

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXTINCIÓN DE *CARNEGIEA GIGANTEA* DE ACUERDO AL NUMERAL 5.7 DE LA NOM-059-SEMARNAT-2001

1. DATOS DEL RESPONSABLE DE LA PROPUESTA

Dr. Alberto Búrquez Montijo y M. en C. Enriquena Bustamante Ortega
Departamento de Ecología de la Biodiversidad (Unidad Hermosillo)
Instituto de Ecología Universidad Nacional Autónoma de México
Dirección: Apartado Postal 1354, Hermosillo, Sonora 83000, México, o Blvd. L. D. Colosio y Sahuaripa s/n, Hermosillo, Sonora 83250, México. Tel/Fax local: (662)213-9303, Tel Redunam: (55)5622-6537, FAX Redunam : (55)5622-6536
e-mail: montijo@servidor.unam.mx, ebustamante@ecologia.unam.mx

2. NOMBRE CIENTÍFICO

Carnegiea gigantea [Engelmann] Britton & Rose, descrito en: *Carnegiea* Britton & Rose. *Journal of the New York Botanical Garden* 9(107): 187-188, f. 32, pl. 48-52. 1908.

Basionimo

Originalmente fue descrito por Engelmann en 1848 como *Cereus giganteus*, y posteriormente fue transferido al género monotípico *Carnegiea* por Britton y Rose en 1908.

Sinónimos

- *Cereus giganteus* Engelmann en Emory Not. Milit. Recon. 159. 1848
- *Pilocereus engelmannii* Lemaire illust. Hort. 9: Misc. 97. 1862
- *Pilocereus giganteus* Rümpler en Förster, Hand. Cact. Ed. 2. 662. 1885

Nombre común

La palabra sahuaro deriva del vocablo Cahita “sahuo” que quiere decir órgano, cactus columnar (Sobarzo, 1991). El Cahita es una lengua hablada ampliamente en Sonora por los Yaqui y los Mayo de la cual se derivan muchos nombres regionales de lugares, plantas y animales. La palabra sahuaro tiene un gran número de variantes; desde sawuaro hasta saguaro pasando por zaguaro, zahuara, suaro, etc. Comparte la misma raíz con sahueso, la palabra que describe otra cactácea columnar de Sonora y Baja California llamada *Pachycereus pringlei*. La forma más utilizada en inglés es “saguaro”. Sin embargo, atendiendo la regla gramatical “Se escriben con h intermedia las palabras que presentan tres vocales contiguas, de las cuales la segunda y la tercera forman un diptongo con u inicial”, la forma correcta en Español debe de ser sahuaro.

Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Caryophyllales

Familia: Cactaceae

Subfamilia: Cactoideae

Tribu: Pachycereeae



3. MOTIVO DE LA PROPUESTA

La demanda de varas de sahuaro ha creado un importante mercado internacional, por lo cual los Estados Unidos de América han aprobado decretos estatales y federales que prohíben el comercio de sahuaros silvestres de ese país. Esto ha dado como resultado que las únicas poblaciones que se están comercializando actualmente sean las que se encuentran en el noroeste de México. Derivado de lo anterior, en México se ha permitido el aprovechamiento del sahuaro desde principios de los 90s, a través de permisos que expide la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través de la Delegación Federal en Sonora y la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS). Los productos de estos aprovechamientos han sido destinados al mercado internacional, en particular a los Estados Unidos, a donde se han exportado grandes cantidades de varas secas durante los últimos diez años. Tomando en consideración que la única fuente de varas de sahuaro proviene de las poblaciones naturales mexicanas, existe una preocupación de México como exportador y de los Estados Unidos, como principal importador, sobre la situación poblacional de esta especie. Esta preocupación ha sido expresada y discutida en varias reuniones del Comité de Flora de la CITES quien ha propuesto en dos ocasiones someter a la especie a un proceso de “comercio significativo” que puede derivar en una suspensión del comercio internacional. Existe evidencia de que su aprovechamiento no es sostenible. Esta información se basa principalmente en: 1) las bajas tasas de reclutamiento debido al carácter episódico de su regeneración, 2) el uso de individuos mayores de 6 m como fuente de varas comerciales que en algunos casos lleva a la mortalidad deliberada de individuos de estas clases de tamaño para su posterior aprovechamiento, y 3) la transformación del Desierto Sonorense por procesos antropogénicos derivados de las actividades agropecuarias, mineras y turísticas que ha afectado extensiones considerables de su ámbito de distribución.

