco.

1.2 Hipótesis

Las condiciones ambientales y la composición del suelo no afectan la morfología del *Agave victoriae-reginae*.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Taxonomía

2.1.1 Clase: *Liliopsida*

2.1.2 Orden: *Asparagales*

2.1.3 Familia: *Agavaceae*

2.1.4 Especie: *Agave victoriae-reginae* T. Moore (*sensu lato*)

2.1.5 Sinónimos científicos: *Agave consideranti* Carrière, *Agave ferdinandi-regis* A. Berger.

2.1.6 Nombres comunes: Noa, noha, maguey noha; lechuguilla, maguey de roca.

2.2- Descripción general del género *Agave*

El género *Agave*, que se ubica en la familia *Agavaceae*, incluye varias especies de plantas adaptadas a condiciones de aridez. Tienen una forma característica de roseta y poseen raíces muy ramificadas, cutícula gruesa, hojas suculentas con estomas hundidos y metabolismo fotosintético tipo CAM. Se reportan 197 especies incluidas dentro de los dos subgéneros reconocidos (*Littaea* y *Agaveae*) (Domínguez *et al.*, 2008)

El nombre de *Agave victoriae-reginae* se ha aplicado a un grupo de plantas endémicas al norte de México fácilmente distinguibles de otras especies de *Agave* por tener hojas con márgenes coriáceos sin espinas bandas blancas sobre ambas caras y flores con tubos cortos en forma de embudo. Su revisión taxonómica revela que lo que se conoce como *A. victoriae-reginae* es un complejo que incluye tres especies, una de ellas con dos subespecies: 1a) *A. victoriae-reginae* subsp. *victoriae-reginae* (del occidente de Nuevo León y extremo oriental de Coahuila; 1b) *A. victoriae-reginae* subsp. *swobodae* (sur de Coahuila y noreste de Durango); 2) *Agave nickelsiae* (microendémica al sureste de Coahuila); y 3) *Agave pintilla* de distribución más occidental del grupo, sureste de Durango) (González *et al.*, 2011)

2.3.- El agave en México

De total de 200 especies, 136 las podemos encontrar en México, nuestro país es considerado como centro de origen del género. Numerosas especies del género *Agave* han sido utilizadas como alimento por los pobladores de Mesoamérica desde hace por lo menos 9,000 años, son muchos los hallazgos arqueológicos que confirman el papel fundamental que estas plantas jugaron en el desarrollo de los pueblos autóctonos de la parte central de México (Domínguez *et al.*, 2008).

La estrecha relación establecida entre los mexicanos y el *Agave* permanece hasta hoy. Estas plantas satisfacen varias de las necesidades de los pobladores de las zonas áridas y semiáridas del país, e incluso llegan a ser el soporte de importantes actividades económicas generadoras de riqueza como lo son la industria tequilera, mezcalera y de fibras naturales. Los agaves son plantas de crucial importancia para nuestro país. A pesar de lo anterior, se han hecho relativamente pocos esfuerzos por estudiarlos, mejorarlos y conservarlos (Domínguez *et al.*, 2008).

La mayoría de los trabajos en este sentido, se han realizado con aquellas especies ya consideradas como cultivadas, como las usadas para la producción de tequila, mezcal, aguamiel, pulque, fibras, etc. Otras especies, que no son cultivadas, y que tienen hábitats más restringidos, han sido descuidadas al grado de que muchas de ellas se encuentran en riesgo de extinción (Domínguez *et al.*, 2008).

A pesar de la relevancia biológica y de las particulares capacidades fisiológicas y metabólicas de los agaves; actualmente se desconocen las bases moleculares y adaptaciones bioquímicas sobre las que subyacen capacidades como su alta tolerancia a estrés abiótico, la biosíntesis de metabolitos secundarios de interés biotecnológico, o la regulación de su desarrollo por factores ambientales (Martínez *et al.*, 2010).

2.4.- Historia

Desde el punto de vista etimológico, *victoria-reginae*, en latín, significa Reina Victoria, se debe a una petición del célebre coleccionista M. Peacock a la reina de Inglaterra para que le autorizara a asignarle este nombre. En la exposición de

Colonia de 1875, fue expuesta por el horticultor belga M. Louis De Smett, de donde paso a la colección de M. Peacock en Londres. Fue traída a Europa por M. V. Considérant e introducida en el Museo de Historia Natural de Paris en 1872. Éste, tras la descripción de este taxón en una de las mejores revistas hortícolas del mundo, *Gardenes Chronicle*, que publicó un grabado, realizado por Th. Moore, reivindicó la prioridad dada para esta especie en Francia, lo que avivó una gran polémica en Francia e Inglaterra (Guillot, 2012).

2.5.- Estado de conservación

La profunda crisis que enfrenta actualmente la biodiversidad debida a la desaparición de una considerable cantidad de especies, a un ritmo mayor que el de cualquier extinción catastrófica previa, nos obliga a lograr el conocimiento necesario que permita desarrollar estrategias apropiadas para la conservación y uso sustentable de la riqueza biótica del planeta. Para tales propósitos se requiere evaluar la biodiversidad desde distintas perspectivas. Una de las perspectivas posibles para este tipo de análisis es la biogeográfica, que permite conocer e interpretar los patrones de distribución de la biodiversidad. En cualquier estudio biogeográfico el primer paso es la delimitación de las áreas de endemismo. Las áreas de endemismo son áreas relativamente pequeñas, que presentan un número significativo de especies que no están presentes en ninguna otra área del planeta (Posadas y Miranda, 1999) (Pedroza *et al.*, 2014).

Por lo anterior, a nivel nacional la NOM-059-SEMARNAT-2001 reconoce la existencia de 18 especies dentro del género cuya supervivencia se ve severamente amenazada en estos momentos. Esta situación se debe, principalmente, a la sobreexplotación de poblaciones silvestres, el saqueo ilegal de plantas jóvenes para ser usadas como ornamentales y la destrucción de su hábitat. Por otro lado, el crecimiento muy lento de estas plantas, así como sus bajas tasas de reproducción asexual y reproducción sexual limitada por problemas de polinización y viabilidad de las semillas, son factores que hacen a los *Agaves* difíciles de multiplicar masivamente por métodos convencionales. Estos mismos factores limitan las posibilidades de mejoramiento de las especies cultivadas. Una alternativa

prometedora para la resolución de estos problemas es la aplicación en estas especies de las técnicas de propagación y mejoramiento derivadas de la Biotecnología Vegetal (Domínguez *et al.*, 2008).

Desde 1983 en el Apéndice II de CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) con anotación #1 desde 1985 y actualmente con anotación #4. Los comités científicos de la CITES, a través del proceso de Revisión Periódica, evalúan el estatus de las especies de flora y fauna incluidas en los Apéndices de la CITES después de 10 años, para en su caso sugerir el mantener, modificar o eliminar de los Apéndices a las especies revisadas. La Revisión Periódica se elabora con base en criterios establecidos en la Resolución Conf. 924 (rev.CoP15) sobre la biología, distribución, abundancia, amenazas, el impacto del comercio internacional y el estatus de conservación de la especie en cuestión. En la 17ª reunión del Comité de Flora de la CITES en 2008 (PC17, Ginebra) se le solicitó a México revisar la situación de *A. victoriae-reginae*. - Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Durango. 2011 Informe final del proyecto HS001 Revisión periódica de *Agave victoriae-reginae* en el apéndice II de la CITES.

2.5.1.- Amenazas que afectan a la especie

Los principales factores que amenazan a las poblaciones silvestres de *A. victoriae-reginae* son la extracción de plantas, ya que es una especie muy apreciada como ornamental; la destrucción y fragmentación de su hábitat por construcción de infraestructura, urbanización, banco de materiales, prácticas de motociclismo y construcción de caminos; el ramoneo de plántulas; el pastoreo sobre lomeríos y laderas de pendiente poco pronunciada y el sobrepastoreo, particularmente el de caprinos, por la facilidad de este ganado para acceder a sitios abruptos (CITES, 2011).

