



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
ECOLOGÍA

Contribución a la evaluación del estado de conservación de
***Opuntia velutina* utilizando el MER**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGÍA AMBIENTAL)

PRESENTA:

ALINA URIBE GARCÍA

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. OSWALDO TÉLLEZ VALDÉS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM.
COMITÉ TUTOR: DR. ÁNGEL SALVADOR ARIAS MONTES
JARDÍN BOTÁNICO, UNAM.
COMITÉ TUTOR: DR. HÉCTOR OCTAVIO GODÍNEZ ÁLVAREZ
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA, UNAM.

México, D. F. Enero 2016.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dr. Isidro Ávila Martínez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 26 de octubre de 2015, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL) de la alumna URIBE GARCÍA ALINA con número de cuenta 94045026, con la tesis titulada "Contribución a la evaluación del estado de conservación de *Opuntia velutina* utilizando el MER.", realizada bajo la dirección del DR. OSWALDO TÉLLEZ VALDÉS:

Presidente: DR. RAFAEL LIRA SAADE
Vocal: DR. SAÚL MAYA FLORES
Secretario: DR. ÁNGEL SALVADOR ARIAS MONTES
Suplente: DRA. SOFÍA SOLORZANO LUJANO
Suplente: DR. HÉCTOR OCTAVIO GODÍNEZ ÁLVAREZ

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 8 de enero de 2016.

M. del Coro Arizmendi
DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA
COORDINADORA DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a)

Agradecimientos

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para realizar esta maestría (Becaria 294730).

Al Programa Volkswagen: Por amor al planeta.

A los miembros del Comité Tutor:

A mi tutor principal Dr. Oswaldo Téllez Valdés

A los miembros de mi comité Tutor:

Dr. Ángel Salvador Arias Montaña

Dr. Héctor Octavio Godínez Álvarez

Agradezco a Luca.

**Agradezco por todas sus aportaciones realizadas a mi trabajo a:
Dr. Rafael Lira Saade
Dr. Saúl Flores Maya
Dra. Sofía Solórzano Lujano**

Índice	
Resumen	1
Abstract	3
Introducción	5
Cactáceas	5
Género <i>Opuntia</i>	6
<i>Opuntia velutina</i>	7
Método de Evaluación del Riesgo de extinción de especies silvestres)	
(MER)	9
Objetivo	12
Materiales y métodos	13
Área de estudio	13
Descripción de las localidades visitadas	13
Descripción del MER	15
Estimación de la amplitud de la distribución geográfica de <i>O. velutina</i> en México	
Análisis geográfico	18
Estado del hábitat respecto al desarrollo natural del taxón	19
Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón	20
Estructura de tamaños	20
Éxito reproductivo	21
Germinación	21
Impacto de la actividad humana sobre el taxón	23
Calificación acumulativa del MER	25

Resultados	26
Amplitud de la distribución del taxón en México	26
Análisis geográfico nacional de <i>O. velutina</i>	26
Análisis geográfico regional de <i>O. velutina</i>	28
Estado del hábitat respecto al desarrollo natural del taxón	29
Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón	30
Éxito reproductivo	30
Aspectos fenológicos generales	30
Estructura de tamaños	31
Estructuras reproductivas	31
Germinación	32
Aplicación de los criterios C del MER	34
Evaluación del impacto de las actividades humanas sobre el taxón	34
Aplicación de los criterios D del MER	37
Sumatoria de puntajes	37
Discusión	38
Bibliografía	42
Apéndice 1. Especies asociadas	46
Apéndice 2. Porcentajes de germinación con los diferentes tratamientos para escarificar las semillas	48

Lista de figuras y cuadros

Figura 1. Cladodio de individuo adulto de <i>Opuntia velutina</i> . (Tomada en Collares Verdes por A. Uribe-García en 2009)	8
Figura 2. Distribución de <i>O. velutina</i> en la República Mexicana	27
Figura 3. Mapa del análisis geográfico de conservación respecto a los límites de la RBTC	28
Figura 4. Estructura de tamaños de <i>O. velutina</i>	31
Figura 5. Semillas de <i>O. velutina</i> en germinación acumulativo (sin ningún tratamiento)	32
Figura 6. Semillas de <i>O. velutina</i> en germinación	33
Cuadro 1. Meses de floración y fructificación de <i>O. velutina</i>	30
Cuadro 2. Rangos y valores numéricos establecidos para cada aspecto evaluado en la aplicación del criterio C del MER	33
Cuadro 3. Actividades humanas que se realizan en cada una de las localidades visitadas	36
Cuadro 4. Porcentajes de germinación obtenidos con diferentes tratamientos de ácido giberélico para varias especies de la subfamilia Opuntioideae (Tomado de Aguilar Dorantes et al., II Encuentro de Participación de la Mujer en la Ciencia)	40

Resumen

Actualmente se carece de datos ecológicos y genéticos suficientes de la especie *Opuntia velutina*. En la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se incluye como "data deficient" porque aun se requieren más investigaciones para definir la especie y determinar sus poblaciones. La especie es endémica de México, específicamente de los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla, y sólo crece en altitudes entre 1100 a 1900 m.

En el presente trabajo se evaluó el estado de conservación de *O. velutina* en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC), en el período 2009-2010 utilizando el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Especies Silvestres en México (MER) de la NOM-059-SEMARNAT-2001. Para enriquecer los criterios del MER se determinó, con un Sistema de Información Geográfica, la extensión total del área de la especie y el área de ocupación real tanto nacional (227003 km² y 46 km²) como en la RBTC (37347.1 km² y 14 km²). El estado del hábitat se consideró conservado, porque entre las 64 especies asociadas a *O. velutina* hubo predominio de árboles (22) y arbustos (18), sobre el número de especies herbáceas (19); además hubo una epífita y 4 trepadoras. Además 20 de las 64 especies asociadas fueron suculentas y sólo 7 fueron invasoras.

La vulnerabilidad intrínseca de *O. velutina* se estimó como media determinando los meses de floración-fructificación (febrero, septiembre, octubre, noviembre y diciembre); la estructura de tamaños (se encontraron individuos de *O. velutina* de todos los tamaños, desde plántulas hasta adultos, con predominio de individuos de 1.5 a 3 m); y datos de germinación de las semillas, el tiempo mínimo de incubación que permite germinar a las semillas es de 8-10 días; y se alcanzó el porcentaje máximo de semillas germinadas después de 30 días de incubación. Los porcentajes de germinación de las semillas de tres localidades fueron: Collares Verdes 28%, Los Cués 27% y Teotitlán 47%.

Las actividades humanas (pastoreo, agricultura, asentamientos humanos, carreteras) tuvieron un impacto medio sobre *O. velutina*.

De acuerdo con los datos parciales obtenidos en este trabajo proponemos que *O. velutina* sea considerada como sujeta a protección especial (Pr). Sin embargo, esta propuesta debe considerarse como provisional debido a que sólo se estudiaron localidades de la RBTC, no se tuvieron todos los parámetros para todas ellas y se utilizó solamente el MER 2001. Un estudio que incluya más localidades del país, de las que se obtengan todos los parámetros y que se combine con el método de Martorell permitiría obtener mayor información sobre el estado de conservación de *O. velutina*

Abstract

Actually there are little genetic and ecologic data of *Opuntia velutina*. In the International Union for the Conservation of Nature (IUCN) Red list is listed as "data deficient" because more investigations are required to define the species and determine their populations. The species is endemic to Mexico, specifically of the states of Guerrero, Oaxaca and Puebla, and only grows at altitudes between 1100-1900 m.

In this paper the condition of *O. velutina* was evaluated in the Biosphere Reserve Tehuacán-Cuicatlán (RBTC) in 2009-2010. For this, the Risk Assessment Method Species of Wild Species in Mexico (MER) of the NOM-059-SEMARNAT-2001 was used. To improve the criteria in MER, the total extent of the species and the real area of occupation of the species was determined using a Geographic Information System, both nationally (227,003 km² and 46 km²) and in the RBTC (37347.1 km² and 14 km²). The habitat status was considered preserved, because among the 64 species associated with *O. velutina* trees predominated (22) and bushes (18) over the number of herbaceous species (19); there was also an epiphyte and 4 climbers. In addition 20 of the 64 species associated were succulent and only 7 were invasive.

The inherent vulnerability of *O. velutina* was estimated as median by determining the average flowering-fruiting months (february, september, october, november and december); size structure (*O. velutina* individuals of all sizes were found, from seedlings to adults, dominated by individuals from 1.5 to 3 m); and seed

germination data, the minimum incubation time which allows seeds to germinate is 8-10 days, and the maximum percentage of seeds germinated was achieved after 30 days of incubation. The percentages of germination of seeds from three localities were: Collares Verdes 28%, Los Cués 27%, and Teotitlán 47%.

The human activities (grazing, agriculture, human settlements, roads) had a median impact on *O. velutina*.

According to partial data obtained in this study we suggest that *O. velutina* be considered as subject to special protection (Pr). However, this proposal should be seen as provisional because only locations in the RBTC were studied, all the parameters for all of them were not recorded, and only MER 2001 was employed. A study involving more localities of the country, from which all parameters are obtained and that is combined with the method of Martorell would permit to obtain more information of the conservation state of *O. velutina*.

