

## Impacto ambiental y diversidad de los nopales en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (México)

ROMERO, Adriana\*†, ENRÍQUEZ-ENRÍQUEZ, David y ADAME-GONZÁLEZ, Miguel

*Universidad Autónoma de Zacatecas. Jardín Juárez 147 C.P. 9800. Zacatecas, Zac.*

Recibido 2 de Enero, 2015; Aceptado 26 de Marzo, 2015

### Resumen

Este documento proporciona información sobre la diversidad de las poblaciones silvestres de especies de *Opuntia* que crecen en el municipio de Zacatecas y de los principales factores antropogénicos que han reducido significativamente esta población. Para conocer la diversidad de las especies del género *Opuntia* y de los factores que afectan a las poblaciones; fue necesario hacer varias visitas al campo. Se llevaron a cabo estos recorridos durante cuatro temporadas para cubrir todo el ciclo de floración y fructificación de las plantas. Una vez que se identificaron y analizaron los datos de todas las muestras, se encontró que el municipio cuenta con catorce especies de nopales, lo que representa alrededor del 50% de los que crecen en el territorio del Estado. El análisis de la expansión de la agricultura y la población humana en el municipio en el período entre 1992 y 2011, ayudó a entender que el aumento de la zona urbana es el factor que ha causado el mayor impacto en los "nopaleras" durante los últimos 19 años: mientras que la agricultura aumentó su área en un 6%, el área urbana creció un 90%.

**Opuntia, diversidad, crecimiento urbano, agricultura, Zacatecas.**

### Abstract

This document provides information about the diversity of wild populations of *Opuntia* species growing in the county of Zacatecas and the main anthropogenic factors that have significantly reduced this populations.

To know the diversity of *Opuntia* genera, as the factors affecting populations was necessary to make several visits to the field. These exploration were conducted during four seasons to cover the entire cycle of flowering and fruiting plants.

Once they all specimens were identified and analyzed the data, it was found that the county of Zacatecas has fourteen species of the genus *Opuntia*, representing about 50% of those grown in the State territory.

Analysis of the expansion of agriculture and human population in the municipality in the period between 1992 to 2011, it is concluded that the increase of the urban area is the factor that has caused the greatest impact on "nopaleras" over the past 19 years; while agriculture increased its area by 6%, the urban area grew by 90%.

**Opuntia, diversity, urban growth, agriculture, Zacatecas.**

**Citación:** ROMERO, Adriana, ENRÍQUEZ-ENRÍQUEZ, David y ADAME-GONZÁLEZ, Miguel. Impacto ambiental y diversidad de los nopales en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (México). *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2015, 2-2:136-147

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ary\_ana5@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Este trabajo es importante para conocer la diversidad de especies del genero *Opuntia* con las que cuenta el municipio de Zacatecas, así como el impacto negativo que día con día reciben por la creciente urbanización y otras acciones antropogénicas. Zacatecas es uno de los estados con más bajo índice de colección botánica y con mayor rezago en cuanto al conocimiento y estudio de su flora (Dávila y Sosa, 1994), por este motivo también es considerado como uno de los estados más pobres en cuanto a su diversidad biológica, por lo que es conveniente intensificar los estudios tendientes a conocer su biodiversidad.

El creciente proceso de destrucción de hábitat, ecosistemas y la extinción de especies que se está dando cada vez de manera más acentuada amenaza la conservación de la biodiversidad y dificulta el manejo de la misma (Riba, 1995).

El propósito de este trabajo es identificar la diversidad de especies y elaborar una clave para reconocer las especies del genero *Opuntia* que crecen en el municipio de Zacatecas y áreas adyacentes, estimar el incremento de las áreas urbanas y agrícolas y detectar los principales impactos causados por la actividad humana sobre las poblaciones de nopales.

**Revisión de literatura**

La familia Cactaceae, nativa del continente americano, incluye cerca de 98 géneros y más de 1500 especies. México es sin duda el centro de concentración de cactáceas más importante con un total de 48 géneros y 563 especies reconocidas (Hunt, 1992). Uno de los géneros de cactáceas de más amplia distribución y representatividad es *Opuntia*. Distribuidas por toda América desde el sur del Canadá hasta el sur de Argentina.

Que cuenta con más de 200 especies (Barthlott y Hunt, 1993; Fuentes-Pérez et al., 2009).