La transformación de los hábitats naturales se debe principalmente a las actividades agrícolas y ganaderas, lo que hace indispensable la continua revisión del estatus de conservación de las especies. Son precisamente estas modificaciones del hábitat

las que ponen en grave peligro a poblaciones (Feria *et al.*, 2010), así como que la mayoría de los ecosistemas pierden la mayor parte de sus nutrientes por lixiviación, los sistemas desérticos pierden minerales en gran medida a través de erosión de la superficie (Killingbeck, 1993)

Por la extracción de plantas y semillas con fines comerciales, la destrucción de hábitat por extracción de materiales del subsuelo, sus hábitats se han visto destruidos y fragmentados por la extracción de minerales como mármol y caliza (Martínez y Chávez, 1998). En el Desierto Chihuahuense el promedio de la temperatura media anual estimada es 19.1 °C, y para el año 2030 será 20.5 °C. El promedio de precipitación anual estimado es 400 mm y el predicho para el año 2030 será 175 mm. Estas predicciones representan un incremento de la temperatura promedio, debido al cambio climático, de 1.4 °C y una disminución promedio de la precipitación de 13.3 % en comparación con el clima actual. Para hacer posible la supervivencia de las especies del género *Agave* al clima al cual están adaptadas y que se presentará en localidades distintas de las actuales, es necesario realizar una migración asistida desplazando las poblaciones a elevaciones entre 175 y 225 m más altas para hacerlas coincidir con el clima proyectado para el año 2030 (Sáenz *et al.*, 2012).

El entorno biológico en un ecosistema se pone cada vez más difícil, por la competencia entre las plantas mismas. El mejor ejemplo de esto se da en las zonas desérticas y semidesérticas del norte de México. Se olvida, que el avance de la desertificación y de los cambios climáticos son una de las consecuencias de la desaparición de especies vegetales. En la categoría de las plantas xerófitas del estado de Coahuila existen también otras especies de plantas, que por ser consideradas como hermosas plantas de ornato, son sujetas a serias amenazas para su existencia (Bauer y Hernández, 2004).

Con el aumento de la explotación de los acuíferos para la agricultura, la ganadería, la industria, y el agua potable, podemos esperar un aumento de la salinización de las cuencas hidrográficas existentes y fuentes de agua especialmente en las zonas áridas, estos cambios ocasionarán un impacto negativo en los procesos del ecosistema (Walsh *et al.*, 2008).

2.5.2.-Aprovechamiento de los recursos naturales en zonas áridas y semiáridas

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)

Desde la antigüedad, los agaves o magueyes (*Agave*) han 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).

2.6.- Comercio

2.6.1 Comercio licito

Los datos sobre comercio Internacional de *A. victoriae-reginae* reportados en UNEP-WCMC (United Nations Environment Programme-World Conservation Monitoring Centre) revelan que de 1983 hasta 1992 hubieron grandes exportaciones de plantas de *A. victoriae-reginae*, alcanzando en 1989 la venta de 1,710 plantas vivas (incluyendo 66 plantas de origen ilegal). Sin embargo, a partir de 1994 los

registros de plantas exportadas se reducen drásticamente, y para los periodos 2003-2007 y 2009-2010 no se registraron exportaciones, mientras que en el 2008 sólo se registran dos eventos de exportación de dos individuos propagados artificialmente (CITES, 2011).

2.6.2 Comercio ilícito

La PROFEPA, Autoridad de Observación y Aplicación de la ley CITES en México menciona que no ha realizado decomisos de esta planta de octubre del 2009 a agosto de 2010 (CITES, 2011).

En la región de La Laguna (Coahuila-Durango), la especie ha desaparecido de una de sus poblaciones icónicas (el Cerro de Las Noas, en Torreón) y sigue extrayéndose de otras poblaciones cercanas y su venta en viveros se hace a partir de plantas extraídas de su hábitat natural, sin los permisos correspondientes (Fernández, 2008).

2.7.- ¿Existe prioridad, en las decisiones de conservación, a las áreas con mayor número de especies?

Es tal la crisis de la biodiversidad que es necesario y urgente reconocer taxa y regiones prioritarias para la conservación. Por ello, si uno de los objetivos de la biología de la conservación es maximizar la cantidad de "información genética" protegida y viable, entonces la diversidad filogenética es una herramienta fundamental para la toma de decisiones. Por otro lado, si reconocemos que los principios de reconstrucción filogenética pueden ser aplicados en un continuo que va desde la variación genética a nivel de poblaciones hasta la diferenciación de taxa lejanamente emparentados, entonces los análisis de diversidad filogenética deben utilizar diferentes metodologías de acuerdo con las escalas espacial y taxonómica de cada caso y con la calidad de los datos con que se cuenta (Eguiarte *et al.*, 1999)

2.8.- ¿Cuántos hay y cuál es su distribución?

Las poblaciones de *A. victoriae-reginae* s.s. están en su mayoría formadas por individuos solitarios. En las de *A. nickelsiae* y *A. pintilla* predominan las agrupaciones en pequeñas colonias separadas entre sí desde pocas decenas a varios cientos de metros. El tamaño y la densidad de las poblaciones es muy variable debido a que la distribución es sumamente heterogénea. Existe una gran variación en el número de individuos por área, incluso en áreas contiguas, razón por la cual la información presentada es solamente un ejercicio de aproximación a la situación poblacional de la especie (CITES, 2011).

Tabla 1. Tamaño y densidad de las poblaciones que conforman el complejo *Agave victoriae-reginae* en el Desierto Chihuahuense. (CITES, 2011)

Poblaciones	No. de individuos	Densidad (ind/Ha)
<i>Agave victoriae-reginae</i> sub. <i>victoriae-reginae</i> (rojo)	238,905	517.9
<i>Agave victoriae-reginae</i> sub. <i>swoboda</i> (verde)	17,513	671
<i>Agave Nickelsiae</i> (morado)	329	1.4
<i>Agave pintilla</i> (azul)	9,216	236.9

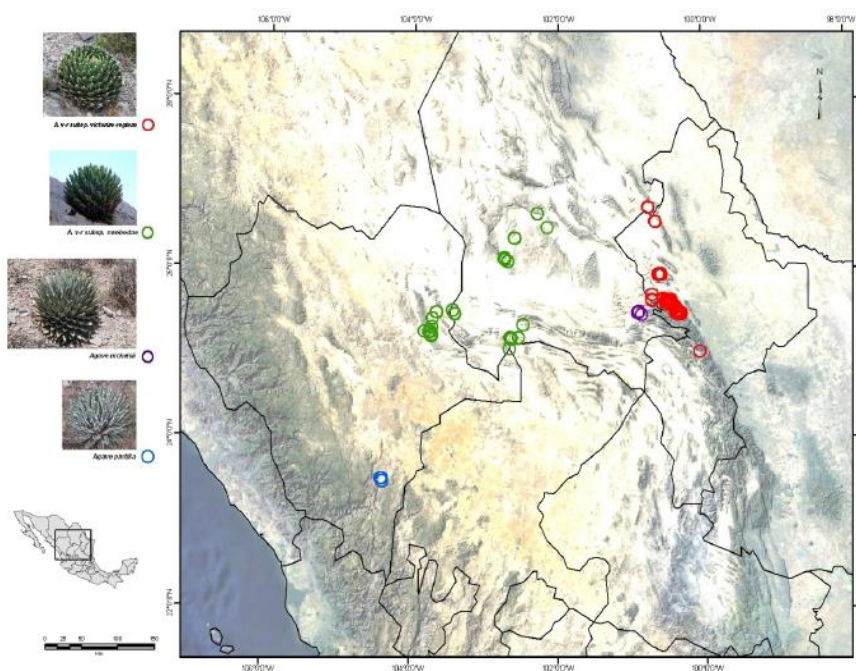


Figura 1. Distribución de los componentes del complejo *Agave victoriae-reginae*. (CITES, 2011)

2.9.- Ubicación

El Desierto Chihuahuense es el más grande de Norteamérica, y la parte que le corresponde a México es la más extensa. Es el más rico biológicamente, en particular en especies endémicas, y también el más desconocido para la ciencia (Zárate y Hernández, 2006).

Cubre una superficie de 507,000 km², desde Nuevo México y Texas en Estados Unidos, hasta porciones de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas, en México y se considera como una de las regiones secas con mayor riqueza de especies del mundo. Entre las vastas planicies del Desierto Chihuahuense se presentan montañas aisladas de elevada altitud y sometidas a la fuerte influencia del desierto, lo que ha generado los gradientes de vegetación y clima típicos de esta gran unidad ecogeográfica (Granados *et al.*, 2011).