Introducción

Cactáceas

Las cactáceas son una familia de plantas que habitan en las zonas áridas y semiáridas de América (Bravo, 1978). Estas plantas son altamente vulnerables a disturbios tales como fragmentación del hábitat, colecta y tráfico ilegal y cambio de uso de suelo para uso agrícola y pastoreo (Arias, 1993). Esta vulnerabilidad se potencia por el bajo crecimiento individual y poblacional, su alta longevidad y sus bajas tasas de reclutamiento (Hernández y Godínez 1994; Hernández y Bárcenas, 1995). La forma más completa de evaluar el estado de conservación de las especies es llevar a cabo un estudio ecológico que tome en cuenta el mayor número de parámetros ecológicos.

Nuestro país es reconocido como el centro de concentración de cactáceas más importante del mundo (Bravo-Hollis, 1978), gran parte de cuyas especies son endémicas. La familia completa está sujeta a diversas presiones originadas por el cambio de uso de suelo, para destinarlo a actividades agrícolas o pecuarias; y por la extracción de ejemplares de su hábitat para su venta en México y en el extranjero (Hernández y Godínez-Álvarez, 1994). La extracción de ejemplares es particularmente grave debido a que las cactáceas crecen muy lentamente y tienen ciclos de vida muy largos, lo que dificulta que las poblaciones silvestres se recuperen (Arias et al., 2005).

Género *Opuntia*

El género más diverso de la familia es *Opuntia* (Valiente-Banuet y Godínez-Alvarez, 2002), ya que incluye alrededor de 350 especies, cuando el número promedio de especies por género en la familia es de 20 (Hunt, 1999). El género se distribuye en el continente americano desde Alberta, Canadá hasta la Patagonia y desde las Islas del Caribe a las Islas Galápagos (Reyes y Aguirre, 2006).

México es el centro de riqueza mundial más importante del género *Opuntia*, ya que cuenta con 130 especies, número que contrasta con las 7 presentes en Uruguay y Puerto Rico, por ejemplo (Hunt, 1999). Las provincias fisiográficas con mayor riqueza de especies son la Sierra Madre Oriental y Occidental, la Meseta Central y el Eje Neovolcánico Transversal (Esparza-Sandoval, 2010).

Algunos autores señalan que en el género *Opuntia* se ha identificado un número de especies comprendido entre 160 (Britton y Rose 1963; Gibson y Nobel, 1986) y 250 (Caruso et al., 2010), aunque como mencionamos líneas arriba la CITES reporta 350 (Hunt, 1999). Esta variación en el número puede deberse a los problemas nomenclaturales ya que, como en otros géneros de la subfamilia *Opuntioideae*, ocurren en *Opuntia*. Algunas de las principales razones de esta ambigüedad nomenclatural son la escasez de evaluaciones de caracteres morfológicos, el alto nivel de plasticidad fenotípica en el género, la reciente diversificación, la poliploidia (de diploidia a octoploidia) y la hibridación intra e intergenérica (Wallace y Gibson, 2002; Caruso et al., 2010).

Por la forma de sus tallos *Opuntia* se divide en cilindropuntia (especies arbustivas con tallo cilíndrico) y platiopuntia (especies con tallos aplanados llamados cladodios) (Gibson y Nobel, 1986; Caruso et al., 2010).

Opuntia velutina

La especie *O. velutina* (Magnoliopsida; Caryophyllales; Cactaceae; Figura 1) es arbustiva o arborescente con una altura entre 1.0 y 4.0 m, tallos con cladodios de 15.0 a 26.0 cm de largo, y 14.0 a 20.0 cm de ancho. Es endémica de México y se encuentra en los estados de Guerrero, Morelos, Oaxaca y Puebla, donde crece en elevaciones de 1100 a 1900 m habitando en bosques tropicales caducifolios y matorrales xerófilos. Su floración se da entre octubre y diciembre (Arias et al., 2012). Esta especie se encuentra en la lista del Libro Rojo de la UICN con la anotación de “Data Deficient”, con la justificación de que aún persiste la confusión taxonómica, por lo que se requieren más investigaciones para definir la especie y determinar su distribución geográfica y número de poblaciones para establecer con certeza su categoría de riesgo. Las amenazas de esta especie reconocidas por la UICN son la deforestación ocasionada por la agricultura en pequeño y el pastoreo de ganado (Hernández et al., 2013.).



Figura 1. Cladodio de individuo adulto de *Opuntia velutina*. (Tomada en Collares Verdes por A. Uribe-García en 2009).

Debido a esta deficiencia de datos acerca de *O. velutina* se requiere más investigación de campo (estudios fenológicos, reproductivos, de conservación, etc.) y de gabinete (cromosómicos, germinación de semillas, genética de poblaciones). Uno de los métodos más expeditos que ayuda a realizar este tipo de evaluación es el MER, cuyos resultados facilitan la toma de decisiones y permiten generar hipótesis a probar posteriormente para incluir, excluir o cambiar la categoría de riesgo de las especies o poblaciones. Las leyes mexicanas obligan a aplicar el MER para proponer la categoría en la que debe incluirse cada especie (MER; SEMARNAT 2002). Otro método útil para este propósito es el de Martorell que utiliza índices multimétricos para medir el grado de disturbio (Martorell y Edwards, 2005).

La información que se obtiene internacionalmente es compilada por la UICN y es utilizada por agencias internacionales como CITES (Convención Sobre el

Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre). En nuestro país la norma sobre especies amenazadas es la NOM-059-SEMARNAT-2010, propuesta y aprobada inicialmente en su versión 2001.

El propósito de esta NOM es reconocer las especies o poblaciones de flora y fauna silvestre en riesgo en el país, mediante un listado, con base en el método de evaluación del riesgo de extinción de especies silvestres (MER). Debido a la falta de datos acerca de esta *Opuntia*, el propósito de este trabajo fue evaluar el estado de conservación de *O. velutina*; para ello utilizamos la versión 2001 de este método.

Método de Evaluación del Riesgo de extinción de especies silvestres (MER)

El MER es un método que permite formalizar y documentar de manera sistemática, sencilla y expedita los factores que afectan a un taxón en el país, con lo cual el taxón se puede ordenar jerárquicamente atendiendo a la posibilidad de que desaparezca en su estado silvestre en México. Este método propone el estudio de diversos aspectos de las especies basado en cuatro criterios:

- A) Amplitud de la distribución del taxón en México
- B) Estado del hábitat respecto al desarrollo natural del taxón,
- C) Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón y
- D) Impacto de la actividad humana sobre el taxón.

Cada uno de estos criterios con una escala de tres a cuatro valores que indican grados ascendentes del impacto que tienen sobre las poblaciones y que la ponen en riesgo, incluso de extinción.

Se ha procurado que los cuatro criterios mantengan un alto grado de independencia entre sí, de manera que la suma progresiva de sus puntajes guarde una relación directa con el grado acumulativo de riesgo de extinción. La suma total de los puntajes de los cuatro criterios indicará la categoría de riesgo de la especie estudiada.

En un estudio de la conservación de *Opuntia decumbens* en la Reserva de la Biósfera Tehuacán Cuicatlán (RBTC) utilizando el MER de la NOM-059-SEMARNAT-2001 y la UICN se documentó que las semillas de la especie tuvieron un bajo porcentaje de germinación; el pudo incrementarse si se les escarifica (Arenas, 2011). Además, que la especie está amenazada por diversas actividades humanas como la agricultura, el pastoreo y el establecimiento de tiraderos de basura. Este estudio determinó que la *O. decumbens* debe estar en la categoría de en peligro de la UICN y sujeta a protección especial de la normatividad mexicana (NOM-059); por último, propuso que la especie debería incluirse en programas de conservación.

Por su parte, González-Romero (2010) hizo una evaluación preliminar del estado de conservación en tres poblaciones de *Mamillaria napina*, utilizando el MER. Este estudio indicó que la especie es de distribución muy restringida (Puebla), con una alta especificidad del hábitat; la estructura de tamaños mostró que los

eventos de reclutamiento son escasos. Las semillas no requieren de escarificación para germinar, el porcentaje de germinación es relativamente bajo (40%) en comparación con otras mamilaria. Finalmente, sugirió que *M. napina* sea colocada en la categoría de especie vulnerable de la UICN y críticamente en peligro en la NOM-059 según el MER.

En su estudio González (2009) hizo una evaluación preliminar de la conservación de *Stenocactus crispatus*, en dos localidades ubicadas en la RBTC, utilizando el MER. Encontró que la distribución geográfica de una de las poblaciones evaluadas es muy limitada, ya que hay pérdida de cubierta vegetal y tendencia a la erosión. La especie presentó una alta proporción de individuos jóvenes, el porcentaje de germinación fue bajo (29%). La especie se ubicó como vulnerable en la NOM-059.