Para México se reportan 83 especies del genero *Opuntia*, de las cuales 29 se distribuyen en el altiplano Potosino-Zacatecano, siendo dominantes *O. streptacantha* y *O. leucotricha* (Guzmán et al., 2007).

Los nopales silvestres son para México uno de los recursos fitogenéticos de mayor relevancia en los ecosistemas de zonas áridas y semiáridas, que ocupan actualmente más del 60% del país (Sule y Scheinvar, 2009; Hernández y Godínez, 1994; Ortega-Baes y Godínez-Álvarez, 2006).

La ecorregión del Desierto Chihuahuense es el principal hogar de casi el 25 por ciento de las 1,500 especies de cactus conocidos por la ciencia, Aproximadamente el 80 por ciento está ubicado dentro de México, seguido por el desierto de Sonora (Sonora, Baja California y Baja California Sur), los valles de Tehuacán-Cuicatlán (Puebla y Oaxaca), la región de Mixtepec (Puebla y Oaxaca), el extremo sur del istmo de Tehuantepec (Oaxaca), y la Cuenca del río Balsas (Guerrero y Michoacán) (Robbins, 2003; Gómez-Hinostrosa y Hernández, 2000).

México tiene una de las más alta diversidad de especies de *Opuntia*, sus poblaciones cubren un área aproximada de 3,000,000 de hectáreas mayoritariamente silvestre, variando en el número de especies, localizadas principalmente en los estados de Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Sonora, del cual se extraen productos con una amplia gama de aplicaciones esta área equivale al 1.58% del territorio mexicano (Soberón et al., 2001).

En México, el Altiplano Potosino-Zacatecano comprende partes de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Jalisco Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, se caracteriza por la presencia de extensas áreas en las que la comunidad vegetal está constituida por miembros de este género (Marroquín et al., 1964).

Britton y Rose (1962) y Bravo-Hollis (1978) publicaron el estudio del género *Opuntia* en México y citan algunas especies que crecen en el estado de Zacatecas. González et al., (2001) proporcionan información de las especies del género *Opuntia* que crecen en el estado de Jalisco. Incluye información sobre su morfología, ecología, y su uso; además de claves para su identificación, descripción y fotografías a color para facilitar reconocimiento en el campo. Villaseñor (1999) reporta 28 especies para Zacatecas, Guzmán et al. (2007) 20 y Enríquez (1998) reporta a *Opuntia fuliginosa*, *O. pumila* y *O. velutina* para la región del Cañón de Juchipila, que no se habían reportado para el Estado.

Los precursores de la evolución de los cactus fueron, probablemente, las plantas tropicales cuyo clima se volvió más y más árido, resultando en la selección y finalmente supervivencia de aquellas especies capaces de conservar agua. Los cactus minimizan la pérdida de agua con el crecimiento de protuberancias protectoras que aparecen como espinas o pelo fino para frenar a herbívoros y para impedir el daño de la luz solar (Robbins, 2003).

Para los Aztecas los nopales tenían ya una importancia destacada a tal grado que determinaron en muchos casos la formación de núcleos de población humana, pues distintas tribus errantes concurrían en la época de fructificación a la zonas habitadas por estas plantas y acababan por fijar ahí su residencia (Bravo-Hollis, 1978).

La tuna y el nopalito son los principales productos alimenticios del nopal, el primero como fruta y el segundo como verdura, consumido en la rica cultura culinaria mexicana, además de su uso como forraje. Productos medicinales derivados, muy utilizados en la medicina naturista y casera, y una amplia gama de productos cosméticos (Flores et al., 1995).

El nopal silvestre es aprovechado como verdura, consumiendo sus brotes principalmente en los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas, donde se consume durante algunos meses (entre Abril-Agosto), las especies preferidas para los pobladores de esos lugares son; nopal tapón (*Opuntia robusta*), nopal cardón (*O. streptacantha*), nopal rastrero (*O. rastrera*), nopal duraznillo (*O. leucotricha*) y el nopal chaveño (*O. hyptiacantha*) (CONAZA, 1994). El número de especies de *Opuntia* varía parcialmente en la literatura por la frecuencia de la hibridación entre especies y la falta de estándares de clasificación (Soberón et al., 2001; Flores et al., 1995).