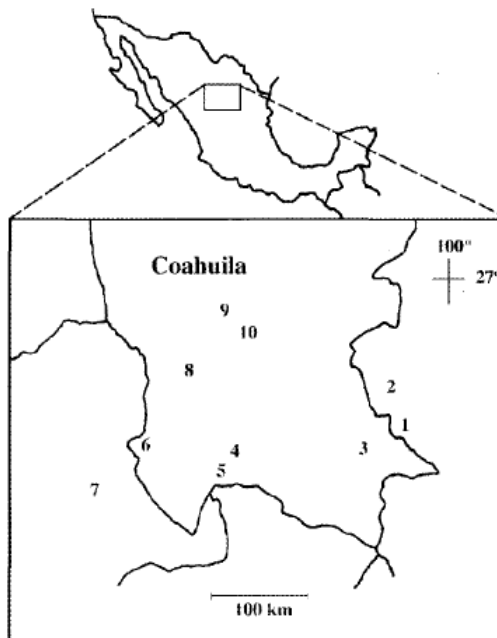


Figura 2. Localización de las 10 poblaciones de *Agave victoriae-reginae* (Agavaceae) en el Desierto Chihuahuense, México (Martínez *et al.*, 1999)

2.9.1.- Hábitat del *Agave* en México

En México el género *Agave* crecen principalmente en las zonas montañosas de las provincias florísticas: Serranías Meridionales, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Planicie Costera del Noreste. La mayor diversidad y número de endemismos se localizan en los límites de los estados de México, Morelos y Guerrero, Nayarit, Jalisco y sur de Zacatecas y en la planicie próxima a la desembocadura del río Bravo (García, 2011).

Se desarrolla únicamente sobre substratos de origen sedimentario, principalmente sobre roca caliza originada de sedimentos marinos y en menor proporción sobre conglomerado o coluviones; rara vez sobre arenisca, lutita o toba calcárea (un tipo de caliza). Este sustrato tiene altas concentraciones de carbonato de calcio, es somero o restringido a grietas de escarpes rocosos (litosoles y regosoles) y asociado a corrientes permanentes o temporales de agua. Las plantas de *A. victoriae-reginae* que crecen sobre escarpes no están usualmente asociadas a nodrizas y en los casos en que crecen junto a otras plantas se debe al aprovechamiento de suelo que llega a acumularse en las oquedad que genera esa planta. El tipo de vegetación en el que generalmente se encuentran es en matorral xerófilo (CITES, 2011).

2.9.2.- Micro-hábitat del *A. victoriae-reginae* en el Desierto Chihuahuense

Se ha sugerido que la Sierra Madre Occidental de México (SMOcc) funciona como corredor biológico, que combina elementos neárticos y neotropicales facilitando la presencia de endemismos por aislamiento geográfico, en donde se favorece la especiación de plantas y animales. Se reporta que estos ambientes ofrecen una gran variedad de microhábitats y un intervalo amplio de microclimas, que se traduce en un mayor espectro de recursos (Aragón *et al.*, 2009).

Más del 95% de la distribución de plantas de *A. victoriae-reginae* se presenta en Pared, lo que permite afirmar que es el hábitat natural, y que incursiona a los ambientes de Suelo en forma de pequeños cúmulos de plantas. Esta especie crece

en afloramientos de carbonato de calcio, sobre paredes verticales, en sitios abruptos y escarpados (Martínez y Chávez, 1998).

2.10.- Importancia

La calidad del suelo y la fertilización son factores que determinan el crecimiento de las plantas (Martínez *et al.*, 2013), sin embargo el agave es un recurso muy útil por su capacidad para la retención y conservación del suelo, problema muy particular en los estados del norte del país; requiere bajos niveles de humedad y se adapta fácilmente a condiciones de extrema sequía, a suelos pobres y terrenos cerriles. Como también tolera bajas temperaturas (Castillo *et al.*, 2007). Debido a su popularidad como ornamentales, algunas de sus poblaciones se han puesto en riesgo de extinción debido a las colecciones ilegales, y el gobierno mexicano ha enumerado las especies en peligro para protegerla. Se sabe que los niveles de diferenciación entre algunas poblaciones son comparables a los observados entre subespecies o incluso especies (Alamaraz *et al.*, 2013).

2.11.- Función de la especie en su ecosistema

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 (principalmente liebres y ratas) (CITES, 2011).

2.12.- Morfología

Los agaves son plantas xerófitas, adaptadas a vivir en condiciones climáticas desfavorables, con largos periodos de sequía y altas temperaturas. Las especializaciones morfológicas a las condiciones adversas consisten en modificaciones en la estructura básica de una planta como respuesta a las presiones del ambiente. Los magueyes son plantas xerófitas, adaptadas a vivir en

condiciones climáticas desfavorables, con largos periodos de sequía y altas temperaturas. Las especializaciones morfológicas a las condiciones adversas consisten en modificaciones en la estructura básica de una planta como respuesta a las presiones del ambiente. Los agaves poseen estrategias para sobrevivir en ambientes secos (UNAM, 2007).

El *A. victoriae-reginae* es de crecimiento muy lento, teniendo 20 años para llegar a la floración (Nursery, 2006).

2.13.- Fisiología

Especies de agave pueden mantener baja absorción de agua semilla por varias semanas y germinan rápidamente cuando la disponibilidad de agua aumenta. Las respuestas de germinación de las especies de Agave de clima seco sugieren la adaptación a la baja disponibilidad de agua.

La biomasa de semillas no parece ser un distintivo característico de las respuestas a la disponibilidad de agua durante germinación (Ramírez *et al.*, 2014).

2.14.- Estudios para conservar el género *Agave*

Las zonas áridas de México, son consideradas como regiones ricas en endemismos, esta especie presenta una gran diferenciación genética entre las poblaciones, será de fundamental importancia desarrollar nuevos estudios de campo para determinar si está habiendo flujo genético entre las poblaciones de *Agave* (Martínez y Chávez, 1998).

La falta de información de la secuencia genómica y transcriptómica de agaves, plantas suculentas nativas de las regiones áridas de América del Norte, limita la investigación molecular de sus adaptaciones al estrés abiótico del ambiente xerófilo (Gross *et al.*, 2013).

2.15.- Instrumentos jurídicos

2.15.1 Nacional

La especie se encuentra incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría en peligro de extinción (**P**). Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional. Las especies que se encuentran en la categoría “**P**” es debido a que sus áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional, han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural por diversos factores(CITES, 2011).

2.15.2 Medidas de preservación internacional

El comercio internacional de la especie se encuentra regulado por las disposiciones de la CITES al estar enlistada en el Apéndice II desde 1983. En 1985 se le designa la Anotación #1 (que excluye semillas, esporas, polen, cultivos de tejido y plántulas) y a partir del 2010 cuenta con la Anotación #4 (excepto semillas, tejidos *in vitro*, flores cortadas de plantas reproducidas artificialmente, así como tallos y sus partes y derivados) (CITES, 2011).

2.16.- Conservación del hábitat

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. 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).

Es importante preservar los desiertos porque son ecosistemas muy ricos, donde existe una gran variedad de organismos endémicos. Muchos de estos organismos tienen características biológicas muy peculiares, porque el ambiente desértico estimula los procesos evolutivos. Eso ha provocado que algunas plantas presenten formas especiales, como las cactáceas, y que otras hayan desarrollado características fisiológicas inusuales en respuesta al ambiente tan restrictivo. El hecho de que el desierto sea hogar de organismos únicos desde el punto de vista geográfico, ecológico y evolutivo nos obliga a que lo conservemos (Zárate y Hernández, 2006).

Es indispensable que el conocimiento de los recursos naturales regionales, se integre en un sistema de información geográfica, ya que esto apoyaría en la adecuada toma de decisiones con respecto a los mismos. Es importante que los habitantes de ésta región conozcan las características de la misma, para lograr transmitir a las generaciones siguientes el legado de la naturaleza (Gatica, 2010).

Dentro del área de distribución de *A. victoriae-reginae* se encuentran tres Áreas Naturales Protegidas, una de carácter nacional, una estatal y una de carácter municipal: a) Parque Nacional Cumbres de Monterrey, b) Cañón de Fernández (municipio de Lerdo, Durango.) y c) Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco (municipio de Torreón, Coah. Zona núcleo B). De acuerdo con el Artículo 28 del Reglamento de la “Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco”, la zona núcleo B se establece con la finalidad de proteger y conservar la población de *Agave victoriae-reginae*, y se encuentra ubicada en el paraje conocido como “Cañón de La Cabeza”. El área de la zona núcleo B comprende 78.7 hectáreas de pared vertical y la distribución de plantas es casi uniforme en los resquicios y oquedades (CITES, 2011).

2.17.- Entorno del *Agave victoriae-reginae*

2.17.1 Importancia de las condiciones climáticas sobre las especies vegetales.

En particular, los factores geográficos que determinan los patrones de biodiversidad, como el clima y la geomorfología, pueden variar ampliamente de una región a otra, de tal manera que un conocimiento de la biodiversidad obligatoriamente requiere de un acercamiento regional. (Aqueo *et al.*, 1998).