4. MER

Criterio A

Amplitud de la distribución en México

Descripción de la distribución

El sahuaro, es una especie casi endémica del estado de Sonora en México y del estado de Arizona en los EUA. Una pequeña población se encuentra en el estado de California justo al cruzar la frontera entre Arizona y California. Existen también poblaciones en la Isla del Tiburón, una isla que se considera como parte de la plataforma costera de Sonora (Shreve, 1951, Turner *et al.*, 1995, Felger *et al.* 2001). Está confinado casi en su totalidad al Desierto Sonorense, ya que con excepción de algunas poblaciones aisladas en la base de la Sierra Madre Occidental y en el sur de Sonora, sus poblaciones se encuentran casi únicamente en las subdivisiones del Desierto Sonorense (Shreve, 1951): Costa Central del Golfo y Altiplano de Arizona. Ocupa típicamente comunidades desérticas entre el nivel del mar y los 1300 m de elevación.

Método de construcción del mapa y evaluación del tamaño relativo de la distribución

Si se considera su ámbito de distribución (basado en el mapa de Turner *et al.*, 1995) como un polígono continuo probablemente sus poblaciones ocupan menos de 100,000 km², (aproximadamente 5% de la superficie de México). Al tomar en cuenta lo extremadamente parchado de los rodales de sahuaro en condiciones naturales y las discontinuidades en la distribución, la superficie con individuos de sahuaro es mucho menor, probablemente menor a 50,000 km². Por esta razón su distribución podría calificarse como muy restringida ya que ésta área representa menos del 2.5% del territorio nacional (**MER=4**). La Figura 1 muestra el mapa de distribución basado en la información de Turner *et al.* (1995). Dicho mapa fue generado con información de ejemplares de herbario, notas de campo de numeroso viajes por localidades del Desierto Sonorense y sus alrededores y

comprende observaciones de mas de 30 años de los autores del Atlas de plantas del Desierto Sonorense antes citado.