Los nopales además de ser plantas adaptadas a la aridez, juegan un rol biológico importante contribuyendo de diversas maneras al mantenimiento de las mismas como ejemplo, fijan y enriquecen el suelo, evitan la erosión y son fuente de alimento para diferentes tipos de organismos, captan el rocío nocturno, se utilizan como cultivo, como fruta y verdura; incluso se les atribuyen propiedades curativas (Rodríguez y Nava, 1998). Además de que en sus raíces hay bacterias y micorrizas nitrificantes entre muchas otras cualidades (Llovera, 1985).

A través de los años el nopal se ha convertido en un conjunto vegetal relevante, gracias a sus múltiples cualidades de adaptación, extraordinaria vitalidad, variados medios de propagación, distribución, densidad, utilidad y peculiares funciones mediante las cuales pueden tomar de la atmósfera sustancias nutritivas (Rivas, 1996).

No es fácil la taxonomía de los nopales silvestres mexicanos. Sus especies florecen casi todas al mismo tiempo y no hay barreras que impidan su hibridación; hay un gran número de poliploides, contribuyendo a su gran diversidad genética y logrando una mejor adaptación a las condiciones ecológicas en que habitan (Scheinvar y Olalde, 2010). En estas áreas, *Opuntia* muestra una marcada variación morfológica al grado de que su taxonomía se vuelve confusa (Bravo-Hollis, 1978; Scheinvar, 1995).

Las cactáceas son un grupo de plantas con características biológicas y ecológicas particulares que las hacen vulnerables a diversos factores de perturbación naturales y humanos (Hernández y Godínez, 1994).

Hace tiempo las especies silvestres de cactáceas abundaban; pero debido a las colectas exhaustivas de que han sido objeto por parte de los comerciantes; (está actividad continua en la actualidad), es así como algunas especies han sido prácticamente exterminadas (Bravo-Hollis, 1978). La recolección y comercialización ilegal de plantas sigue siendo un problema de aplicación de la ley y un reto al manejo de los recursos en tierras públicas y privadas a través del país (Robbins, 2003). Actualmente una alta proporción de cactáceas están amenazadas y han sido incluidas en las listas nacionales e internacionales relacionadas con la protección de la diversidad (SEMARNAT, 2001; IUCN, 2003).

Álvarez et al., (2004) analizan los aspectos ecológicos de *Strombocactus disciformis* y *Turbinicarpus pseudomacrolele* y los factores antropogénicos que afectan su permanencia. Mencionan, de igual manera que dentro de las actividades humanas que pueden afectar el mantenimiento de las poblaciones de las distintas especies de cactáceas, se encuentran principalmente, la colecta excesiva de plantas y semillas, la agricultura, la ganadería y la erosión del suelo.

En la actualidad, uno de los graves problemas que enfrenta México, es la acelerada destrucción de sus hábitats, dado que se están perdiendo valiosos recursos naturales y se han incrementado sus zonas áridas y semiáridas; ya sea por el cambio de uso del suelo, el incremento de asentamientos humanos, agricultura, ganadería, nuevas carreteras, construcción de presas, introducción de líneas eléctricas, así como por el efecto del cambio climático, que se acentúa cada vez más (Hernández y Bárcenas, 1995).

Hernández-Oria et al., (2007) analizan las condiciones del hábitat de las cactáceas del Desierto Chihuahuense en la parte correspondiente al estado de Querétaro. Concluyen que la desaparición del hábitat es el principal problema para la conservación.

## **Métodos**

### **Descripción del área de estudio**

Zacatecas es una de las 32 entidades federativas de México, está situado en la porción centro-norte de la República Mexicana limita al norte con Coahuila, al noroeste con Durango, al oeste con Nayarit, al este con San Luis Potosí y Nuevo León, y al sur con Jalisco, Guanajuato y Aguascalientes. La capital es la ciudad de Zacatecas (SPP, 1981b; SEGOB, 2010).

Zacatecas tiene una extensión territorial de 75.040 km<sup>2</sup>, esto representa el 3,83% del territorio nacional. Sus coordenadas extremas son 25°09' al norte, 21°04' al sur de latitud norte; al este 100°49' y al oeste 104°19' de longitud oeste. El estado se encuentra en el norte de México, específicamente en la Meseta Central (INEGI, 1999).