La evaluación del estado de conservación de *Ferocactus haematacanthus* realizada por Gutiérrez (2007) indicó que esta especie tiene una alta especificidad de hábitat, que el reclutamiento reciente es cero, presenta una baja producción de semillas: 629 en comparación con otras especies de *Ferocactus* que producen de 1033 a 2200 semillas.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue evaluar el estado de conservación de *Opuntia velutina* en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán con base en los criterios establecidos en el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de Especies Silvestres en México de la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán se considera como parte de la región xerófila de México, se ubica al sureste del estado de Puebla y al noreste de Oaxaca. El Valle tiene una superficie aproximada de 10,000 km²; en el cual se observa un mosaico fisiográfico complejo con valles internos, separados por numerosas cadenas montañosas. Este Valle es una región con una temperatura media anual de 21° C y una precipitación anual de 400 mm, tiene una condición árida debido a un efecto de sombra orográfica producida por la Sierra Madre Oriental, (Dávila et al., 2002). Dentro del Valle Tehuacán-Cuicatlán se encuentra la RBTC, la cual abarca una parte del estado de Puebla y Oaxaca, y tiene una superficie de 5,000 km².

Descripción de las localidades de estudio

La descripción de las localidades que fueron visitadas para llevar a cabo este estudio se obtuvo de información disponible en internet en páginas oficiales.

Collares Verdes, Calipán I y II. Estas localidades se localizan en el municipio de San Rafael Coxcatlán, en la parte sureste del estado de Puebla; pertenecen a dos regiones morfológicas, hacia el oriente forman parte de la Sierra Zongolica y hacia el poniente pertenecen al Valle de Tehuacán. La altitud varía de los 900 hasta 2500 msnm. El clima, de oeste a este, va de cálido-seco a templado-húmedo; la precipitación total anual es de 394 mm.

La meseta de San Lorenzo se ubica dentro del municipio de Tehuacán, el cual se localiza en la parte sureste del Estado de Puebla. Por el oriente, el relieve alcanza alturas de hasta 2,950 msnm y muestra un declive a una altura promedio de 1,600 metros, en la parte del Valle de Tehuacán.

Los Cués se localiza en el municipio de San Juan de los Cués, al norte de Oaxaca, a una altitud de 860 msnm. Está a 171 kilómetros al norte de la ciudad de Oaxaca. Generalmente es cálido con baja precipitación pluvial; alcanza sus máximas temperaturas en verano, y las lluvias se presentan a partir de los meses de mayo y junio hasta octubre. El municipio no presenta elevaciones de importancia, y las pocas que tiene son consideradas como parte de un altiplano en la región de la cañada.

Teotitlán de Flores Magón se localiza entre los 18°08´ de latitud norte y los 97°04´ de longitud oeste, con una altitud de 1,020 msnm. El clima predominante es templado.

Descripción del MER.

Los cuatro criterios de este método son:

Criterio A. Amplitud de la distribución del taxón en México

Este criterio se refiere al tamaño relativo del ámbito de distribución natural actual en México; y considera cuatro grados:

I) Muy Restringida = 4 Se aplica a especies micro endémicas o especies extralimitales con escasa distribución en México (menor a 5% del territorio nacional).

II) Restringida = 3 Incluye especies cuyo ámbito de distribución en México se encuentra entre el 5% y el 15% del territorio nacional.

III) Medianamente Restringida o Amplia = 2 Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es mayor al 15% pero menor al 40% del territorio nacional.

IV) Ampliamente distribuidas o muy Amplias = 1 Incluye aquellas especies cuyo ámbito de distribución es igual o mayor al 40% del territorio nacional.

Criterio B. Estado del hábitat respecto al desarrollo natural del taxón

Este criterio se refiere al conjunto actual estimado de efectos del hábitat particular, con respecto a los requerimientos conocidos para el desarrollo natural del taxón que se analiza en términos de las condiciones físicas y biológicas.

Cuando una especie sea de distribución muy amplia, se hará una estimación

integral del efecto de la calidad del hábitat para todo su ámbito. Considera tres valores:

I) Hostil o muy limitante = 3

II) Intermedio o limitante = 2

III) Propicio o poco limitante = 1

Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón

Este criterio abarca el conjunto de factores relacionados con la historia o la forma de vida propia del taxón que lo hacen vulnerable. El criterio considera que cada taxón tiene peculiaridades intrínsecas que contribuyen a su mayor o menor propensión al riesgo de extinción o a situaciones de amenaza. Dependiendo de la disponibilidad de información específica se consideran tres gradaciones numéricas de vulnerabilidad:

I) Vulnerabilidad alta = 3

II) Vulnerabilidad media = 2

III) Vulnerabilidad baja = 1

Criterio D. Impacto de la actividad humana sobre el taxón

Estimación numérica de la magnitud del impacto y la tendencia que genera la influencia humana sobre el taxón. Considera aspectos como la presión por asentamientos humanos, la fragmentación del hábitat, la contaminación, uso, comercio, tráfico, cambio del uso de suelo, la introducción de especies exóticas,

la realización de obras de infraestructura, entre otros. Se asignan tres posibilidades:

I) Alto impacto = 4

II) Impacto medio = 3

III) Bajo impacto = 2

Una vez aplicados los criterios del MER, el siguiente paso es simplemente sumar los puntajes de cada uno de ellos, para lo que se han determinado los siguientes intervalos de asignación a categorías de riesgo:

1. Un taxón cuya suma total se sitúe entre los 12 y los 14 puntos será considerado como en peligro de extinción.
2. Un taxón cuya suma total de puntos esté entre los 10 y los 11 se considerará como amenazado.
3. En caso de que el taxón no tenga un puntaje mayor o igual a 10, deberá argumentarse y documentarse formalmente su propuesta de inclusión a la categoría sujeta a protección especial de acuerdo con la información y los criterios especificados en los numerales 5.7 y 6 de la NOM-059.

Estimación de la amplitud de la distribución geográfica de *O. velutina* en México

Análisis geográfico

Este análisis se implementó con una rutina programada por el Dr. Justin Moat de los Royal Botanic Gardens, Kew (Moat, 2007), la cual es aplicada con el software Arcview Gis 3.2 (ESRI 2000). Esta rutina permite realizar cálculos, tanto preliminares como definitivos, con base en la distribución geográfica conocida de las especies, y está enfocada a obtener una categoría de riesgo de las especies con base en los criterios de la UICN (Moat, 2007).

Para efectuar el análisis a nivel nacional se recabaron registros de *O. velutina* en las bases de datos de la CONABIO, de la REMIB y de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Esta información se complementó con trabajo de campo para obtener información geográfica detallada de la especie.

El trabajo de campo consistió en la selección de seis localidades con presencia de *O. velutina* dentro de la RBTC para ser estudiadas. En cada una de las localidades se georeferenció, con un geoposicionador (GARMIN eTrex), a cada individuo encontrado dentro de los cuadrantes que se realizaron.

Finalmente, todos los registros recabados con el GPS se introdujeron al programa ArcView Gis 3.2 (ESRI, 2000) con el fin de ajustar el tamaño de la celda a partir del cual el script realiza los cálculos que a continuación se describen:

Para obtener la extensión total del área de la especie (Extent of occurrence; EOO) se hizo un modelo de distribución potencial. La EOO es el área mínima

dentro del límite continuo, la cual engloba todas las localidades conocidas del taxón. El área de extensión se calcula como el límite continuo más corto que engloba todos los puntos de distribución del taxón.

El área de ocupación real de la especie (Area of occupancy; AOO) es el área dentro de la extensión en la que se encuentra presente el taxón. Esta se calcula dividiendo la EOO entre celdas de igual tamaño, el tamaño de la celda se determina por el tamaño de la EOO (1/10 del eje ortogonal más grande de la EOO). La AOO está determinada por el número total de celdas que ocupan los registros de la especie.

Subpoblaciones: Son grupos dentro de la población geográficamente distintos. Para determinar las subpoblaciones se utilizó el Método de Adyacencia de las Celdas. Para este método se usan las mismas celdas producidas para calcular la AOO, y cada una de las celdas ocupadas por un conjunto de puntos se clasifica como una población distinta, excepto donde las celdas ocupadas por la colección de puntos son adyacentes con alguna otra. En este caso se considera que ellos representan una población.

Estado del hábitat respecto al desarrollo natural del taxón

Dado que con el criterio B del MER se pretende analizar el estado actual del hábitat de la especie en estudio, o de algunas de sus poblaciones, y esto puede resultar difícil, de acuerdo con el numeral 5.7 de la norma se presenta de

manera explícita la información del hábitat que se tomó en cuenta para calificar este criterio y asignarle el valor correspondiente.

En cada una de las localidades se realizó una caminata para observar las especies asociadas que se encontraban a los alrededores de *O. velutina* y se realizó una lista (ver la lista en Apéndice I). Posteriormente se determinó cuáles eran árboles, arbustos, hierbas, suculentas e invasoras (CONABIO). De acuerdo al número de especies de hierbas asociadas a *O. velutina*, la proporción de suculentas e invasoras el estado del hábitat se consideró conservado (predominio de árboles, arbustos y suculentas) o deteriorado (predominio de hierbas y disminución de suculentas).

Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón

Estructura de tamaños

Para evaluar la vulnerabilidad de *O. velutina* se consideró la estructura de tamaños, la eficiencia reproductiva y la germinación.