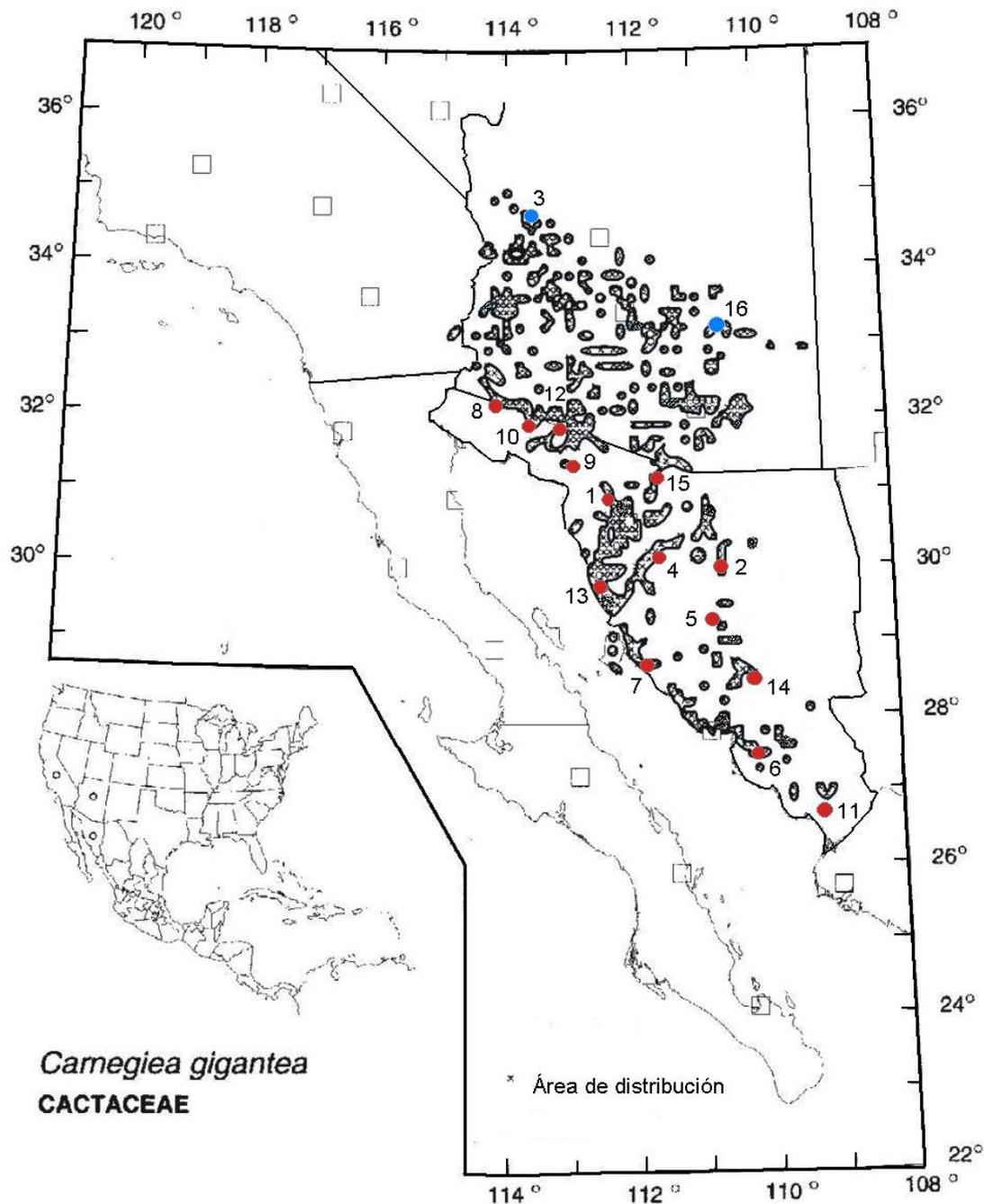


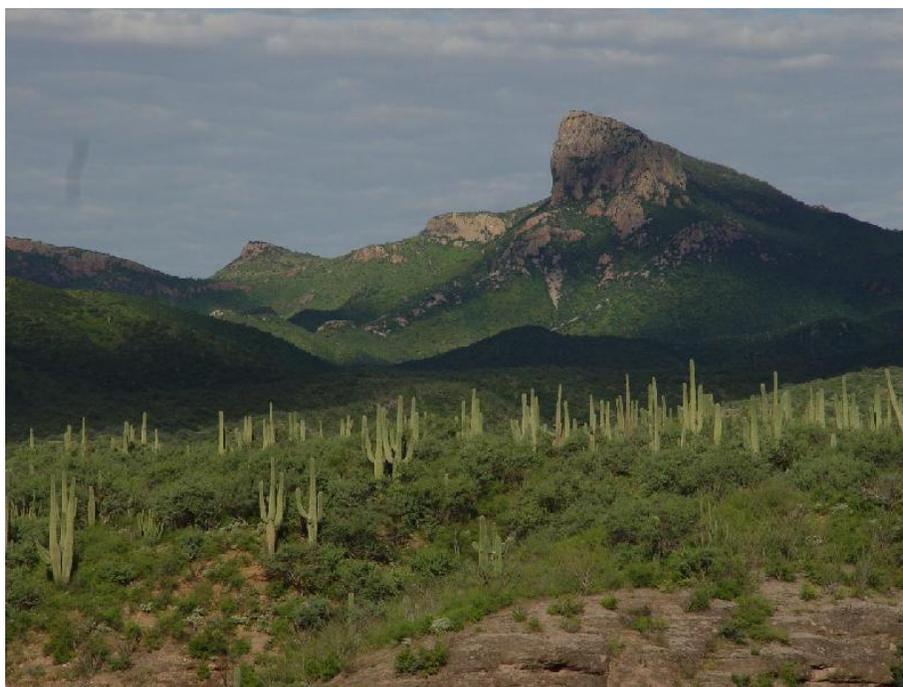
Figura 1. Distribución del sahuaro en el noroeste de México y sudoeste de los EU, de acuerdo con Turner *et al.* (1995). Resolución del mapa indeterminada pero menor de 10 minutos de arco. Los círculos y números adyacentes indican las 16 poblaciones estudiadas con apoyo de CONABIO proyecto ES008. 1) Caborca, 2) Cucurpe, 3) Date Creek Ranch, 4) El Dipo, 5) El Orégano, 6) Las Guásimas, 7) Bahía Kino, 8) La Joyita *, 9) La Primavera, 10) Cráter MacDougal *, 11) Masiaca †, 12) Los Vidrios *, 13) Rancho Lobos, 14) San Marcial, 15) Sáric, 16) Winkelman. * = Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, † = Comunidades Indígenas.