Los patrones climáticos son de mucha importancia en la historia evolutiva de las plantas, en la estructura de la vegetación y la dinámica de las poblaciones (Bullock, 1999).

2.17.2 Temperatura en el Desierto Chihuahuense

Entre enero y mayo el área es muy seca; las temperaturas diurnas en verano son de 5.5 a 11°C, inferiores a las del Desierto de Sonora, excepto en las partes menos elevadas a lo largo del Río Grande. Las heladas moderadas son comunes en las planicies y las severas en altitudes mayores a 1,700 m (Granados *et al.*, 2011).

2.17.3 Humedad relativa

Humedad inferior al 30% en el periodo de Junio a Agosto (falta de precipitación pluvial y elevada evaporación). La humedad relativa entre el 50 a 60%, mejora en periodos de lluvia, nevadas o granizo (Peña, 2008).

2.17.4 Insolación

El potencial total de insolación en esta región es de 80% anual, esto es, 320 días de sol (Peña, 2010).

2.17.5 Precipitación

El *Agave victoriae-reginae* requieren la precipitación estacional, ya que no son verdaderamente resistentes a la sequía. Ellas crecen mejor con un promedio anual precipitación entre 75 y 500 mm, es decir, que pueden soportar las bajas precipitaciones, pero la precipitación debe ser regular, pueden soportan semanas e incluso meses sin agua, esto también se observa a nivel de plántula. (Luttge, 2004) aunque algunas investigaciones consideran que el mínimo de precipitación que se requiere para cualquier crecimiento vegetal debe de oscilar entre 25-75 mm·año⁻¹ (Hernández *et al.*, 2003).

La precipitación media anual varía de 175 mm, en los valles de Coahuila, hasta 300-400 mm en las montañas localizadas en los límites occidental y sur. Entre el 65 y 80 % de la lluvia cae durante los meses de verano, entre junio y septiembre, con una ligera precipitación de octubre a diciembre (Granados *et al.*, 2011).

2.17.6 Viento dominante

Los vientos dominantes, los provenientes del suroeste suelen llevar una mayor velocidad durante el verano, mientras que en invierno son los provenientes del noreste los que provocan mayor frío (Peña, 2010).

2.18.- Condiciones físicas y químicas del sustrato

El suelo y la vegetación están estrechamente integrados; afectan el ciclo de nutrimentos y la adecuación de los organismos. Los suelos pobres de las partes altas quedan al descubierto por la escasa cobertura vegetal.

Alrededor del 80 % de los suelos se deriva de materiales calcáreos (Granados *et al.*, 2011).

CAPITULO III.

MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Ubicación del lugar de estudio

El área de estudio fue en El Barreal de Guadalupe está situado en el municipio de Torreón del estado de Coahuila de Zaragoza, México. Sus coordenadas son Longitud: -103.246111 y Latitud: 24.998889. La localidad se encuentra a una mediana altura de 1340 metros sobre el nivel del mar. El periodo de estudio comprendió de enero-mayo del año 2015, con el objetivo de contribuir al conocimiento de los factores ambientales que determinan el desarrollo de *Agave victoriae-reginae* para su conservación y posible reforestación de la especie en el Cañón de Jimulco.

3.2 Determinación de las características fisicoquímicas del suelo

Se determinaron variables del suelo como el nitrógeno (Brown y Sallee, 1967), fósforo (Millán, 2001), y materia orgánica (Walkley y Black, 1933). El equipo que se empleo es el digestor Kjeldahl LABCONCO®. Planta de enfriamiento y extractor Itemsa®, agitador de acción recíproca Eberbach®, Espectrofotómetro SQ118 Merck®, y balanza analítica Santorius® A2005.

3.3 Determinación de condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas del hábitat de las poblaciones del *Agave victoriae-reginae* se consultaron de los datos registrados de los fenómenos meteorológicos regionales (CONAGUA, 2015).

3.4 Diseño estadístico

Se tomaron las muestras al azar de Agaves a diferentes alturas, a 7, 45, 47 y 50 metros de altura. Los muestreos para determinar las características fisicoquímicas del suelo se realizaron al azar (Bolaños, 2012). La densidad de población se valoró mediante el muestreo por la línea de Canfield (González y Sánchez, 2001).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros evaluados en suelo

En este trabajo se analizaron solo algunos de los indicadores de la calidad del suelo (análisis de fertilidad). La importancia de la evaluación de las características del suelo es necesaria, porque ellas reflejan la manera en que el suelo favorece o limita el crecimiento y el desarrollo de las plantas.

Agave victoriae-reginae se desarrolla sobre paredes calizas. Los suelos dominantes son litosoles en las grietas y oquedades de las crestas calizas. En menor escala, se desarrolla también sobre coluviones en partes más bajas, donde logra formarse regosol (González, 2011). Esto se comprobó por las pruebas de campo donde se observó que la Noa crece sobre paredes calizas a gran altura.

Tabla 2. Resultados de los análisis del suelo con poblaciones de noa (*Agave victoriae-reginae*) en la región de Barreal de Guadalupe Coahuila. Enero-Mayo del 2015

Parámetros	1) 7m de altura	2) 45m de altura	3) 47m de altura	4) 50m de altura	Rangos óptimos (Por los métodos empleados)	
Materia orgánica (%)	4.432	5.206	4.303	3.646	3.0	6.0
Fosforo (ppm)	48.96	60.64	39.73	31.77	5.5	11.0
Nitrógeno (%)	0.246	0.123	0.215	0.1510	0.10	0.15
pH	7.73	8.02	8.12	8.24	6.5	7.0

Dentro de las características indicadoras de la calidad del suelo se encuentra el pH, que tiene importancia en la disponibilidad de los nutrientes, ya que la máxima disponibilidad se encuentra cuando el pH se acerca a la neutralidad entre 6.0 y 7.0 (Pacheco, 2007). En la Tabla 2 se observa que a la altura de 7m fue el valor que más se acercó al pH neutro. Mientras que en las demás alturas el pH fue más alcalino. A mayor pH la disponibilidad de nutrientes es menor (Pacheco, 2007).

En la misma Tabla, los resultados arrojan que a pesar de disponer de baja cantidad de materia orgánica, cuenta con los suficientes nutrientes para vivir en este medio. Si se compara la cantidad de materia orgánica que contiene el suelo donde está la Noa con el rango óptimo reportado se ve que los resultados de este parámetro se ubican en lo ideal, por lo que debe favorecer el crecimiento de la Noa. Los requisitos y el contenido de nutrimentos en agaves son básicamente semejantes a los de otras plantas. Con frecuencia el nitrógeno es el elemento del suelo más limitativo para el crecimiento (Nobel y Quero, 1986).

Comparados con los rangos óptimos, los niveles de N obtenidos fueron superiores conforme a la clasificación (Tavera, 1985). Y para el fosforo, otro elemento esencial,

ocurrió la misma situación, es decir los valores calculados fueron superiores (CSTPA, 1980).

Tabla 3. Valores de referencia para el suelo del *Agave tequilana weber* (Pérez y Del Real, 2007)

Parámetros	Rangos óptimos	
Nitrógeno (%)	0.27	0.39
Fosforo (ppm)	0.25	0.35
Materia orgánica	2.13	3.02
pH	5.89	7.0
Conductividad eléctrica mS/cm	1.20	1.41

Considerando el *A. victoriae-reginae*, y el *A. lechuguilla* se adaptan a las mismas características del suelo (Velasco *et al.*, 2012), de esta manera se considera que dentro de toda la Comarca Lagunera solo en la Sierra de Jimulco donde están las condiciones óptimas para el *A. Lechuguilla*, y de manera más exacta en el Barreal de Guadalupe (Martínez *et al.*, 2011).