En cada una de las localidades se trazo 1 parcela de 50 x 10 m, y a cada individuo de *O. velutina* presente se le midió la altura para describir la estructura de tamaños de cada población. Las categorías utilizadas fueron 0-0.5, 0.5-1.0, 1.0-1.5, 1.5-2.0, 2.0-2.5, 2.5-3.0 y >3.0m. Estas categorías se establecieron de conformidad con los datos tomados en campo: los organismos más pequeños medían 0-0.5 m y los más grandes >3 m.

Éxito reproductivo

Para cada individuo registrado de *O. velutina* en las parcelas se contaron los botones, las flores y los frutos. Por revisión bibliográfica y con las visitas a las localidades en los meses de febrero, mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2009 se determinó la fenología de floración y fructificación. Además, se seleccionaron 5 individuos aleatoriamente y se recolectaron 5-7 frutos maduros de cada individuo para realizar el conteo de semillas y obtener el porcentaje de germinación.

Germinación

Se seleccionaron, de los frutos colectados al azar, 150 semillas para ser germinadas bajo condiciones de invernadero durante 30 días. Todas se lavaron con NaClO (5%) por 5 minutos y se enjuagaron con agua estéril, después se colocaron en papel absorbente y se secaron a temperatura ambiente.

Debido a que las semillas de *O. velutina* tienen testa dura, para favorecer la germinación se aplicaron los siguientes tratamientos:

- a) Sin tratamiento
- b) Lija de agua durante 1 min
- c) Ácido sulfúrico al 0.5% durante 1 minuto
- d) Ácido sulfúrico al 5% durante 1 minuto

Después de los tratamientos las semillas se sembraron en cajas de Petri con agua destilada en el fondo. Se sembraron 25 semillas por caja para tener en total el control y 5 réplicas. La evaluación de la germinación consistió en revisar diariamente el número de semillas germinadas. Una semilla se consideró germinada cuando la testa se rompió y emergió la radícula sobre la superficie. Se registró diariamente la temperatura ambiental con un termómetro de temperaturas máximas (20°C - 22°C) y mínimas (17°C - 20°C). Los porcentajes de germinación con los distintos tratamientos de escarificación se muestran en el Apéndice 2.

Para evaluar el criterio C del MER se estableció una serie de intervalos, basados en los promedios obtenidos por localidad, para cada uno de los siguientes rubros: producción de flores, producción de frutos, producción de semillas y porcentaje de germinación. En función de estos intervalos se asignaron valores entre 1 y 3 para calificar a cada localidad, considerando el número 3 como indicativo del mayor riesgo para *O. velutina*. Esta clasificación permitió hacer una sumatoria de las calificaciones de cada aspecto evaluado para todas las localidades. Finalmente se conformó una escala de intervalos para las tres categorías de riesgo propuestas, la cual se repartió en tres jerarquías para calificar el criterio C del MER, quedando de la siguiente manera:

puntos	Categoría	valor
0-23	Vulnerabilidad biológica intrínseca alta	3
24-47	Vulnerabilidad biológica intrínseca media	2
48-72	Vulnerabilidad biológica intrínseca baja	1

Impacto de la actividad humana sobre el taxón

Con las observaciones hechas en campo encontramos en cada una de las localidades distintas actividades humanas, que consideramos afectan el hábitat de la especie. Con base en estas actividades: la agricultura, el pastoreo de ganado caprino, la cercanía de las poblaciones de la especie a asentamientos humanos de distinto tamaño, y la cercanía con los distintos tipos de vías de comunicación (carreteras, autopistas, veredas, etc.), se estableció una serie de categorías independientes entre sí, cada una con un valor numérico acumulativo, de acuerdo con su importancia/intensidad, las cuales permitieron “cuantificar” los posibles impactos sobre las poblaciones y el hábitat de la especie.

Estas son las categorías y clases propuestas:

I. Actividades de agricultura.

- a) Agricultura de subsistencia = 1
- b) Agricultura de temporal = 2
- c) Agricultura extensiva = 3

II. Pastoreo de ganado caprino

- a) Pastoreo extensivo = 2
- b) Pastoreo no extensivo = 1

III. Cercanía de vías de comunicación a la población de la especie.

- a) Vereda = 1
- b) Terracería = 2

c) Carretera = 3

d) Autopista = 4

IV. Cercanía de asentamientos humanos a la población de la especie.

a) Colonia = 1

b) Pueblo = 2

c) Ciudad = 3

Una vez obtenidos los valores de las categorías y clases propuestas para cada localidad, se promediaron y se le dio el valor al criterio D del MER, siguiendo los intervalos propuestos en la tabla que a continuación se muestra.

puntos	Categoría	valor
0-23	Bajo impacto	2
24-47	Medio impacto	3
48-72	Alto impacto	4

Calificación Acumulativa del MER

Finalmente, el MER establece los siguientes intervalos para asignar categorías de riesgo:

1. Una especie o población cuya suma total se sitúe entre 12 y 14 puntos, será considerada en peligro de extinción.
2. Una especie cuya suma total de puntos se halle entre 10 y 11 se considerará amenazada.
3. En caso de no tener un puntaje mayor o igual a 10, se deberá argumentar y documentar formalmente la propuesta para incluir a la especie en la categoría sujeta a protección especial, de acuerdo con la información y los criterios que se especifican en los numerales 5.7 y 6 de la NOM-059.

Resultados

Amplitud de la distribución del taxón en México

Análisis geográfico nacional de *O. velutina*

A partir de la revisión de las bases de datos de CONABIO, FES-I, REMIB y los datos tomados en campo, se reunió un total de 186 registros para *O. velutina*. La distribución de los registros en México (puntos negros) muestra que la especie bajo estudio está distribuida en los estados de Zacatecas, Colima, Michoacán, Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca (Figura 2).

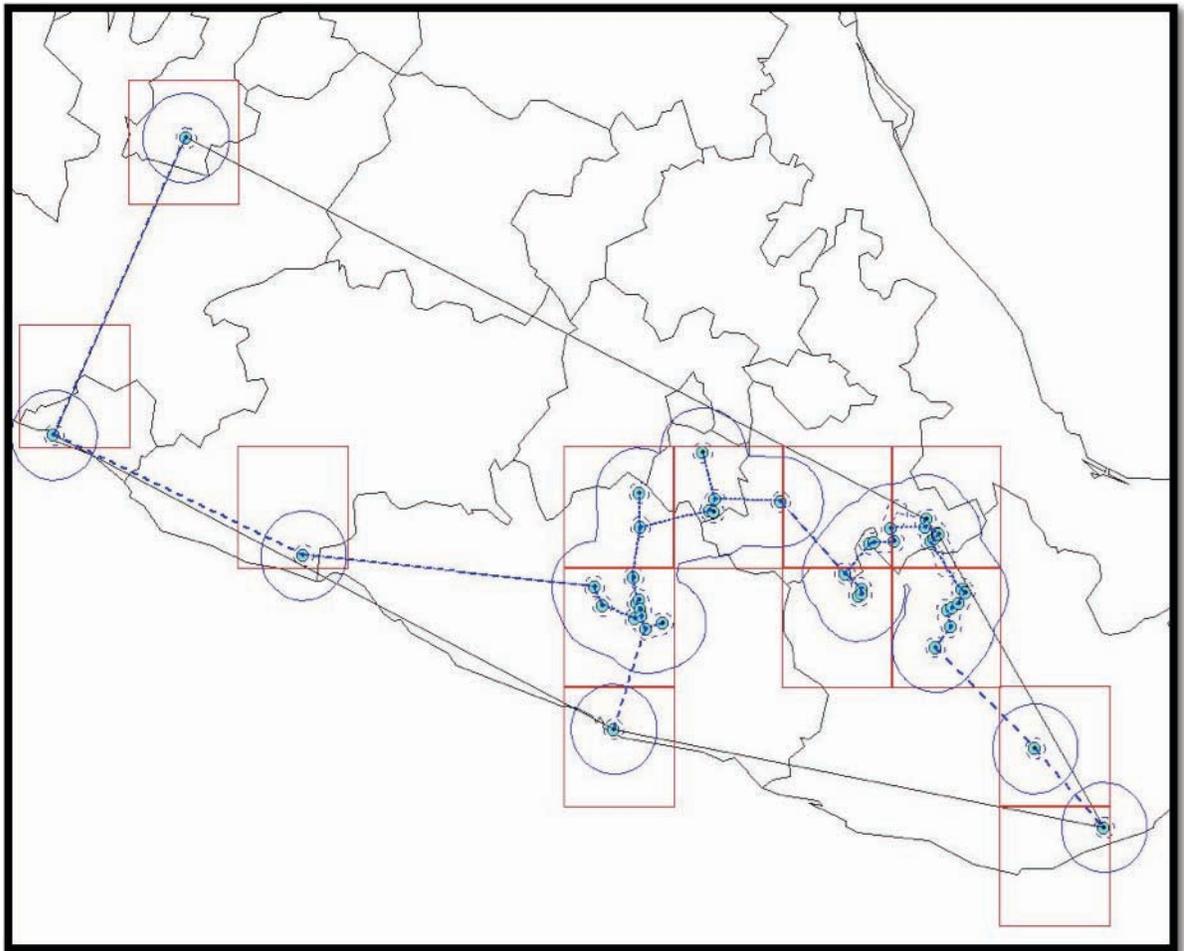


Figura 2. Distribución de *O. velutina* en la República Mexicana. La línea continua (polígono) representa la extensión total del área de la especie (EOO); los cuadros indican el Área de ocupación real de la especie (AOO); la línea punteada indica el patrón de distribución de la especie y los círculos muestran 8 subpoblaciones.