Criterio B

Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón

Antecedentes (tipo de hábitat donde se desarrolla el sahuaro)

Al ser una planta típica del Desierto Sonorense, se le encuentra comúnmente en climas BS y BW. En el desierto crece en diversos hábitats desde márgenes de arroyos hasta laderas muy inclinadas y planicies. Típicamente se le encuentra en el matorral desértico, aunque en situaciones especiales puede prosperar en sitios muy rocosos del matorral del piedemonte, en pastizales y en bosques abiertos de encinos (Turner *et al.*, 1995, Felger *et al.*, 2001). Sólo alcanza densidades apreciables en el matorral desértico, especialmente en las subdivisiones del Desierto Sonorense (Shreve, 1951): Costa Central del Golfo y Altiplano de Arizona, aunque localmente puede hacerse presente en la subdivisión Planicies de Sonora, especialmente en cerros con laderas pronunciadas.



Población floreciente de sahuaros en Cucurpe, Sonora, México

Estado actual del hábitat

En Sonora, la transformación de la tierra, un fenómeno estrechamente ligado con el uso del agua, comenzó por un lado con el desarrollo acelerado de la agricultura y por otro con la expansión de la ganadería. La agricultura, tradicionalmente confinada a la explotación de las vegas de los ríos y porciones pequeñas de los deltas, se expandió enormemente con el descubrimiento de los acuíferos en las planicies del desierto y la construcción de presas y redes centralizadas de distribución de agua. Éstas permitieron la incorporación agrícola de los fértiles deltas llamados localmente valles (Camou y Pérez, 1991, Baroni, 1991). La explotación ganadera extensiva en terrenos desérticos con bajos índices de agostadero se incrementó de manera insospechada con la introducción de pastos africanos muy resistentes a la sequía. Estos pastos han reemplazado paulatinamente grandes porciones del desierto arborescente biológicamente muy productivo (Yetman y Búrquez, 1994) y han introducido una dinámica de pasto fuego que ha afectado notablemente la estructura de las comunidades del Desierto Sonorense (Búrquez y Martínez-Yrizar, 1997, Búrquez *et al.*, 1999, Stoleson *et al.*, 2005, Búrquez y Martínez-Yrizar, 2006).

Análisis diagnóstico del estado actual del hábitat

Dada la extensiva explotación de la porción mexicana del Desierto Sonorense con propósitos pecuarios, la extracción de notables cantidades de madera en rollo para la producción de carbón y el acelerado desarrollo minero de Sonora, el estado del hábitat de regeneración del sahuaro podría clasificarse como de carácter intermedio (limitante: **MER=2**).

Criterio C

Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón

Antecedentes (Historia de vida del taxón)

El sahuaro es parte de un grupo muy amplio de cactáceas tropicales y subtropicales, las cuales alcanzan formas columnares masivas (Turner, *et al.*,

1995). El sahuaro puede alcanzar más de 16 m de altura y vivir de 150 a 175 años, tiene un tallo principal que fácilmente pasa los 40 cm de diámetro, al cual, con el paso de los años se le pueden añadir desde 1 hasta varias ramificaciones laterales, ramificándose generalmente entre 2 y 3 m después de la base. Las ramificaciones alcanzan un diámetro de 30 a 65 cm. Tanto el tallo principal como las ramificaciones, tienen de 12 a 25 costillas verticales, y numerosas aréolas. Las aréolas albergan alrededor de 15 a 30 espinas que se separan en centrales y radiales, éstas tienen una longitud promedio de 3.8 cm, la coloración de las espinas va de café claro a negras. Las flores crecen individualmente en la parte superior de las aréolas, en el ápice del tallo principal y de las ramificaciones, son cilíndricas en forma de tubo, en embudo o acampanadas, de 10 a 12 cm de longitud y de 5 a 8 cm de diámetro, son nocturnas, hermafroditas y su coloración va de blanco a crema en el interior y en el exterior son verdes. El fruto es de color rojo a púrpura de 6 a 10 cm de longitud, y contiene numerosas semillas que tienen un diámetro medio de 0.75 mm (Shreve, 1951, Turner *et al.*, 1995, Felger *et al.*, 2001).