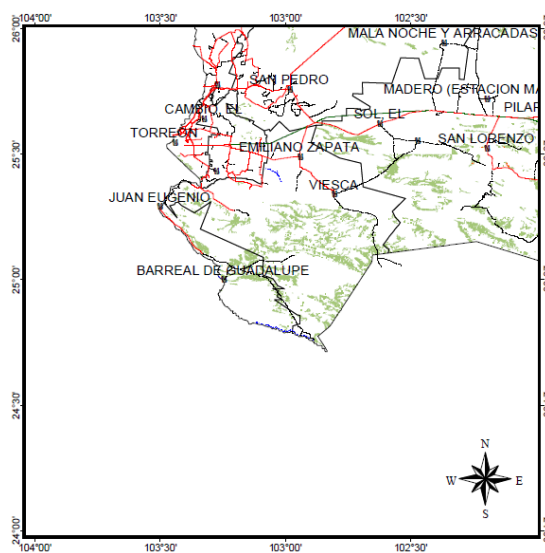
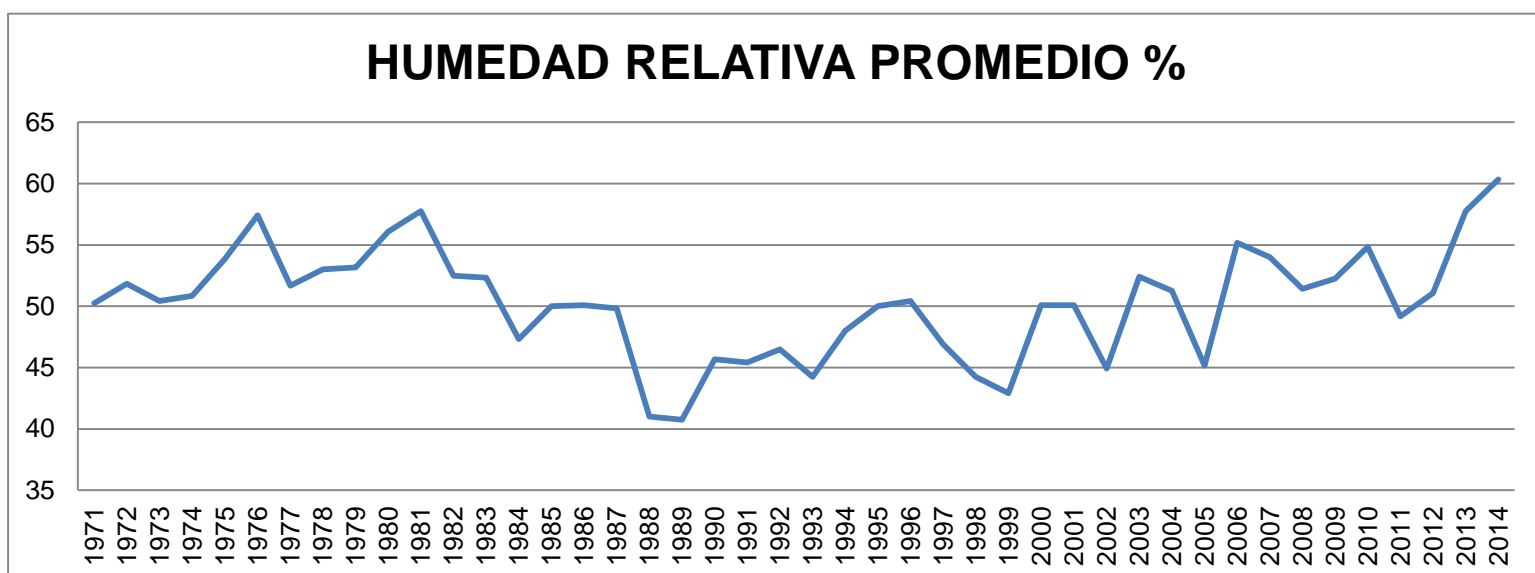


Figura 3. Distribución de áreas con potencial muy bueno para Lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el estado de Coahuila.

4.2 Parámetros meteorológicos

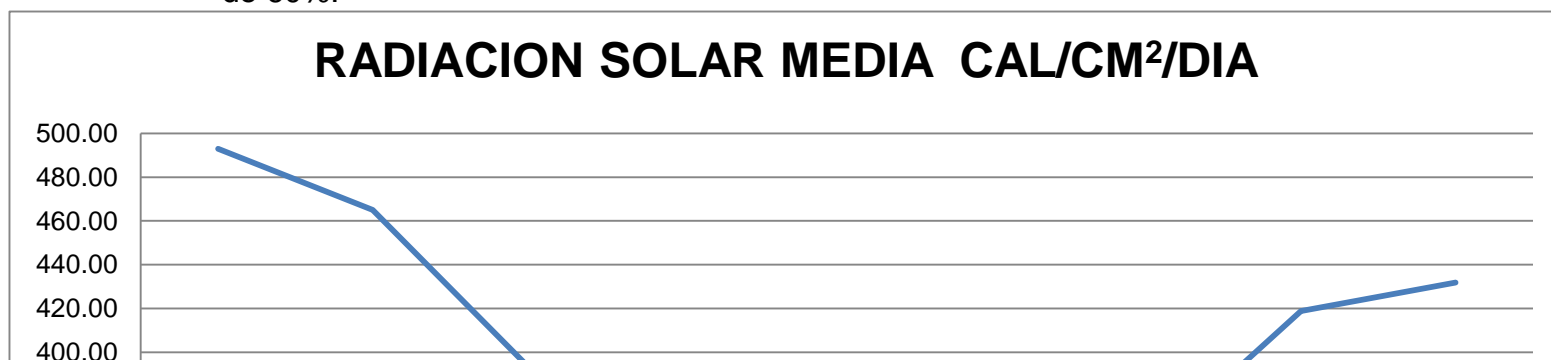
Los agaves requieren bajos niveles de humedad y se adaptan fácilmente a condiciones de extrema sequía, a suelos pobres y a terrenos cerriles, también es tolerante a bajas temperaturas (Castillo *et al.*, 2007). Se evaluaron las condiciones climáticas actuales y como han ido evolucionando para verificar la tolerancia del *Agave victoriae-reginae* al clima desértico que prevalece en el desierto chihuahuense.



Gráfica 1. Humedad Relativa en promedio en la ciudad de Torreón de 1971 al 2014 (CONAGUA, 2015).

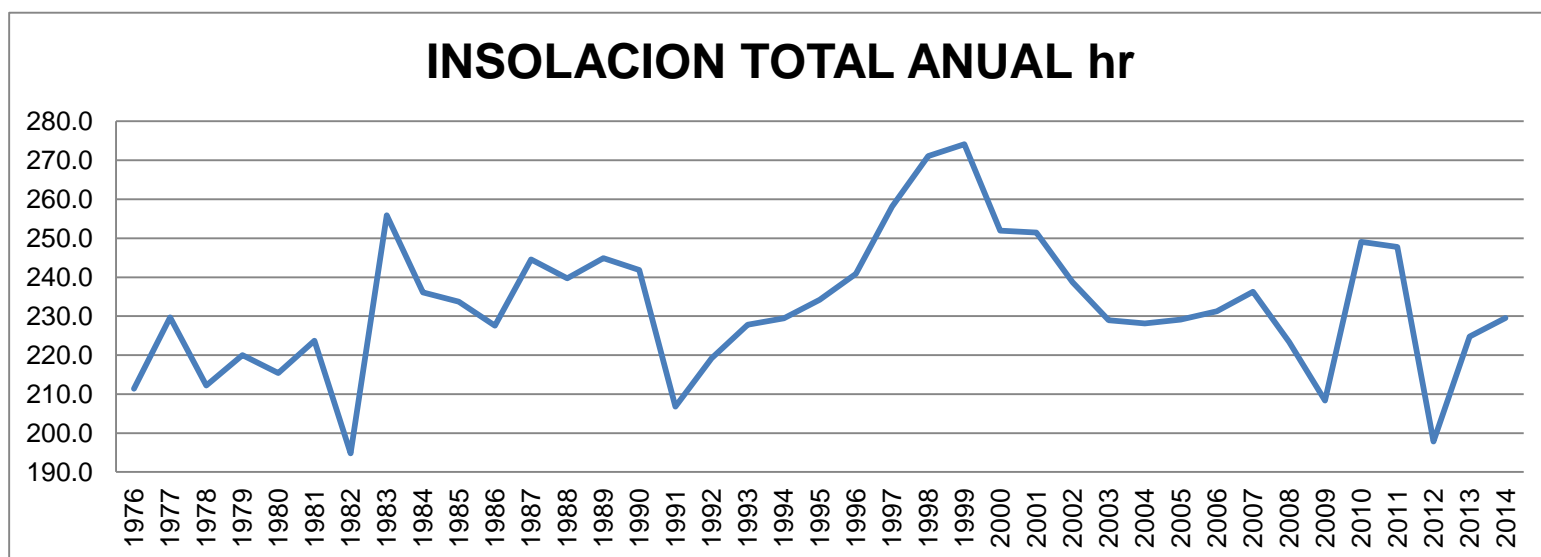
La gráfica muestra un incremento en la humedad relativa teniendo el valor más alto registrado en el 2014. De 1971 a la fecha, la humedad ha aumentado 10%, lo que crea un ambiente adecuado para la flora desértica. Los resultados comprobaron los datos meteorológicos del desierto Chihuahuense (Peña, 2008). La humedad atmosférica en gran parte del territorio es baja y la evaporación elevada (Alba, 2011). El promedio de la humedad relativa es de 38% (SEMARNAT, 2015). Y a comparación de la poca humedad que llega a tolerar el *A. victoriae-reginae*, la humedad relativa con respecto al valor registrado para *Agave tequilana weber* es de 60%.