Los valores de distribución nacional obtenidos a partir de la evaluación geográfica muestran que la extensión total del área de la especie (EOO) es de 227003 km² (diámetro máximo de 985.564 km), lo que corresponde a un área de ocupación real de la especie (AOO) de 46 km², con 8 subpoblaciones.

Análisis geográfico regional de *O. velutina*

El análisis de distribución regional (Figura 3) se realizó en la RBTC, utilizando 139 registros (puntos oscuros) obtenidos en campo.

Con las observaciones hechas en campo respecto a la distribución de la especie en las diferentes localidades visitadas (Collares Verdes, Los Cues, Teotitlán, Meseta de San Lorenzo, Calipán I y Calipán II) se ajustaron los datos con el script quedando el tamaño de la celda a 1 km² que representa el promedio de las poblaciones visitadas.

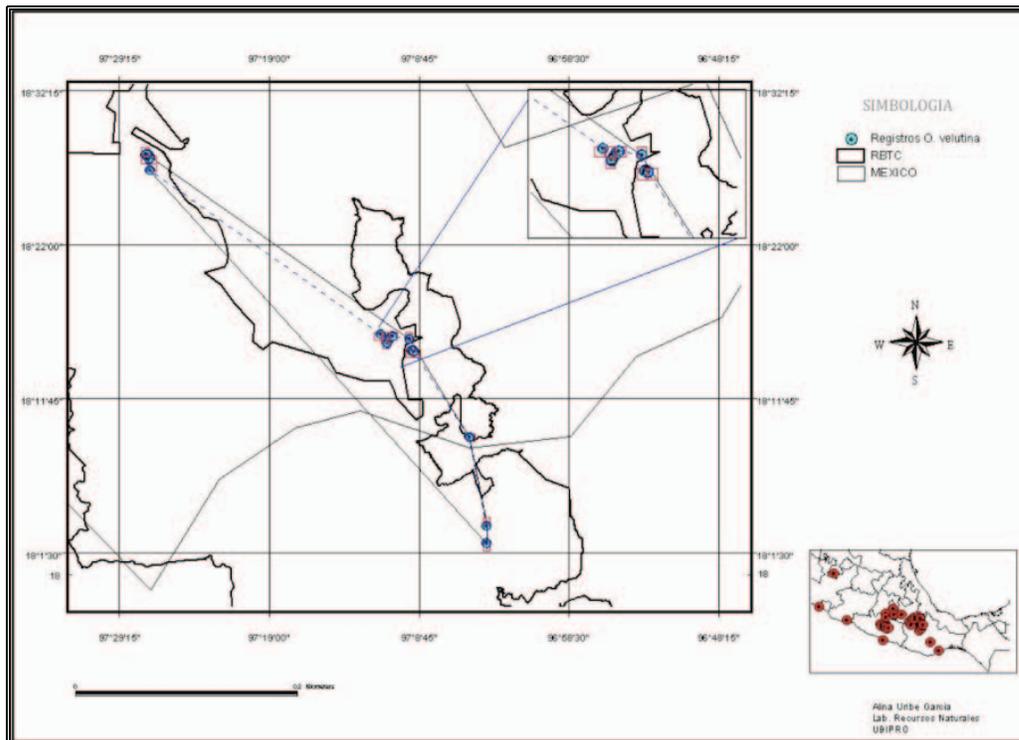


Figura. 3 Mapa del análisis geográfico de conservación respecto a los límites de la RBTC. De esta forma, la extensión total del área de la especie (EOO) es de 37347.1 km² (64.0015 km diámetro máximo), lo que corresponde a un área de ocupación real de la especie (AOO) de 14 km² con 9 subpoblaciones. Con base en los criterios de la UICN y considerando estos valores, relativos sólo a Tehuacán-

Cuicatlán, el script propuso a la especie dentro de la categoría en peligro.

Con los resultados obtenidos del análisis regional se colocó en el criterio A del MER a *O. velutina* como una especie de distribución medianamente restringida o amplia dándole un valor de 2; este valor incluye especies cuyo ámbito de distribución es mayor al 15% pero menor al 40% del territorio nacional.

Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón

Debido a que se carece de ciertos datos que suelen emplearse para evaluar este criterio (e.g. tipos de suelo, gradiente latitudinal, etc.) se hizo uso del numeral 5.7 de la norma, el cual permite explicitar la información del hábitat que se tomó en cuenta para valorar este criterio.

Para evaluar el criterio B del MER se tomaron en cuenta las formas de vida de las especies vegetales asociadas a *O. velutina*. Dado que se encontraron 64 especies vegetales asociadas (22 árboles, 18 arbustos, 19 hierbas, 4 trepadoras y una epífita; Apéndice 1), se consideró el estado del hábitat como conservado, porque entre las especies asociadas a *O. velutina* hubo predominio de árboles y arbustos.

Además 20 (31%) de las 64 especies asociadas a *O. velutina* fueron suculentas, un indicio más de que el hábitat está conservado. Adicionalmente, el número de especies invasoras fue 7 (11%), lo que refuerza la propuesta de que el estado del hábitat está conservado.

De esta forma, proponemos que el estado del hábitat corresponde al valor 1 del criterio B del MER (propicio o poco limitante).

Éxito reproductivo

Aspectos fenológicos generales

De acuerdo con la revisión bibliográfica y las observaciones hechas en campo, los meses en que florece *O. velutina* son: febrero, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

Respecto a los meses de fructificación de *O. velutina*, de acuerdo con las observaciones en campo, los frutos maduros se encontraron durante el mes de mayo, en tres de las localidades visitadas. Es importante señalar que en los meses de febrero y septiembre, octubre, noviembre, diciembre los frutos se observaron inmaduros.

Cuadro 1. Meses de floración y fructificación de *O. velutina*

ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS	MESES DEL AÑO											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Flores		X							X	X	X	X
Frutos		X			X				X	X	X	X

Estructura de tamaños

En prácticamente todas las localidades estudiadas se encontraron individuos de *O. velutina* de todos los tamaños, desde plántulas hasta adultos, con predominio de individuos de la categoría de 1.5 a 3 m (Figura 4).

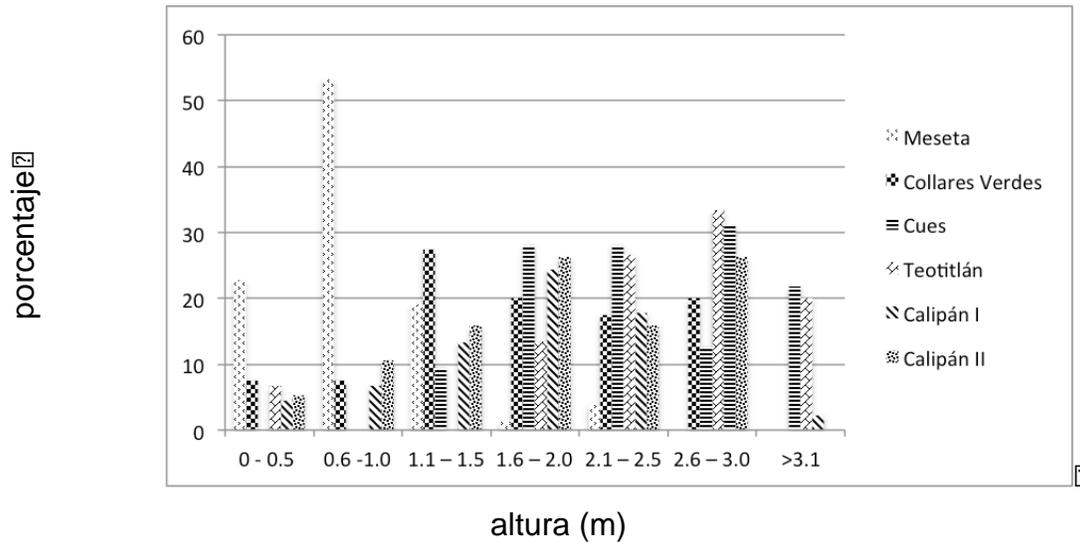


Figura 4. Estructura de tamaños de *O. velutina*.

Estructuras reproductivas

Se obtuvo el número de flores y de frutos por individuo de *O. velutina* para cada localidad (Cuadro 2); los datos mostraron que en la localidad de Collares verdes fue en la que *O. velutina* presentó el mayor número de flores, mientras que en la localidad de la Meseta de San Lorenzo presentó el mayor número de frutos por individuo. Los individuos de *O. velutina* de la localidad Coxcatlán II fueron los que presentaron el menor número tanto de flores como de frutos.