Carnegiea gigantea tiene una distribución más grande que muchas especies de cactáceas columnares, ya que se encuentra en casi todo el Desierto Sonorense en los Estados de Sonora, Arizona y en una pequeña porción del sur de California (Turner, *et al.*, 1995). En su ámbito de distribución, se traslapa con otras cinco especies de cactáceas columnares cercanamente relacionadas y muy similares ecológicamente: *Pachycereus pecten-aboriginum*, *P. pringlei*, *P. schottii*, *Stenocereus alamosensis* y *S. thurberi* (Turner *et al.*, 1995).

Las bajas temperaturas y las heladas recurrentes limitan a *C. gigantea* hacia el norte y noroeste de su distribución, en las inmediaciones de Phoenix, Arizona y en el suroeste de California (EUA). Hacia el este está limitado por la presencia de la Sierra Madre Occidental, hacia el oeste por el Golfo de California. Los factores limitantes en el sur, no son aún definidos, pero se cree que es por la mayor precipitación veraniega y la competencia ocasionada por especies de clima tropical (Turner *et al.*, 1995).

La variabilidad climática y los factores bióticos, están fuertemente relacionados a la dinámica poblacional de especies de plantas desérticas, ya que afectan la abundancia y los procesos biológicos de las especies, como la estructura de edades y la delimitación de su distribución (Kleidon *et al.* 2000; Harper, 1977; Brum, 1973; Steenbergh y Lowe, 1977; Parker, 1993; Pierson y Turner, 1998)

Desde los trabajos de Shreve (1910), a principios del siglo XX, se sabe que la distribución del sahuaro está fuertemente afectada por las bajas temperaturas que limitan su distribución latitudinal hacia el norte (Gibson y Nobel, 1986; Nobel, 1978, 2002; Turner *et al.* 1995). Sin embargo, factores como la intensidad y distribución de las lluvias, las propiedades del suelo, la disponibilidad de plantas nodrizas y el pastoreo, pueden también afectar la abundancia local y la dinámica de poblaciones del sahuaro y otras cactáceas columnares (Sosa y Fleming, 2002; Godínez-Álvarez *et al.*, 2002; Steenbergh y Lowe, 1977).

El sahuaro, está adaptado a la sequía y es intolerante a las heladas y a la precipitación excesiva. En su límite norte de distribución crece principalmente en suelos gravosos y en las laderas rocosas con orientación sur. Ocurre en menor frecuencia en laderas con orientación norte. Más hacia el sur es muy abundante en los extensos valles del desierto, aunque también se le ha encontrado en suelos aluviales pobremente aireados (Steenbergh y Lowe 1977; Turner *et al.* 1995).

La reproducción del sahuaro ocurre en los días cálidos previos al verano, (abril-julio), en estos meses, brotan y se desarrollan los botones florales para dar paso a la formación y maduración de los frutos (Steenbergh y Lowe, 1977). Los frutos maduros pesan alrededor de 50 g y cada uno contiene aproximadamente 2250 semillas. Steenbergh y Lowe (1977), obtuvieron bajo condiciones naturales en Saguaro National Monument en Tucson Arizona, un éxito de más del 60% en la germinación de semillas bajo condiciones controladas, la viabilidad de semillas alcanzó un éxito cercano al 100%. Los animales juegan un papel muy importante en el rol de dispersión y transporte de las semillas a lugares convenientes para la germinación y el establecimiento de las semillas. Los frutos maduros y secos son

un alimento muy atractivo durante el verano para muchos mamíferos, aves e insectos. (Steenbergh y Lowe, 1977).

De las miles de plántulas de sahuaros que emergen cada verano, la gran mayoría muere durante el transcurso del primer año (Steenbergh y Lowe, 1977). De los pocos individuos que sobreviven, algunos son encontrados entre rocas y pendientes pronunciadas, el resto de las plántulas se encuentran bajo la sombra y protección de plantas nodrizas, las cuales ofrecen un microhábitat adecuado para su desarrollo (Franco y Nobel, 1989; Steenbergh y Lowe, 1977; Turner *et al.*, 1966).