### **Ubicación y superficie**

El municipio de Zacatecas, está ubicado entre los paralelos 22° 37' y 22° 51' de latitud norte; los meridianos 102° 32' y 102° 51' de longitud oeste; altitud entre 2 100 y 2 800 msnm, y tiene una extensión de 444 km<sup>2</sup>. Colinda al norte con los municipios de Calera, Morelos y Vetagrande, al este con los municipios de Vetagrande y Guadalupe, al sur con los municipios de Guadalupe, Genaro Codina y Villanueva, al oeste con el municipio de Jerez (INEGI, 2010) Ocupa el 0.6% de la superficie del Estado. Cuenta con 72 localidades y una población total de 138 176 habitantes (INEGI, 1996; INEGI, 2010).

### **Clima**

La temperatura media anual oscila entre los 12 y 18 °C, tiene un rango de precipitación entre 400 y 600 mm al año, con un clima semiseco templado con lluvias de verano (SPP, 1980a; SPP, 1980b; SEGOB, 2010).

### **Geología**

El municipio está ubicado sobre la Sierra Madre Occidental en sierra baja, lomerío con bajadas y meseta escalonada. Su litología es de rocas metamórficas del Triásico, rocas sedimentarias del Paleógeno y rocas ígneas del Cretácico (SPP, 1980c; SPP, 1981a).

### **Identificación de la diversidad de especies**

Se realizaron 17 visitas a las diferentes localidades del municipio del 31 de marzo de 2011 al 12 de junio de 2012, donde se colectaron los ejemplares de nopal. De manera complementaria se tomaron notas de las características del lugar, coordenadas geográficas y fotografías de los ejemplares. La colecta se hizo con ayuda de cuchillos, tenazas, bolsas y cajas para el traslado de la muestra al laboratorio. Una vez elegida la muestra que se va a colectar, se sostiene el cladodio con las pinzas y se corta con el cuchillo por la parte inferior donde se unen dos artículos, lo mismo se hace con la flor y el fruto.

La identificación de las diferentes especies se hizo en el laboratorio del Herbario de la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas (HUAZ), con apoyo del estereoscopio para observar las características que no son notorias a simple vista y de literatura especializada para su identificación como la de Bravo-Hollis (1978) (Las cactáceas de México) y González et al. (2001) (El género *Opuntia* en Jalisco). Se cotejaron los ejemplares con las descripciones incluidas en la literatura y con aquellos especímenes depositados en el herbario HUAZ.

### **Impacto de la actividad humana sobre las poblaciones de nopales**

Para detectar el impacto que han sufrido las nopaleras en el municipio por la actividad humana, se realizaron observaciones directas en campo, para poder estimar el daño ocasionado, principalmente por la agricultura y por el acelerado crecimiento urbano, a la par se hizo la colecta de las especies para su identificación y preparación para deshidratar.

Se estimó a simple vista cual era el principal factor que amenaza la vida de los nopales, tales como: el sobrepastoreo, agricultura, incendios, construcción de carreteras, minería y/o establecimiento de asentamientos humanos.

Para el análisis del crecimiento del área urbana y agrícola se revisó la carta impresa de uso del suelo y vegetación (SPP, 1992) y se tomó como base para el cálculo de las áreas de agricultura y urbana para el año de 1992. También se estudió el mapa digital de uso del suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía en secuencia cronológica, que corre del año 1985 al 2011. En este se pudo apreciar los cambios en el uso del suelo del área estudiada y se calcularon las áreas de la vegetación y urbana en el Municipio de Zacatecas para el año 2011.

## Resultados

### Diversidad de especies silvestres del genero *Opuntia*

Se reconocieron catorce especies del genero *Opuntia* en las diferentes localidades del municipio.

A continuación se muestra una tabla en la que se aprecia el total de las especies identificadas para el municipio, además del nombre con que comúnmente son conocidas por los pobladores de la región (Tabla 1)

Familia: Cactaceae	
Género: <i>Opuntia</i>	
Nombre científico	Nombre común
<i>Opuntia canthabrigiensis</i> Lynch	Cuijo
<i>Opuntia durangensis</i> Britton & Rose	Joconostle
<i>Opuntia guilanchi</i> Griffiths	Guilanchi
<i>Opuntia hyptiacantha</i> F.A.C. Weber	Chaveño
<i>Opuntia imbricata</i> (Haw.) DC.	Cardenche
<i>Opuntia joconostle</i> F.A.C. Weber	Joconostle
<i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiff.	Castilla
<i>Opuntia leucotricha</i> DC.	Duraznillo
<i>Opuntia megacantha</i> Salm-Dyck	Castilla
<i>Opuntia neochrysacantha</i> Bravo	Dorado
<i>Opuntia phaeacantha</i> Engelm.	Rastrero
<i>Opuntia rastrera</i> Weber	Rastrero
<i>Opuntia robusta</i> H. Wendl	Tapón
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	Nopal cardón