RADIACION SOLAR MEDIA CAL/CM²/DIA



Gráfica 2. Radiación solar media en cal/cm²/día en la ciudad de Torreón de 1998 al 2006 (CONAGUA, 2015)

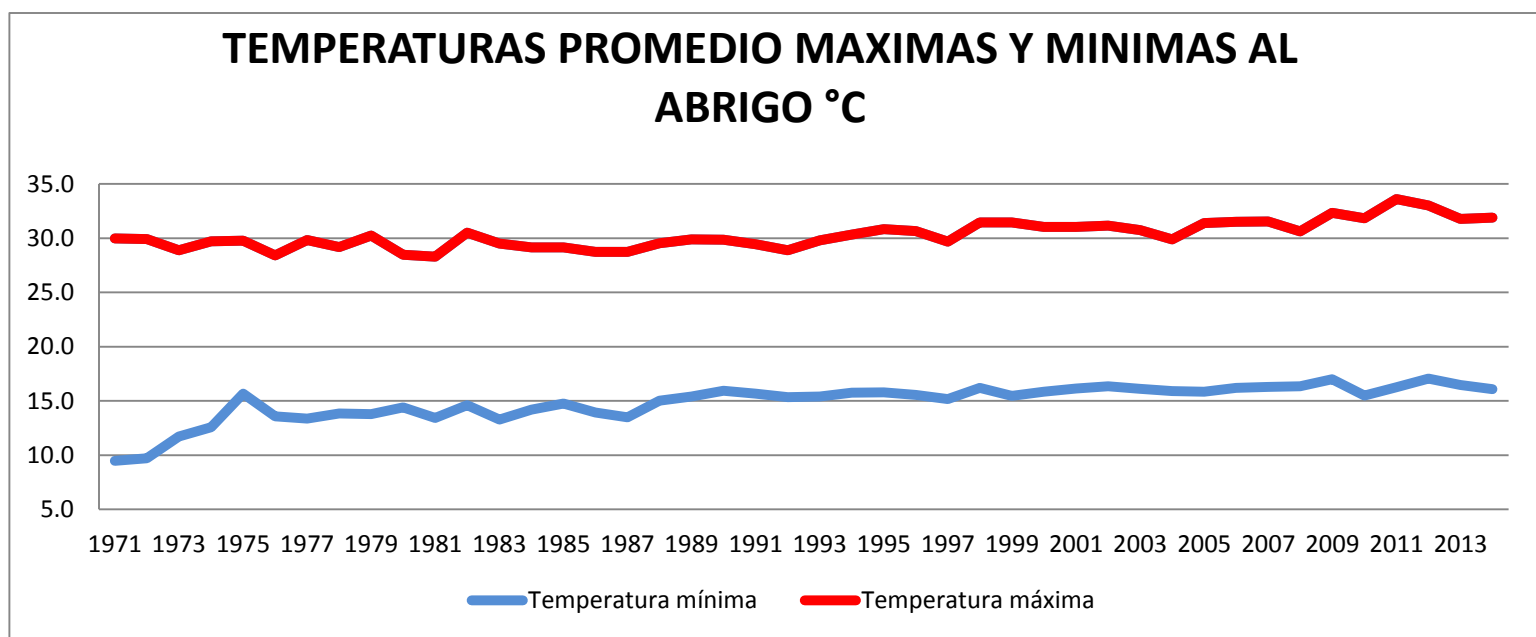
A pesar de que la radiación solar es el factor meteorológico con menor historial, es evidente el descenso de este hasta el 2004, a partir de este año se ha venido incrementando de manera muy notoria y acelerada.



Gráfica 3. Insolación total mensual en horas en la ciudad de Torreón de 1976 al 2014 (CONAGUA, 2015).

La insolación total anual es sin duda la variable meteorológica más inestable de nuestra región. A pesar que en 1976 registrara un valor de 211.4hr y en el 2014 se alcanzara 229.5hrs, en el intervalo de estos años los valores sobresalen mucho de la media (Gráfica 3)

El *Agave tequilana* es una especie que se comporta mejor cuando se presentan días soleados la mayor parte del año (Pérez y Del Real, 2007), a comparación de la Noa, que no tolera la insolación directa pues nace en sentido opuesto al sol, y se protege de este con otras especies.



Gráfica 4. Promedio de la temperatura máxima y mínima al abrigo en °C en la Cd. De Torreón de 1972 al 2014 (CONAGUA, 2015).

En la gráfica 4 se muestra como tanto la temperatura mínima como la máxima han tenido un aumento en los últimos años. La temperatura máxima ha incrementado en 2°C desde 1971 al 2014, en tanto la mínima ha aumentado 7°C en el mismo periodo.

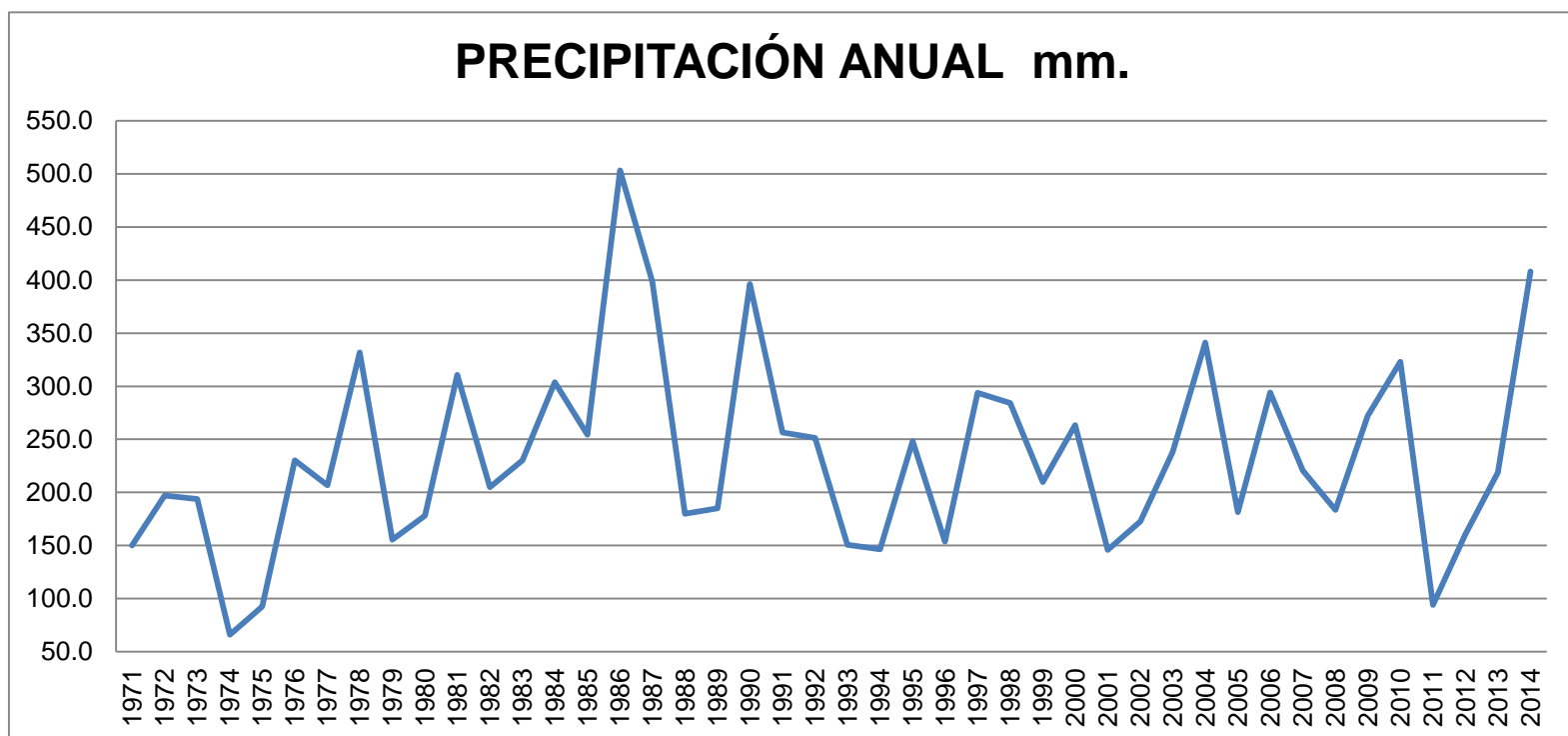
La temperatura afecta a casi todos los procesos vegetales, por tanto a los factores que afectan a la temperatura de los tejidos es importante en la fisiología de los agaves. Las temperaturas extremas afectan profundamente la subsistencia y la distribución vegetal, así es que consideraremos también la tolerancia de los agaves tanto a temperaturas bajas como de altas (Vidrio, 2006).