Las poblaciones de sahuaro se encuentran muy vulnerables en estos primeros estadios, por lo que hay una gran mortalidad, tanta que en la mayoría de los años no sobrevive ni una sola de los millones de plántulas. Con esta severa mortalidad inicial, las poblaciones de sahuaro, al igual que muchas otras poblaciones de cactáceas, presentan generalmente curvas de sobrevivencia tipo III (Steenbergh y Lowe, 1969). De acuerdo a Hastings y Alcorn, (1961), y posteriormente a Steenbergh y Lowe (1969, 1977, 1983), la edad reproductiva de los sahuaros se alcanza cuando estos miden entre 2.00 y 2.49 m, y tienen una edad entre 31 y 36 años. En esta etapa es cuando presentan su tasa máxima de crecimiento (Hastings y Alcorn, 1961). Conforme crecen y se reproducen, se da una disminución de la tasa de crecimiento en altura ya que una importante parte de la energía que antes se dedicaba al crecimiento (hasta un 50%) se asigna a eventos reproductivos (Steenbergh y Lowe, 1969, 1977).

Carnegiea gigantea puede vivir mas de 175 años y alcanzar una altura de mas de 15 m. La mortalidad de individuos maduros en condiciones de vida normales, es estimada en 0.7 por ciento al año. Las muertes por lo general son causadas por vientos fuertes, los cuales quiebran o tumban a los individuos, por la erosión hídrica que deja al descubierto las raíces, por heladas recurrentes y por necrosis bacteriana (Boyle, 1949; Hastings y Alcorn, 1961; Steenberg y Lowe, 1977).

La producción de flores parece estar controlada por la llegada de las temperaturas cálidas de la primavera y por el incremento del fotoperiodo (Johnson,

1924). El número de semillas y frutos producidos, incrementa con el crecimiento anual de la planta (Steenbergh y Lowe, 1977). Cuando las semillas se encuentran maduras llegan al suelo, muchas de estas encuentran un sitio adecuado para establecerse y otras son consumidas por la gran variedad de mamíferos, roedores, aves e insectos que habitan el desierto. Muchos animales juegan un papel importante en la dispersión de semillas de las plantas desérticas (Gilman, 1915). La depredación de semillas, también afecta la dinámica poblacional, ya que puede reducir el éxito de la dispersión y establecimiento de nuevos individuos (Reichman, 1979; Wolf y Martínez del Río, 2000; Wolf *et al.* 2002; Davidson *et al.*, 1985). Las semillas de *C. gigantea*, solo germinan en verano, en los meses de julio y agosto durante las lluvias de verano cuando la temperatura mínima del aire es mayor que 20°C (Bowers, 1994). Al igual que muchas especies de ambientes áridos, el reclutamiento es episódico, asociado principalmente con el régimen de lluvias y temperaturas (ver por ejemplo: Brum, 1973; Steenbergh y Lowe, 1977; Jordan y Nobel, 1982; Parker, 1993; Pierson y Turner, 1998), por lo que el proceso de establecimiento y germinación, dependen de un corto periodo en los que coinciden altos niveles de humedad, temperatura y radiación solar (Steenbergh y Lowe, 1977; Gibson y Nobel, 1986; Turner *et al.* 1995). Además, está bien demostrado que dependen de la presencia de plantas nodrizas o de rocas que ofrecen un microhábitat adecuado para la germinación y establecimiento (Turner *et al.*, 1966; Steenbergh y Lowe, 1977; Franco y Nobel, 1989). En *C. gigantea* las poblaciones sufren ciclos de abundancia y escasez que hacen que sus poblaciones cambien en abundancia relativa con las fases arbustivas –nodrizas, que facilitan su establecimiento (Shreve 1910; Niering *et al.*, 1963; Steenbergh y Lowe 1977, 1983; Valiente y Ezcurra, 1991). Es preocupante la conclusión a la que llegaron Turner *et al.* (2003) al respecto de la estabilidad y persistencia de las poblaciones. Con base en el seguimiento de poblaciones por más de 100 años, encontraron que el sahuaro es la única, de un numeroso conjunto de plantas leñosas estudiadas, que ha decrecido considerablemente. Estos autores dicen que “La reducción numérica vista en nuestras fotografías (en muchas), es aparentemente, no un fenómeno local sino una reacción a alguna influencia

regional, que si continúa, puede reducir la prominencia del sahuaro a lo largo de la parte norte de su ámbito de distribución”.