**Tabla 1** Especies de nopal encontradas en el municipio de Zacatecas

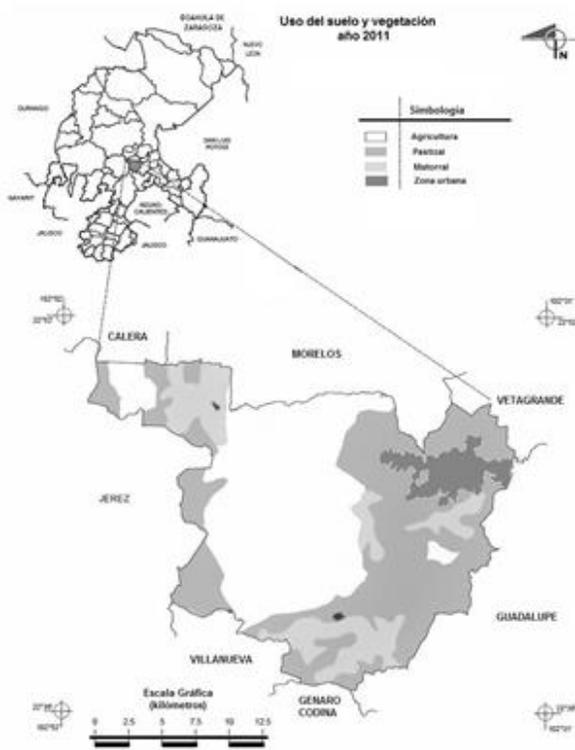
### Clave para la identificación de las especies de *Opuntia* en el municipio de Zacatecas.

**Impacto de la actividad humana sobre las poblaciones de nopales**

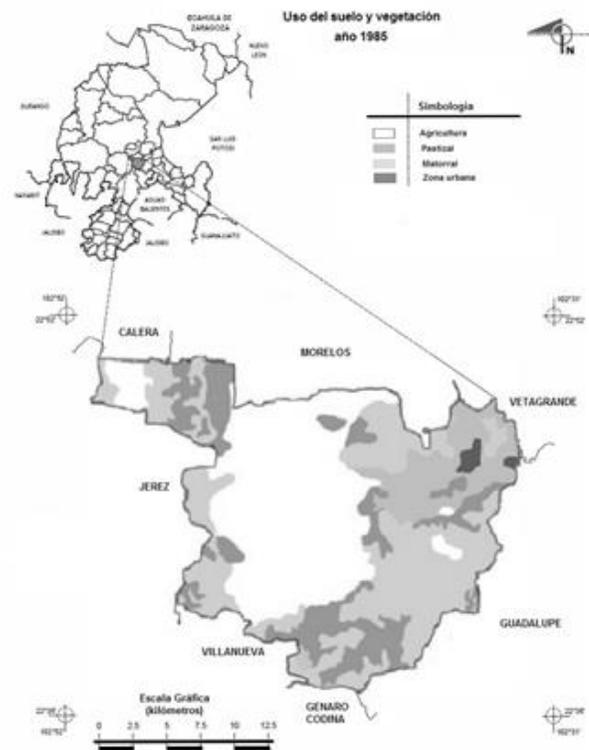
Teniendo en cuenta que el impacto ambiental es cualquier cambio que se produzca en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, resultante de las actividades, productos y servicios que realiza el ser humano, los cuales pueden ser reversibles o irreversibles (SEMARNAT, 2012) se evaluaron los datos obtenidos en este estudio.

Como producto de la comparación y evaluación de los mapas de uso del suelo y vegetación (SPP, 1992) y del Mapa Digital de INEGI, se pudo estimar los siguientes datos; el área dedicada a la agricultura en el año de 1992 era de 29,143 ha, para el año 2011 esta área se incrementó a 31,000 ha; lo cual indica que la agricultura tuvo un crecimiento del 6% en 19 años. En cuanto al área urbana, en el año de 1992 ocupaba un total de 448 ha, mientras que en el 2011 ocupa un total de 4,784 ha, lo que representa un crecimiento de 90%, siendo este uno de los principales factores por los cuales las superficies con vegetación, y más específicamente las nopaleras se están viendo gravemente afectadas (Figuras 1 y 2).