Algunos agaves pueden tolerar temperaturas del aire muy por debajo del punto de congelación. Los tres agaves con mayor tolerancia a las temperaturas bajas son: el *Agave deserti*, el *A. parryi* y el *A. utahensis* todos ellos pueden tolerar temperaturas

de -20°C (Vidrio, 2006), en el caso del *A. victoriae-reginae* la temperatura promedio fluctúa entre los 28 y 40 grados centígrados, pero puede alcanzar hasta 48°C (2008) en verano y -8°C (1997) en invierno (SEMARNAT, 2015), sin embargo se delimita que la temperatura óptima para un crecimiento favorable del *A. victoriae-reginae* es de 19 a 22°C (Quintos *et al.*).

La mayoría de los agaves crece en regiones áridas y semiáridas que tienen temperaturas de verano extremadamente altas (Vidrio, 2006), como en el caso del *Agave lechuguilla* que registra una temperatura promedio de 30.7°C (Velasco *et al.*, 2012), y del *A. victoriae-reginae* se obtuvo un promedio de 30.3°C .

El *Agave tequilana weber* tolera temperaturas desde -7°C hasta 55°C (Pérez y Del Real, 2007).



Gráfica 5. Promedio de la Precipitación total en mm en la Cd. De Torreón de 1972 al 2014
(CONAGUA, 2015)

La precipitación es uno de los factores determinantes para la supervivencia de especímenes del desierto. En 1971 se registró una precipitación anual de 197mm muy por debajo de los 408mm que registramos el año pasado, aunque este factor

climático se disparó de la media en 1986 con 503 mm. Esto se comprobó con lo mencionado en estudio realizado en el Desierto Chihuahuense donde la precipitación anual oscila entre 100 y 300 mm, es escasa durante la mayor parte del año, su promedio anual varía desde 146 hasta 632mm., en las porciones altas de la sierra el valor es superior a 650mm (García, 1987).

El *Agave victoriae-reginae* se desarrolla en un ambiente favorable con una precipitación media anual de 230 mm (Quintos *et al.*). La lluvia tiene un impacto significativo en el crecimiento del *Agave lechuguilla* (Nobel y Quero, 1986) que por lo contrario y a pesar de convivir en el mismo medio árido el *A. lechuguilla* requiere de una precipitación de 348.75mm para su óptimo desarrollo (Velasco *et al.*, 2012). A pesar de ser del mismo género el *Agave tequilana weber* requiere de una precipitación anual de 700 a 1100 mm para su óptimo crecimiento (Pérez y Del Real, 2007).

CONCLUSIONES

En la actualidad es necesaria la conservación de la biodiversidad, y sin duda la del clima desértico requiere de mayor atención, al ser especies que se encuentran en un ambiente poco valorado no se toman las medidas adecuadas para su conservación y en este caso del *A. victoriae-reginae*.

En este proyecto se ha determinado

- 1) Que a pesar de que las condiciones atmosféricas han variado considerablemente, no ha tenido una influencia directa con la desaparición de la especie, pues en su hábitat natural sigue reproduciéndose.
- 2) Las variables del suelo determinan que concuerdan con el tipo del suelo característico de la región y que es óptimo para la reproducción y supervivencia del *Agave*.
- 3) El efecto antropogénico es el principal factor de disminución de las poblaciones.

REFERENCIAS

- Alamaraz, N., M. González, M. Da Graca, Z. Ávila, E. Delgado y J. Ávila 2013. "Variability of the foliar phenol profiles of the *Agave Victoriae-reginae* complex (Agavaceae)" *Botanical Sciences* 3: 295-306.
- Alba, J. 2011. "Flora, Vegetación y Fitogeografía de la Sierra de Jimulco, Coahuila, México." Universidad Autónoma de Nuevo León (www.eprints.uanl.mx/2291/1/1080211177.pdf): (consulta el 18 de mayo del 2015).

- Alvarado, L., E. Martínez, T. Fera, L. Eguiarte, H. Hernández, G. Midgley y M. Olson 2013. "To converge or not to converge in environmental space: testing for similar environments between analogous succulent plants of North America and Africa." *Annals of Botany* 111: 1125-1138.
- Aqueo, F., L. Cavieres, G. Arancio, J. Novoa, O. Matthei, C. Marticorena, R. Rodriguez, M. Arroyo y M. Muñoz 1998. "Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile." *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 571-591.
- Aragón, E., A. Garza y F. Cervantes 2009. "Estructura y organización de los ensambles de roedores de un bosque de la Sierra Madre Occidental, Durango, México." *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 523-542.
- Bauer, G. y R. Hernández 2004. "Las Cactáceas de Coahuila." 1: 9-40.
- Bertra, A., L. Concheiro, E. Péres y H. García 2012. "(en línea) Licor de las verdes matas." La jornada del campo 53 (<http://www.jornada.unam.mx/2012/02/18/cam-etiquetas.html>): (consulta el 24 de enero del 2015).
- Bolaños, E. 2012. "(en línea) Muestra y Muestreo." Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/.../muestraMuestreo.pdf). (Consulta el 20 de febrero del 2015)
- Brown, G. y E. Sallee 1967. "Química cuantitativa." *Reverte*: 221-222.
- Bullock, S. 1999. "La vegetación del noroeste de Baja California en el contexto de la inestabilidad ambiental." *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 501-516.
- Castillo, D., Á. Villareal y A. Cano 2007. "El género *Agave* L. bajo cultivo: Taxonomía, distribución y usos." *Ciencia Forestal en México* 32: 57-70.
- CITES, M. 2011. "Examen Periódico de los Apéndices de la CITES Revisión periódica de *Agave victoriae-reginae* (Maguey noa)." (www.cites.org/common/com/pc/19/S19i-15.pdf): (Consulta el 14 de abril del 2015).
- CONAGUA 2015. "Datos observatorio meteorológico de Torreón " Organismo de cuencas centrales.
- CSTPA 1980. "Handbook on Reference Methods for Soil Testing." Georgia.USA: 459.
- Domínguez, M., M. González, C. Rosales, C. Quiñones, S. Delgadillo, S. Mireles y E. Pérez 2008. "El cultivo *in vitro* como herramienta para el aprovechamiento, mejoramiento y conservación de especies del género *Agave*." *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 41: 53-62.
- Eguiarte, L., J. Larson, J. Núñez, A. Martínez, K. Santos del Prado y H. Aritia 1999. "Diversidad filogenética 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: 475-492.
- Escamilla, L. 2012. "Potential of Plants from the Genus *Agave* as Bioenergy Crops." *Bioenerg. Res.* 5: 1-9.
- Fera, T., E. Solano y A. García 2010. "Reevaluación del riesgo de extinción de cinco especies del Género *Polianthes* L. (Agavaceae)." *Acta Botánica Mexicana* 92: 11-28.