Reclutamiento de sahuaro en Cucurpe, Sonora, México

Análisis diagnóstico del estado actual de la especie y descripción de cómo se obtuvo dicha diagnosis

El sahuaro es una especie de larga vida que presenta poblaciones sumamente agregadas con amplias áreas sin individuos de esta especie. En 16 poblaciones distribuidas a lo largo de su distribución (Figura 1), la densidad de poblaciones reconocidas como las más densas localmente oscila entre 5 y 220 ind ha⁻¹ (Búrquez *et al.*, 2008). La densidad poblacional, conjuntamente con los patrones de distribución fuertemente agregados de los individuos y la baja densidad de individuos reproductivos es indicativa del precario equilibrio en el que se encuentran muchas de las poblaciones estudiadas. Como Silvertown *et al.* (1993) indican, este es un claro ejemplo de poblaciones por debajo de su límite de regeneración.

De cada una de las 16 poblaciones mencionadas anteriormente, se obtuvieron las alturas de cada uno de los individuos de *C. gigantea*. Una vez obtenidas las alturas de cada uno de los individuos, se utilizó el modelo de crecimiento desarrollado por Steenbergh y Lowe (1983) para una población de

sahuaros en el Sahuaro National Monument East para aplicarlo a cada una de las poblaciones muestreadas y así obtener la edad de los individuos. La distribución de clases de tamaño y/o edad, no sigue en ninguna población una estructura estable. El reclutamiento tiene una clara componente episódica con numerosos picos con una frecuencia sumamente variable: desde menos de 6 hasta más de 12 años en promedio entre los eventos de reclutamiento. Aunado al escasísimo reclutamiento detectado y la extensa fragmentación del hábitat, la existencia de ganadería intensiva y extensiva en toda su distribución son también indicadores de que esta especie está en un precario estado de equilibrio.

Aunque actualmente existen probablemente cientos de miles de individuos, las presiones sobre los polinizadores migratorios necesarios para su reproducción, el cambio climático global y la dependencia de esta especie de las lluvias de invierno y de verano para su crecimiento y establecimiento representan puntos del ciclo de vida sumamente delicados que indudablemente pueden afectar la permanencia de la especie aún en condiciones naturales donde se excluya la intervención humana.

El informe técnico elaborado por Búrquez y colaboradores (2008) sobre la distribución, estructura poblacional y utilización del sahuaro actualmente en México (CONABIO ES008) muestra a detalle la metodología utilizada para hacer el diagnóstico del estado de esta especie.

Evaluación de qué factores lo hacen intrínsecamente vulnerable

El sahuaro presenta una marcada dependencia de las plantas nodrizas para su reclutamiento. Estas plantas son utilizadas extensivamente para producir carbón vegetal y el efecto de su disminución puede afectar negativamente el establecimiento de plántulas aún en los escasos años donde las condiciones son adecuadas.

El reclutamiento en si mismo se cataloga como episódico y presenta una alta mortalidad en las fases de plántula. Las tasas de crecimiento son muy bajas, y por ser una planta xenógama presenta una notable dependencia con sus polinizadores. Sin embargo, una vez que los individuos se establecen son

tolerantes a distintas condiciones climáticas y edáficas y pueden persistir y reproducirse por décadas. Un peligro importante lo representa la proliferación de pastizales de zacate buffel que al quemarse pueden extirpar localmente poblaciones enteras. Actualmente presentan poblacionales grandes y exceptuando la colecta de sus varas para el comercio internacional no son cosechadas. La vulnerabilidad biológica intrínseca actual del sahuaro es probablemente de carácter intermedio (**MER=2**).