El número de flores y frutos para las localidades de Teotitlán y Los Cués no se registró debido a que éstas se visitaron sólo en una ocasión y los frutos ya estaban demasiado maduros y ya no había flores.

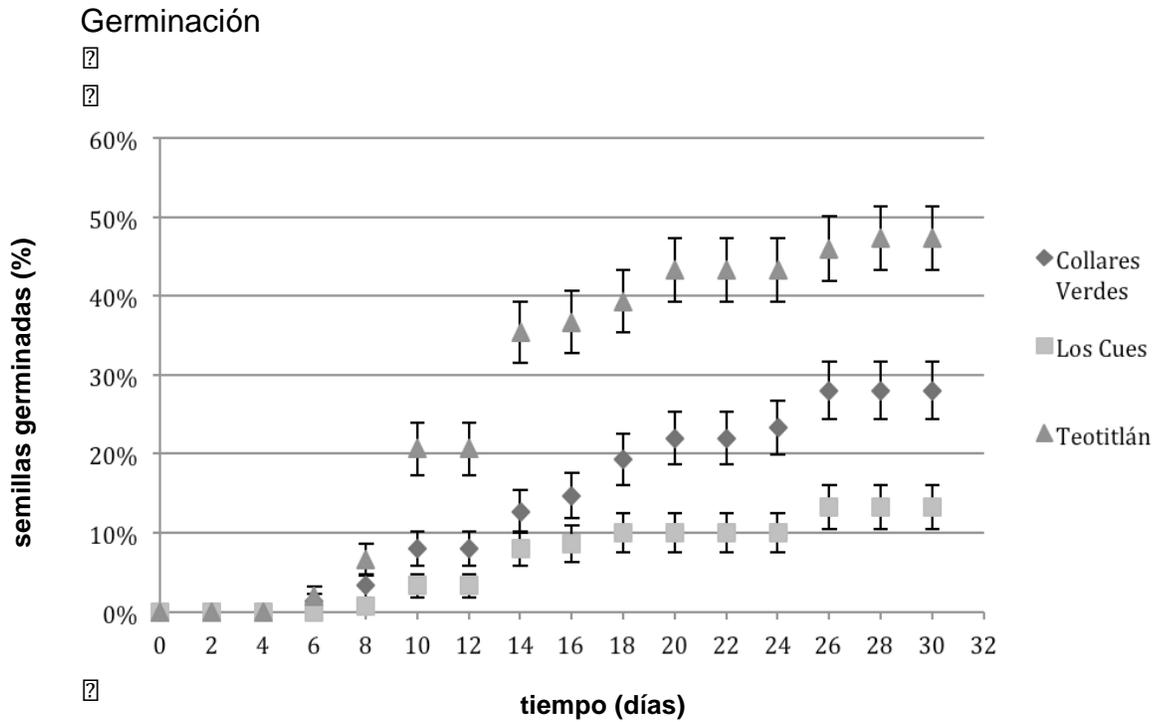


Figura 5. Semillas de *O. velutina* germinadas; acumulativo (sin ningún tratamiento)

La figura 5 muestra que el tiempo mínimo de incubación que permite germinar a las semillas es de 8-10 días; y que se requiere de aproximadamente 30 días para alcanzar el porcentaje máximo de semillas germinadas. La figura 6 muestra semillas de *O. velutina* germinadas. El porcentaje de germinación en la localidad de Collares Verdes es de 28%, el de Los Cués 14%, y el de Teotitlán 47%; en las demás localidades no se colectaron semillas.



Figura 6. Semillas de *O. velutina* en germinación.

Cuadro 2. Intervalos y valores numéricos establecidos para cada aspecto evaluado en la aplicación del criterio C del MER

Aspecto de la eficiencia reproductiva	Intervalos y valores numéricos asignados	Meseta de San Lorenzo	Collares Verdes	Los Cués	Teotitlán	Calipán I	Calipán II
Producción de flores	1 - 9 = 3 10 - 20 = 2 21 - 31 = 1	3	3	-	-	3	3
Producción de frutos	1 - 44 = 3 45 - 89 = 2 90 - 134 = 1	3	3	-	-	3	3
Producción de semillas	1 - 55 = 3 56 - 111 = 2 112 - 168 = 1	-	2	3	2	-	-
Porcentaje de germinación	0 - 33 = 3 34 - 67 = 2 68 - 100 = 1	-	3	3	2	-	-

Aplicación de los criterios C del MER

Con los resultados obtenidos para la vulnerabilidad biológica intrínseca, al realizar la sumatoria de los valores obtenidos a partir de las categorías propuestas, se obtuvo una puntuación total de 39 para la especie. Este valor se ubica en el intervalo propuesto de 24 - 47 puntos, lo que corresponde de acuerdo al criterio C del MER, a Vulnerabilidad biológica intrínseca media del taxón.

Evaluación del impacto de las actividades humanas sobre el taxón

Las observaciones realizadas en campo y la sobreposición en el SIG de los puntos de registro en la carta topográfica de INEGI 1:250,000, permitieron diferenciar las actividades humanas en cada una de las localidades analizadas y cuales de ellas están afectando el hábitat de la especie. Con base en actividades como la agricultura, la ganadería menor (caprino), así como la cercanía de las poblaciones de la especie a asentamientos humanos de distinto tamaño, y la cercanía con los distintos tipos de vías de comunicación (carreteras, autopistas, veredas, terracerías, etc.), se estableció una serie de categorías independientes entre sí, cada una con un valor numérico acumulativo, de acuerdo con su importancia/intensidad, las cuales permiten “cuantificar” los posibles impactos sobre las poblaciones y el hábitat de la especie.

A continuación se presenta una descripción breve de dichas actividades, y se muestran los valores obtenidos de acuerdo con las categorías y clases

asignadas por localidad (Cuadro 3).

Meseta de San Lorenzo. En esta localidad se documentó que hay un cerro donde extrae arena; y que los terrenos de cultivo están abandonados.

Collares Verdes. Se registró que se lleva a cabo agricultura de temporal, principalmente de maíz, así como pastoreo de cabras y chivos; mientras que en las localidades Calipán I y II practican el cultivo extensivo de caña, y hubo tiraderos de basura.

Los Cués y Teotitlán. Estas localidades están cercanas a la carretera federal 135.

Cuadro 3. Actividades humanas que se realizan en cada una de las poblaciones visitadas y valores asignados a cada una de ellas.

Localidades	Actividades relacionadas con labores humanas	Categoría y clase	Valor de la clase	Valor total que obtuvo la población
Meseta de San Lorenzo	pastoreo	II, clase b	1	4
	terracería	III, clase b	2	
	cultivo de maíz	I, clase a	1	
Collares Verdes	pastoreo	II, clase b	1	7
	cultivo de maíz y frijol	I, clase a	1	
	asentamientos humanos	IV, clase b	2	
	veredas	III, clase a	1	
	terracerías	III, clase b	2	
Los Cués	autopista	III, clase d	4	6
	asentamientos humanos	IV, clase b	2	
Teotitlán	autopista	III, clase d	4	4
Calipán I y II	pastoreo	II, clase b	1	11
	cultivos de caña	I, clase c	3	
	asentamientos humanos	IV, clase b	2	
	terracería	III, clase b	2	
	carretera	III, clase c	3	

Aplicación de los criterios D del MER

Con base en los resultados obtenidos para el estado del hábitat de *O. velutina*, en relación con el impacto de las actividades humanas sobre el taxón, al realizar la sumatoria de los valores obtenidos a partir de las categorías propuestas, se obtuvo una puntuación total de 32 para la especie. Este valor se ubica en el intervalo propuesto de 21 a 32 puntos, lo que corresponde, de acuerdo al criterio D del MER, a impacto medio.

SUMATORIA DE PUNTAJES

CRITERIO A = 2

B = 1

C = 2

D = 3

Total 8 puntos

El resultado del trabajo nos permite proponer que *Opuntia velutina* sea considerada como sujeta a protección especial (Pr).

Discusión

De acuerdo con los criterios del MER, una especie se considera de amplia distribución si está distribuida en 40% o más de la superficie del territorio nacional. El hecho de que alguna especie de *Opuntia* sea de amplia distribución no implica necesariamente que por ello se encuentre fuera de peligro, como lo están las especies de distribución restringida. Por ejemplo, los cladodios jóvenes/inmaduros de algunas especies de *Opuntia* son comestibles, por lo que las poblaciones locales pueden declinar, como se demostró para *Opuntia decumbes* (Arenas 2011).

En este trabajo se utilizó el MER para evaluar el estado de conservación de *O. velutina* en la RBTC; una especie que no puede ser considerada de amplia distribución (<40% del territorio nacional) y cuyos cladodios no son consumidos por el ser humano ni por los animales. Los resultados de este trabajo se suman a los pocos estudios hechos para miembros de la familia cactácea en los que se utiliza este método y contribuye con una evaluación de su estado de conservación en ese momento.