- Fernández, Q. 2008. "Especies protegidas son ofertadas sin que la PROFEPA emita sanciones..." *Semanario* (http://issuu.com/vanguardiamedia/docs/semanario_143/18): (consulta el 14 de abril del 2015).
- Figueredo, C. y J. Nassar 2011. "Population Genetics of *Agave cocui*: Evidence for Low Genetic Diversity at the Southern Geographic Limit of Genus *Agave*." *Journal of Heredity* 102: 306-314.
- García, A. 2002. "(en línea) Distribution of *Agave* (Agavaceae) in Mexico." *Cactus and Succulent Journal of America* (http://www.agavaceae.com/botanik/pflanzen/botanzeige_scan_es.asp?gnr=110&cat=&scan=110-4): (consulta 21 de enero del 2015).
- García, A. 2011. "Tres especies nuevas de *Manfreda* (Agavaceae) del sur de México" *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 747-757
- García, E. 1987. "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen." *Universidad Nacional Autónoma de México* 4: 217.
- Gatica, A. 2010. "(en línea) El desierto chihuahuense. Que sabemos de él? ." *Universidad Autónoma de Ciudad Juárez* (bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/.../doc.pdf): (consultado el 5 de febrero del 2015).
- González, D. y F. Sánchez 2001. "Propiedades Estadísticas del Muestreo por Línea Intercepto y Cuadros Cargados en la Estimación de la Cobertura y Densidad Vegetales." *Revista Agraria -Nueva Epoca-* 1: 7-10.
- González, M. 2011. "Informe final del proyecto HS001 Revisión periódica de *Agave victoriae-reginae* en el apéndice II de la CITES." *Instituto Politécnico Nacional de Durango* (www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfHS001.pdf): (consulta el 20 de noviembre del 2014).
- González, M., M. González, I. López, L. Reséndiz, J. Tena y F. Retana 2011. "El complejo *Agave Victoriae-reginae* (Agavaceae)." *Acta Botánica Mexicana* 95: 65-94.
- Good, S., V. Souza, B. Gaut y L. Eguiarte 2006. "Timing and rate of speciation in *Agave* (Agavaceae)." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103: 9124-9129.
- Granados, D., A. Sánchez, R. Granados y A. Borja 2011. "Ecología de la vegetación del desierto chihuahuense." *Revista Chapingo, serie ciencias forestales y del ambiente* 17: 113-121.
- 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.
- Gross, S., J. Martin, J. Simpson, M. Abraham, Z. Wang y A. Visel 2013. "De novo transcriptome assembly of drought tolerant CAM plants, *Agave deserti* and *Agave tequilana*." *BMC Genomics* 14: 1-14.
- Guillot, D. 2012. "Flora ornamental española: aspectos históricos y principales especies." *Monografías de Bouteloua* 8: 38-39.
- Hernández, M., D. Granados y A. Sánchez 2003. "Productividad de los ecosistemas en las regiones áridas." *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 2: 113-123.

- Killingbeck 1993. "La reabsorción de nutrientes en arbustos del desierto." *Revista Chilena de Historia Natural* 66: 345-355.
- 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.
- Loera, L. 2008. "(en línea) Importancia de la diversidad biológica de los desiertos mexicanos." SAGARPA (www.conaza.gob.mx/.../biodiversidad_desiertos_mexicanos.pdf): (consulta el 17 de febrero del 2015).
- Luttge, U. 2004. "Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM)." *Annals of Botany* 93: 629-652.
- Martínez, A. y V. Chávez 1998. "Evaluación genética y demográfica de *Agave victoriae-reginae* T. Moore y aplicación del cultivo de tejidos para su conservación." Universidad Nacional Autónoma de México: 1-50.
- Martínez, A., L. Eguiarte y G. Furnier 1999. "Genetic diversity of the endangered endemic *Agave victoriae-reginae* (Agavaceae) in the Chihuahuan Desert." *American Journal of Botany* 86: 1093-1098.
- Martínez, A., M. Ortega y V. Chávez 2003. "Somatic embryogenesis and organogenesis of *Agave victoriae-reginae*: Considerations for its conservation." *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 74: 135–142.
- Martínez, A., M. Mena, A. Herrera y P. Martínez 2010. "Construcción de bibliotecas de ADNc y análisis de expresión genética por RT-PCR en agaves." *Latinoamer.Quím* 28: 21-44.
- Martínez, O., D. Castillo y O. Mares 2011. "Caracterización y selección de sitios para plantaciones de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el estado de Coahuila." *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias* 47: 1-26.
- Martínez, S., A. Trinidad, G. Bautista y E. Pedro 2013. "Crecimiento de plántulas de dos especies de mezcal en función del tipo de suelo y nivel de fertilización." *Fitotec. Mex.* 36: 387-393.
- Millán, A. 2001. "Historia de la minería del oro en Chile." *Universitaria* 138-140
- Montaño, H., A. Jaramillo y M. Rivera 2008. "Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore) Planta endémica en peligro de extinción, su conservación y uso como planta de ornato." *Investigación Agropecuaria*. 5: 34-43.
- Nobel, P. y E. Quero 1986. "Environmental productivity indices for a Chihuahuan desert cam plant, *Agave lechuguilla*." *The ecological society of America* 67: 1-11.
- Nursery, M. S. W. 2006. "(en línea) *Agave Victoriae-reginae* "compacta" " (www.msw.com/.../agave_victoriae-reginae_compacta): (consulta el 20 de febrero del 2015).
- Pacheco, A. 2007. "Efecto de fertilizantes de liberación lenta en maguey mezcalero (*Agave angustifolia* Haw.)." Instituto Politécnico Nacional (www.itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/handle/123456789/6349.pdf) (consulta el 15 de mayo del 2015).
- Pedroza, A., I. Sánchez, J. Becerra, E. Ramos, C. Reyes, P. Rosales y G. Vargas 2014. "Regionalización de zonas con escaso régimen pluvial; Estudio de

- caso zona Centro-Norte del estado de Durango, México." *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 71-85.
- Peña, L. 2008. "(en línea) Río Bravo y el Desierto Chihuahuense: Internacionales y transnacionales. Sierra de Juárez: regional." Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (www.uacj.mx/.../Metodologia%20Análisis%20Ambiental%20y%20Ahorrade%20energía.com): (consulta el 18 de abril del 2015).
- Peña, L. 2010. "Diseño bioclimático en espacios abiertos para zonas áridas urbanas en el desierto chihuahuense." *Estudios sobre arquitectura y Urbanismo del desierto* 3.
- Pérez, D. y J. Del Real 2007. "Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de *Agave tequilana weber* en la zona de denominación de origen del tequila." Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias 4.
- Posadas, P. y D. Miranda 1999. "El PAE (Parsimony Analysis of Endemicity) como una herramienta en la evaluación de la biodiversidad." *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 539-546.
- Quintos, M., H. Montaña y A. Jaramillo "(en línea)Efecto de formación endomicorriza vesículo arbuscular en el crecimiento de plantulas de *Agave victoriae-reginae* T. Moore." Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional (www.repositoriodigital.ipn.mx/.../AGAVEMICORRIZAS%20corr.pdf): (consulta el 16 de mayo del 2015).
- Ramírez, H., C. Peña, J. Aguirre y H. Vaquera 2014. "Seed germination of *Agave* species as influenced by substrate water potential." *Biological Research* 47: 1-9.
- Rocha, M., S. Good, F. Molina, H. Arita, A. Castillo, A. García, A. Silva, B. Gaut, V. Souza y L. Eguiarte 2006. "Pollination biology and adaptive radiation of agavaceae, with special emphasis on the genus *Agave*" *Rancho Santa Ana Botanic Garden* 22: 329-344.
- Sáenz, C., A. Martínez, J. Gómez, N. Pérez y N. Sánchez 2012. "Estimación de la disociación de *Agave cupreata* a su hábitat idóneo debido al cambio climático." *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17: 291-301.
- SEMARNAT 2015. "(en línea) Programa para mejorar la calidad del aire en la región de la Comarca Lagunera 2010-2015" (www.semarnat.gob.mx/.../calidaddel Aire/.../Calidad%20del%20aire/Proaire.pdf): (consulta el 18 de mayo del 2015).
- Tavera, S. 1985. "Criterios para la interpretación y aprovechamiento de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnica " *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Delegación Laguna, Matamoros, Coahuila*. 3.
- UNAM 2007. "(en línea) Los agaves de México..." Universidad Nacional Autónoma de México (http://www.alumno.unam.mx/algo_leer/AgaveMexico.pdf<http://www.alumno.unam.mx/algo_leer/AgaveMexico.pdf>) (consulta 6 de noviembre del 2014).

- Velasco, M., D. Catillo, J. Vázquez y C. Berlanga 2012. "Nota de investigación turno técnico de la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el noreste de México." *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3: 81-88.
- Vidrio, U. 2006. "Importancia, principales plagas y producción dentro de la zona de denominación de origen del agave tequilana weber." Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (www.uaaan.dspace.escire.net/.../IMPORTANCIA,%20PRINCIPALES%20PLAGAS%20DENTRO%20ZONA%20AGAVETEQUILIANA.pdf): (consulta el 21 de mayo del 2015).
- Walkley, A. y I. Black 1933. "An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method." *Soil Science* 37: 29-38.
- Walsh, E., T. Schröder, R. Wallace, J. Ríos y R. Rico 2008. "Rotifers from selected inland saline waters in the Chihuahuan Desert of Mexico." *BioMed Central* 4: 1-11.
- Wright, P. y P. Burchette 1998. "Carbonate ramps: an introduction." Geological Society, London, Special Publications 149: 1-5.
- Zárate, Y. y H. Hernández 2006. "(en línea) Desiertos: ecosistemas llenos de vida " (<https://www.yumpu.com/es/document/view/33731161/desiertos-ecosistemas-llenos-de-vida-desiertos-ecosistemas-llenos->): (consulta el 21 de febrero del 2015).