1.- Tallos cilíndricos o claviformes.....	<i>O. imbricata</i>
1.- Tallos en cladodios (subcilíndrico o discoidal); hábito arbóreo, arbustivo o rastrero (2)	
2.- Espinas castañas o amarillas, especies generalmente rastreras (3)	
2.- Espinas blancas; especies generalmente arbóreas (7)	
3.- Espinas castañas al menos en la base (4)	
3.- Espinas amarillas, al menos parcialmente (5)	
4.- Plantas rastreras.....	<i>O. rastrera</i>
4.- Plantas bajas sin tallo definido, a veces prostradas.	<i>O. phaeacantha</i>
5.- Epidermis glabra (6)	
5.- Epidermis pubescente, artículos ampliamente obovados a circulares, en invierno con manchas púrpuras.....	<i>O. durangensis</i>
6.- Gloquidas poco numerosas en los lados de los artículos, espinas amarillas, moroso amarillento o hasta rojizas....	<i>O. neochrysantha</i>
6.- Gloquidas muy numerosas a los lados de los artículos	<i>O. cantabrigiensis</i>
7.- Epidermis tomentosa (8)	
7.- Epidermis glabra (9)	
8.- Espinas aciculares artículos anchamente obovados.....	<i>O. guilauchi</i>
8.- Espinas setosas, flexibles.....	<i>O. leucotricha</i>
9.- Plantas arbóreas; artículos verdes (10)	
9.- Plantas arbustivas; artículos azulados.....	<i>O. robusta</i>
10.- Artículos grandes; frutos grandes, dulces (11)	
10.- Artículos pequeños; fruto pequeño, como de 2 cm, ácido.....	<i>O. jocosote</i>
11.- Espinas aciculares.....	<i>O. lasiocantha</i>
11.- Espinas subuladas (12)	
12.- Espinas no adpresas.....	<i>O. megacantha</i>
12.- Espinas adpresas (13)	
13.- Gloquidas amarillas; areolas con pelos negros, flor roja.....	<i>O. hyptiacantha</i>
13.- Gloquidas marrón; areolas con 1 o 2 pelos setosos; flores amarillas a naranjas.....	<i>O. streptacantha</i>



**Figura 1** Uso del suelo y vegetación en el año 1992 en el municipio de Zacatecas



**Figura 2** Uso del suelo y vegetación en el año 2011 en el municipio de Zacatecas, Zacatecas (Fuente: INEGI, 2015).

Otras de las afectaciones que se registraron mediante las observaciones directas en campo son: la creación de caminos y carreteras, el sobrepastoreo, el desarrollo de la minería, desmonte para construcción, incendios, erosión, contaminación y deforestación, entre otras.

Todo lo anterior sin tomar en cuenta las afectaciones que pueden atribuirse al fenómeno del cambio climático que se ha venido documentando en diverso foros y medios a nivel mundial, que a decir de varios autores, es debido al incremento de la temperatura que se ha registrado a nivel mundial en los últimos años la cual se espera sea aún mayor (Estrada, 2001).

**Discusión**

La hibridación es un fenómeno común en los géneros *Opuntia* (Mayer et al., 2000), estas especies se cruzan fácilmente entre sí, producen híbridos fértiles y aún más, pueden cruzarse con alguno de sus progenitores (Pinkava et al., 1985) resultando confusa su identificación exacta, ya que dichos híbridos se caracterizan por tener características morfológicas intermedias entre sus progenitores. Dadas todas estas variaciones es complicado realizar estándares de clasificación precisos para la identificación de estos ejemplares (Soberón et al., 2001).

Villaseñor (1999) reporta un total de 28 especies para el estado de Zacatecas y Guzmán et al. (2007) reconocen 20; las especies identificadas en este estudio representan el 50% y el 70% respectivamente de las cuantificadas para el Estado.

En cuanto a la destrucción de áreas forestales y en particular de las ocupadas por las nopaleras que se registraron, se coincide con otros autores que entre los principales factores de origen antropogénicos que afectan estas áreas se encuentran la agricultura, la ganadería, la erosión y la creación de asentamientos humanos: Álvarez et al. (2004) mencionan los mismos factores que afectan a dos especies de cactáceas en Querétaro; Hernández-Oria et al. (2007) hacen notar que en el Desierto Chihuahuense en lo corresponde al área de Querétaro la desaparición del hábitat es el principal problema para su conservación.