Los resultados nos permiten sugerir que *O. velutina* sea incluida en la categoría de protección especial (Pr). Sin embargo, esta propuesta constituye una hipótesis que debe reforzarse con estudios más completos, que incluyan todas las localidades que se encuentran en los diferentes estados de México en las que se distribuye *O. velutina*. Además se deberían parámetros del hábitat (altitud, pendiente, orientación del terreno, cobertura vegetal, especies vegetales

dominantes, pedregosidad, profundidad del suelo, etc.), para tener una información más completa de todos los aspectos que determinan el desarrollo de la especie.

Las cactáceas producen números muy variables de semillas por fruto; existen estudios en los que se encuentran números en el intervalo de 1-5 a >5000 (Rojas-Aréchiga & Vázquez-Yanes, 2000). El género *Opuntia* se reproduce vegetativamente, por lo que sus poblaciones naturales pueden ser clones genéticos, es decir que a partir de un cladodio que se desprende de un individuo crece otra planta; esto reduce la variabilidad genética de la población. Por esta razón para mantener su acervo genético dependen del reclutamiento sexual (Mandujano et al., 2005), de ahí la enorme importancia de la germinación de las semillas. La producción promedio de semillas por fruto de *O. velutina* fue de alrededor de 100, valor que se encuentra en el intervalo reportado por otros autores (Rojas-Aréchiga y Vázquez Yanes, 2000). El porcentaje total de germinación de las semillas fue alto (89%), aunque variable entre las localidades. Los distintos tratamientos empleados para escarificar las semillas no incrementaron los porcentajes de germinación (Apéndice 2).

Se ha descrito que el género *Opuntia* tiene dificultades en la germinación probablemente debidas a que las semillas presentan latencia primaria, falta de dispersores adecuados y testas duras que necesitan de algún tipo de escarificación como el de los tractos digestivos de las aves (Janzen, 1986; Mandujano et al., 1997).

Los porcentajes de germinación de las semillas de *Opuntia* son variables. En el siguiente cuadro se muestra que éstos fueron de 34% a 80% para distintos miembros de la subfamilia Opuntioideae que han sido reportados (Cuadro 4). Debido a que estas semillas tienen testas duras, los tratamientos a los que fueron sometidas para escarificarlas fueron muy variables, incluidos los tratamientos con ácido clorhídrico o sulfúrico o giberélico (Cuadro 4).

¹Cuadro 4. Porcentajes de germinación obtenidos con diferentes tratamientos de ácido giberélico para varias especies de la subfamilia Opuntioideae.

Especie	Tratamiento	Germinación (%)	Referencia
<i>Grusonia bradtiana</i>	Germinación en agar bacteriológico al 1 %	34.7	Plasencia, Mandujano y Rojas-Aréchiga datos enviados
<i>Opuntia phaeacantha</i> var. <i>discata</i> Engelm	Lavado por 16 h	70	Pilcher (1970)
<i>Opuntia lindheimeri</i> Engelm	Imbibición con agua por 9 h	45	Pilcher (1970)
<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck	Imbibición de las semillas en solución 0.012 M HCl por 15 min	82	Pendley (2001)
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck	Escarificación con ácido por 90 min + GA ₃ en 2gg ml ⁻¹ a 24°C	≈50	Olvera-Carrillo <i>et al.</i> (2003)
<i>Opuntia edwardsii</i> V.E. Grant & K.A. Grant	Escarificación con ácido concentrado H ₂ SO ₄ por 30 min a 20°C	22	Potter <i>et al.</i> (1984)
<i>Opuntia discata</i> Griffiths	Escarificación con ácido concentrado H ₂ SO ₄ por 45 min a 30°C	83	Potter <i>et al.</i> (1984)
<i>Opuntia lindheimeri</i> Engelm.	Escarificaron con ácido concentrado H ₂ SO ₄ por 30 min a 30°C	34	Potter <i>et al.</i> (1984)
<i>Opuntia phaeacantha</i> Engelm.	Lavado + remojo de las semillas en 0.012 M HCl por 30 min	70	Pendley (2001)
<i>Opuntia aurantiaca</i> Lind.	Remojo de las semillas a 50% de H ₂ SO ₄ por 15 min + ruptura de la cubierta y ruptura de la cubierta	43 y 72	Archibald (1939)
<i>Opuntia rastrera</i> Weber	Mecánico y ácido sulfúrico al 98% por 140 min	>40 y ≈50	Mandujano <i>et al.</i> (2005)
<i>Opuntia joconostle</i> Weber	Ruptura parcial de la cubierta + Imbibición en 40 ppm GA ₃ por 30 min y escarificación	80 y 80	Sánchez-Venegas (1997)

¹Tomado de Aguilar Dorantes et al., II Encuentro de Participación de la Mujer en la Ciencia.

El resultado del trabajo nos permite proponer que *O. velutina* sea considerada como sujeta a protección especial (Pr).

Sin embargo, esta propuesta debe considerarse como preliminar debido a que sólo se estudiaron localidades de la RBTC, no se tuvieron todos los parámetros para todas ellas y se utilizó solamente el MER 2001 y fue difícil aplicarlo en campo ya que en ocasiones, aunque se hagan los muestreos no se pueden obtener todos los datos que requiere el método. Un estudio que incluya más localidades del País, de las que se obtengan todos los parámetros y que se combine con el método de Martorell (Martorell y Edwards, 2005) permitiría obtener mayor información sobre el estado de conservación de *O. velutina*.

Bibliografía

Aguilar Dorantes, Karla Maria, Rojas-Aréchiga, Mariana, Mandujano Sánchez, María del Carmen y Golubov Figueroa, Jordan Kyrill. III Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia.

Arenas, N.M. 2011. Evaluación de conservación de *Opuntia decumbens* (Cactaceae) en la reserva de la biósfera de Tehuacán-Cuicatlán, México. Tesis de licenciatura, FES Iztacala, UNAM, México. 52 pp.

Arias, M.S. 1993. Cactáceas: conservación y diversidad en México. En: Gío-Argáez, R. López-Ochoterena, E. (Eds). Diversidad Biológica en México, México: Sociedad Mexicana de Historia Natural 109-116 pp.

Arias, S., U. Guzmán, M.C. Mandujano, M. Soto-Galván & J. Golubov. 2005. Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción. I. Cactáceas y suculentas mexicanas 50(4):100-125

Arias, S., Gama-López, S., Guzmán-Cruz, L.U., Vázquez-Benítez, B. 2012. Flora del Valle Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 95. CACTACEAE. 2ª ed. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.

Bravo-Hollis, H., 1978. Las cactáceas de México. Vol 1, 2ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.

Britton NL, Rose J.N. 1963 The Cactaceae, Vol 1. Dover, New York.

Caruso, M., Currò, S., Las Casas, G., La Malfa, F., Gentile, A. 2010. Microsatellite markers help to asses genetic diversity among *Opuntia ficus indica* cultivated genotypes and their relation with related species.

Dávila, A.P.D., Valiente-Banuet A., Villaseñor J.L., Casas A. y Lira R. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Biodiversity and Conservation* 11: 421-442

Esparza-Sandoval, S., 2010. Distribución geográfica del género *Opuntia* (Cactaceae) en México. Tesis de Maestría. Programa Multidisciplinario en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

ESRI, 2000. Arc View Explorer. New York: ESRI.

Gibson, A. C. & P. S. Nobel. 1986. *The cactus primer*. Harvard University, Boston, 180 p.

González, V. F. 2009. Evaluación de conservación de *Stenocactus crispatus* (Cactaceae) en la reserva de la biosfera Tehuacan Cuicatlán Puebla-Oaxaca. Tesis de licenciatura, FES Iztacala, UNAM, México. 49 pp.

González-Romero, A. V. 2010. Evaluación preliminar de conservación de *Mammillaria napina* (Cactaceae). Tesis de licenciatura, FES Iztacala, UNAM, México. 40 pp.

Gutiérrez, G. K. 2007. Evaluaciones preliminares de conservación: estudio de caso de *Ferocactus haematacanthus* (Salm-Dick) Bravo (Cactaceae) Tesis de licenciatura, FES Iztacala, UNAM, México. 63 pp.

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

Hernández, H.M. y Bárcenas R.T. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan desert: I. Distribution patterns. *Conservation Biology* 9: 1176-1188.

Hernández, H.M., Cházaro, M. & Gómez-Hinostrosa, C. 2013. *Opuntia velutina*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T151723A554221. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T151723A554221.en>. Downloaded on 13 January 2016.

<http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/puebla/Mpios/21156a.htm>

Tehuacan;

<http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/puebla/Mpios/21035a.htm>;

<http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/puebla/Mpios/21035a.htm>

Coxcatlan;

<http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/municipios/20206a.htm>

Los Cués;

<http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/municipios/20545a.htm>

Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca

Hunt, D. (Ed.). 1999 CITES *Cactaceae*, check list, second ed. Royal Botanical Gardens, Kew 315 pp.).

Janzen, D.H. 1986. Chihuahuan desert nopaleras: Defaunated big mammal vegetation. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17:595-636.

Mandujano, M.C., Golubov J. y Montaña C. 1997. Dormancy and endozoochorous dispersal of *Opuntia rastrera* in the southern Chihuahuan desert. *Journal of Arid Environments* 36: 259-266.