**Conclusiones**

Este trabajo representa una aportación para el conocimiento de las especies de *Opuntia* que crecen en el municipio de Zacatecas.

De 29 especies que se reportan para el Altiplano Potosino-Zacatecano, catorce especies están presentes en el municipio de Zacatecas y área adyacentes lo que representan un valor cercano al 50%.

Las poblaciones que aún cuentan con estas especies se encuentran gravemente amenazadas por las diferentes actividades que el hombre pone en práctica sin tener en cuenta el daño que genera por estas acciones, que no solo deterioran las diferentes áreas si no que no miden las graves consecuencias que esto acarrea al paso de los años.

Las áreas con nopaleras se encuentran en riesgo de desaparecer por el incremento el aumento de la mancha urbana, de las áreas agrícolas, de los incendios forestales, el incremento de caminos y carreteras y el mal uso de las áreas forestales.

**Referencias**

Alvarez, R., Godínez Alvarez, H., Guzmán, H., y Dávila, P. (2004). Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: implicaciones para su conservación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75, 7-16.

Barthlott, W., y Hunt, D.R. (1993). *Cactaceae*. En K. Kubitzki, J.G. Rohwer, y V. Bittrich (eds.), *The families and genera of vascular plants, Vol II, Flowering Plants, Dicotyledons* (pp 161-197). Springer-Verlag: Berlin/Heidenber, Germany.

Bravo Hollis, H. (1978). *Las cactáceas de México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Britton, N.L., y Rose J.N. (1963). *The Cactaceae. Description and illustration of plants of the cactus family. Volumes I and II*. London: Dover Publications, Inc.

CONAZA. (1994). Nopal verdura *Opuntia* spp. cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. México: Comisión Nacional de la Zonas Áridas. Instituto Nacional de Ecología.

Dávila, P., y Sosa V. (1994). El conocimiento florístico de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 55, 21-27.

Enríquez, E.D. (1998). Estudio florístico del Cerro de La Cantarilla, Municipio de Moyahua, Estado de Zacatecas. Tesis de Maestro en Ciencias sin publicar. Colegio de Postgraduados. Estado de México. México.

Estrada, P.M. (2001) Cambio Climático Global: Causas y consecuencias. *Revista de información y análisis*, 16. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/ambientales/climatico.pdf>.

Flores Valdez, C.A., de Luna, J.M., y Ramírez, P.P. (1995). Mercado mundial del nopalito. Chapingo, México: ASERCA-UACH-CIESTAAM.

Fuentes Pérez, M., Terrazas T., y Arias, S. (2009). Anatomía floral de cinco especies de *Opuntia* (Opuntioideae, Cactaceae) de México. *Polibotánica*, 27, 89-102.

Gómez Hinostrosa, C., y Hernández, H.M. (2000). Diversity, geographical distribution, and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 9, 403–418.

González Durán, A., Riojas López, M.E., y Arreola H.J. (2001). El Género *Opuntia* en Jalisco. Guía de campo. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Guzmán, U., Arias, S., y Dávila. P. (2007). Catálogo de cactáceas mexicanas. México: Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Hernández Oria, J.G., Chávez Martínez, R., y Sánchez Martínez, E. (2007). Factores de riesgo en las Cactaceae amenazadas de una región semiárida en el sur del Desierto Chihuahuense, México. *Interciencia*, 32(11), 728-734.

Hernández M., H., y Godínez A., H. (1994). Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* 26:33-52.

Hernández M., H., y Barcenas, R.T.. (1995). Endangered cacti in the chihuahuan desert. *Conservation Biology*, 9(5), 1176-1188.

Hunt, D. (1992). CITES. Cactaceae checklist. Kew Surrey: Royal Botanic.

INEGI. (1996). Cuaderno estadístico municipal Zacatecas. México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI. (1999). Superficie de la República Mexicana por Estados. México: Dirección General de Geografía.

INEGI. (2010). Información nacional por estados y municipios. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/32/32056.pdf>.

IUCN. (2003). Red list of threatened species. Recuperado de <http://www.redlist.org>.

- Llovera, J. (1985). Aislamiento y caracterización de bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico de rizósfera de nopal *Opuntia* spp. Tesis de Licenciatura sin publicar, Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- Marroquín, J.S., Borja, L.G., Velázquez, C.R., y De la Cruz, J.A. (1964). Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. México, Distrito Federal, Publicación especial No.2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Mayer M.S., Williams L.M., y Rebman J.P. (2000). Molecular evidence for the hybrid origin of *Opuntia prolifera* (Cactaceae). *Madroño*, 47,109-115.
- Ortega Baes, P., y Godínez Álvarez, H. (2006). Global diversity and conservation priorities in the Cactaceae. *Biodiversity and Conservation* 15: 817-827.
- Pinkava, D.J., Baker, M.A., Parfitt, B.D., Mohlenbrock, M.W., y Worthington, R.D.. (1985). Chromosome numbers in some cacti of western North America-V. *Systematic Botany*, 10, 471-483.
- Riba, R. (1995). A manera de conclusión. En M. Linares, P. Dávila, F. Chiang, R. Bye, y T. Elias (eds.). *Conservación de plantas en peligro de extinción. Diferentes enfoques.* (pp.171-175). México Distrito Federal. Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México.
- Rivas, M. (1996). *Cactáceas y suculentas del jardín botánico Lankaster.* Editorial EUNED.
- Robbins, C.S. (2003). *Comercio espinoso. Comercio y conservación de cactus en el Desierto Chihuahuense.* Washington DC. TRAFFIC Norteamérica. Fondo Mundial para la Naturaleza.
- Rodríguez, E., y Nava. (1998). *Nopal. Riqueza agroecológica de México.* México. SEP-SEIT-DEGETA.
- Scheinvar, L. (1995). Taxonomy of utilized *Opuntia*. En G. Barbera, P. Inglese, y E. Pimienta Barrios (eds.). *Agroecology cultivation and uses of cactus pear.* (pp. 21-28). Roma, Italia. FAO Plant Production and Protection Paper.
- Scheinvar, A.L., y Olalde, G. (2010). *Diversidad de nopales silvestres, cultivados y otras cactáceas de México: estrategias de conservación.* Guadalajara, Jalisco. México. Memoria del XVIII Congreso Mexicano de Botánica.
- SEGOB. (2010). *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México.* Secretaría de Gobernación e Instituto del Federalismo y Desarrollo Municipal. Recuperado de [http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_Zacatecas](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Zacatecas).
- SEMARNAT. (2001). *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.* México. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001.
- SEMARNAT. (2012). *Impacto ambiental y tipos.* Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/transparenciafocalizada/impactoambiental/Paginas/impactoambiental.aspx>.
- Soberón, J., Golubov, J., y Sarukhán, J. (2001). The importance of *Opuntia* in Mexico and routes of invasion and impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist*, 84(4), 486-492.

SPP. (1980a). Carta Estatal de Climas. México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Escala 1:1000000. Coordinación General de los Servicios Nacional de Estadística Geografía e Informática.

SPP.1 (1980b). Carta Estatal de Fenómenos Climatológicos. México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Escala 1:2, 000,000. Coordinación General de los Servicios Nacional de Estadística Geografía e Informática.

SPP. (1980c). Carta Estatal de Geología. México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Escala 1:1000000. Coordinación General de los Servicios Nacional de Estadística Geografía e Informática.

SPP. (1980d). Carta Estatal de Suelos. México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Escala 1:1, 000,000. Coordinación General de los Servicios Nacional de Estadística Geografía e Informática.

SPP. (1981a). Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica. México. Secretaría de Programación y presupuesto Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Provincia III Sierra Madre Occidental, Subprovincia Sierras y Valles Zacatecanos. Sistema de topo formas. Escala 1:1, 000,000. Coordinación General de los Servicios Nacional de Estadística Geografía e Informática.

SPP. (1981b). Síntesis Geográfica de Zacatecas. México. Secretaría de Programación y Presupuesto. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Coordinación general de los servicios nacionales de estadística Geografía e Información.

Sule, D.O., y Scheinvar L. (2009). Diversidad de nopales silvestres del estado de Chihuahua, México (*Opuntia* Mill. y *Nopalea Salm-Dyck*, Cactaceae). Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas, 6(1), 30-31.

Villaseñor, J.L. (1999). La flora genérica del estado de Zacatecas, México. Informe de actividades de año sabático. Universidad Autónoma de Zacatecas. Universidad Nacional Autónoma de México (en prensa).