Mandujano, M.C., Montaña C. y Rojas-Aréchiga, M. 2005. Breaking seed dormancy in *Opuntia rastrera* from the Chihuahuan desert. *Journal of Arid Environments* 62: 15-21.

Martorell, C. y Peters, E.M. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects the threatened cactus *Mamillaria pectinifera*. *Biological Conservation* 124:199-207.

Conservation assessment tools extension for ArcView 3. x, version 1.2

J Moat - GIS Unit, Royal Botanic Gardens, Kew, 2007

Norma Oficial Mexicana, 2002. (NOM-059-Ecol-2001-2002). Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especie en riesgo. Diario Oficial de la Federación Segunda Sección (6 de marzo de 2002) México 1-81 pp.

Reyes A.J A. y. Aguirre J.R. 2006. Geographical distribution of *Opuntia* in Mexico. Proceedings of the 2006 International Cactus Pear Conference. University of the Free State, Bloemfontein, South Africa. p.18.

Rojas-Aréchiga, M. y Vázquez-Yanes C.. 2000. Cactus seed germination: a review. *Journal of Arid Environments* 44: 85–104.

The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 07 December 2014)

Valiente-Banuet, A. y Godínez-Alvarez H.. 2002. Population and community ecology. In: Nobel, P.S. (Ed.), *Cacti, Biology and Uses*. University of California Press, Los Angeles, pp. 76-91.

Wallace RS, Gibson AC (2002) Evolution and systematics. In: Nobel PS (ed) *Cacti: biology and uses*. University of California Press, Berkeley, pp 1–22

Apéndice 1

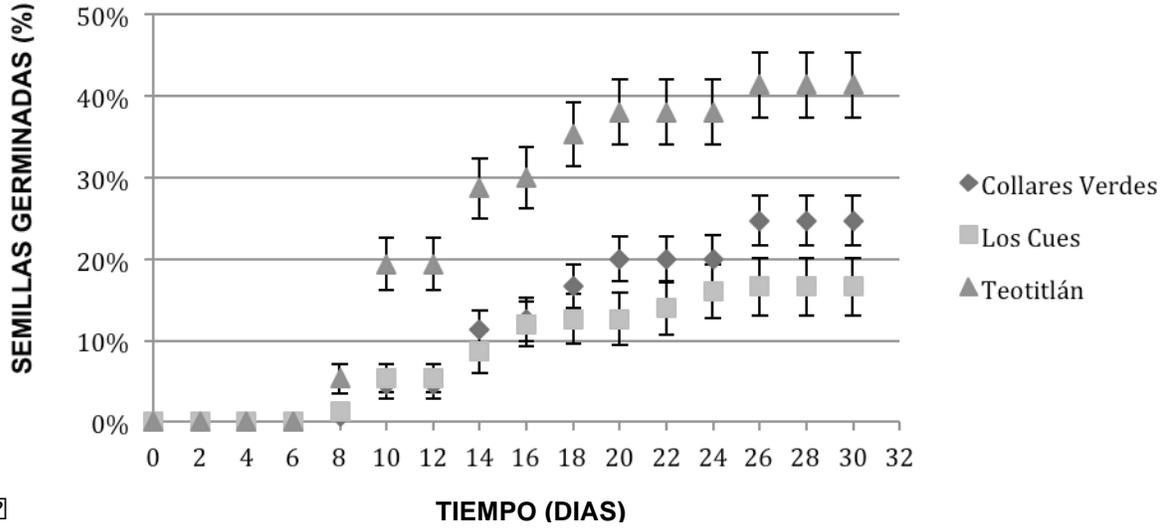
Especies asociadas	Meseta de San Lorenzo	Collares Verdes	Los Cués	Teotitán	Calipán I	Calipán II
<i>Acacia cochliacantha</i>		X	X		X	X
<i>Acacia constricta</i>	X				X	
<i>Agave salmiana</i>	X					
<i>Amaranthus hybridus</i>					X	
<i>Bouvardia longiflora</i>	X					
<i>Bursera áptera</i>		X				
<i>Bursera arida</i>	X	X				X
<i>Bursera biflora</i>	X					
<i>Bursera morelensis</i>		X				
<i>Cardiospermum halicacabum</i>					X	
<i>Gaudichaudia sp.</i>	X					
<i>Ceiba aesculifolia</i>		X	X	X	X	
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>					X	
<i>Cenchrus pringlei</i>					X	X
<i>Coryphantha calipensis</i>	X	X				
<i>Coryphantha palida</i>	X					
<i>Coursetia caribaea</i>					X	
<i>Coursetia seleri</i>					X	X
<i>Cucurbita pedata</i>	X					
<i>Cyrtocarpa procera</i>		X				
<i>Dalea zimapanica</i>	X					
<i>Desmodium glabrum</i>						X
<i>Doyerea emetocathartica</i>			X			X
<i>Escontria chiotilla</i>		X			X	X
<i>Ferocactus recurvus</i>	X	X				
<i>Ferocactus robustus</i>	X					
<i>Fouquieria formosa</i>	X					
<i>Galphimia glauca</i>			X	X		
<i>Gomphrena decumbens</i>					X	X
<i>Gymnosperma glutinosa</i>	X					
<i>Haechtia podantha</i>	X					
<i>Indigofera sp.</i>					X	
<i>Ipomea pauciflora</i>	X				X	X
<i>Ipomoea arborescens</i>	X					
<i>Malpighia galeottiana</i>	X					
<i>Mammillaria carnea</i>		X			X	X
<i>Mammillaria sphacelata</i>	X					
<i>Marginatocereus marginatus</i>	X					
<i>Melinis repens</i>	X					
<i>Mimosa depauperata</i>	X					
<i>Mimosa luisana</i>	X	X			X	X

<i>Mimosa polyantha</i>					X	X
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>		X				
<i>Opuntia decumbens</i>		X	X	X	X	X
<i>Opuntia pilifera</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Opuntia pubescens</i>		X				
<i>Opuntia tehuacana</i>					X	
<i>Pachycereus weberi</i>		X				
<i>Parkinsonia praecox</i>		X	X	X	X	X
<i>Parthenium tomentosum</i>	X					
<i>Polaskia chende</i>	X					
<i>Porophyllum macrocephalum</i>					X	X
<i>Prosopis laevigata</i>	X		X	X		
<i>Sanvitalia procumbens</i>					X	X
<i>Senna wislizenii</i>					X	X
<i>Cissus tuberosus</i>	X					
<i>Solanum rostratum</i>					X	
<i>Solanum tridynamum</i>						X
<i>Stenocereus pruinosus</i>			X	X	X	X
<i>Stenocereus stellatus</i>		X	X	X	X	X
<i>Tillandsia recurvata</i>					X	
<i>Triunffeta pyramidata</i>					X	
<i>Yucca periculosa</i>	X					
<i>Ziziphus amole</i>		X			X	

Apéndice 2

Porcentajes de germinación con los diferentes tratamientos para escarificar las semillas.

?



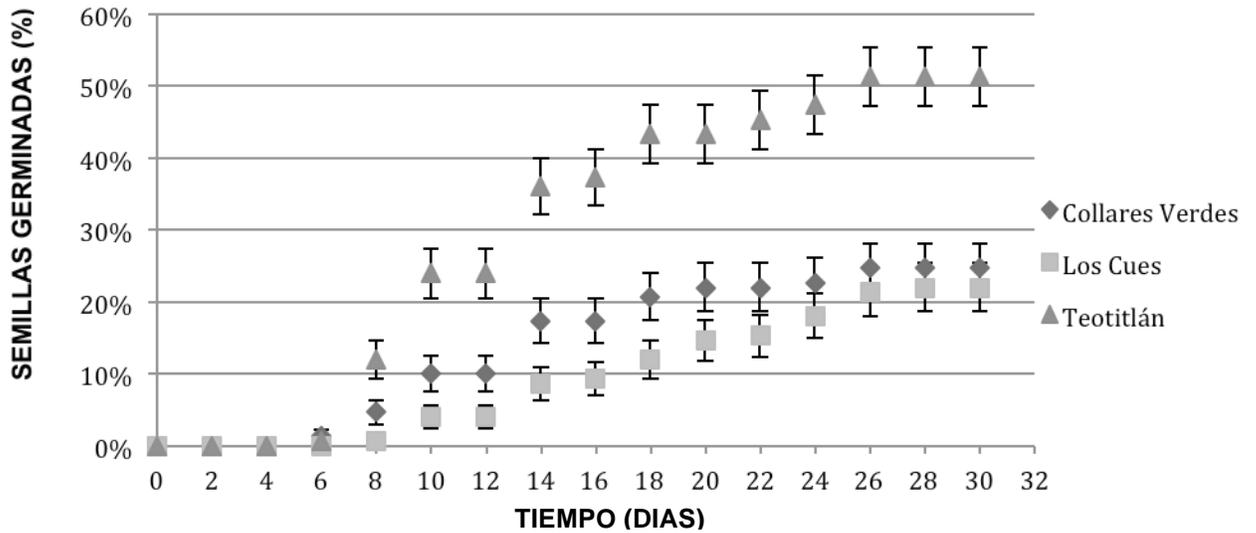
?

?

?

?

?



?

?

?

?

?

?

?

?

??