Patrón agregado de las poblaciones de sahuaro. Cráter MacDougal, Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar

Criterio D

Impacto de la actividad humana sobre el taxón

Factores de riesgo reales y potenciales con la importancia relativa de cada uno de ellos

Las poblaciones de sahuaro enfrentan por un lado las limitantes ecológicas que impone el ambiente donde evolucionó esta especie. Estas consisten en: 1) una

dependencia de las plantas nodrizas para su reclutamiento (que están bajo presión humana al cosecharlas extensivamente para la producción de carbón), 2) el carácter episódico del reclutamiento (sólo se presenta reclutamiento en uno de cada 6-40 años), 3) la escasa resistencia de las plántulas al pisoteo de ganado (todo el ámbito de distribución de la especie tiene variadas densidades de ganado vacuno), 4) la introducción de especies de pastos exóticos, principalmente zacate buffel (*Pennisetum ciliare*) que introducen una dinámica cíclica de pasto-fuego que erradica muchas especies del desierto, y a la cual son especialmente susceptibles las cactáceas, y 5) la demanda de varas de sahuaro en el mercado internacional que en algunos casos ha llevado a la extracción selectiva de los individuos grandes para su posterior aprovechamiento (además de la remoción de los esqueletos secos que son recursos del hábitat para muchas especies del desierto).



Aprovechamiento de sahuaro para varas de exportación. Los Vidrios, Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar

Análisis pronóstico de la especie

La extracción de vara para su exportación bajo permisos CITES representa el impacto negativo más reciente sobre las poblaciones de sahuaro. Numerosas publicaciones y los resultados del proyecto CONABIO ES008 indican que las poblaciones de sahuaro están tenuemente balanceadas en términos de historia de vida y que se están explotando de una manera que se afecta tanto la sobrevivencia como la fecundidad de las plantas. Estos procesos han llevado a un decremento en las poblaciones que imperceptiblemente están contrayéndose. Aunque actualmente el número de individuos y la continuidad de las poblaciones es grande, es probable que de continuar los efectos de impacto antropogénico, los efectos en la fecundidad por la extracción de individuos grandes, y en la sobrevivencia por la interferencia con el reclutamiento, podrían tener efectos muy importantes en la estructura de edades y la persistencia de algunas poblaciones. Este efecto es particularmente preocupante al considerar que los fenómenos de cambio climático global pueden afectar de manera negativa tanto el reclutamiento como la reproducción de esta especie.

Evaluación del impacto

Dada la variedad de impactos antropogénicos a esta sección se le asignó un valor de impacto medio (**MER=3**).



Sahuaro "cinchado" para su posterior aprovechamiento en Rancho Lobos, Sonora

Valor asignado total del MER (la suma de los valores de los criterios A + B + C + D)

A = 4, B = 2, C = 2 y D = 3. Total = 11. La puntuación de 11 sitúa al sahuaro (*Carnegiea gigantea*) en la categoría de amenazada y se propone su inclusión en la NOM-059- SEMARNAT-2001.

5. RELEVANCIA DE LA ESPECIE

Los sahuaros son elementos clave de los ecosistemas del Desierto Sonorense pues proveen de recursos florales y frutos que mantienen una compleja red de interacciones que incluyen murciélagos, aves e insectos que hacen uso del néctar, polen y frutos como alimento (Steenberg y Lowe ,1977; Schmidt y Buchmann, 1986; Fleming *et al.*, 1996, 2001; Wolf y Martínez, 2000). También sirven de refugio a muchos animales que hacen uso de su sombra y sus ramas para anidar (McAuliffe, 1988; Godínez-Alvarez y Valiente-Banuet, 2000; Godínez-Alvarez *et al.*, 2002) y proveen a las comunidades humanas de recursos de subsistencia que complementan la dieta durante la época de fructificación y son esenciales en la provisión de materiales de construcción en áreas donde los recursos forestales son escasos (Pimienta Barrios y Nobel, 1995; Casas *et al.*, 1997; Yetman y Van Devender, 2002; Casas *et al.*, 2007; Yetman, 2007). También son importantes en términos económicos y representan una base importante en la cultura de los grupos indígenas del desierto, donde son y han sido utilizados de diferentes maneras, ya sea en juegos, en medicina, en construcción o como alimento, destacandose entre estas actividades la colecta anual de sus frutos y la utilización de las costillas leñosas de los sahuaros secos para la construcción de casas y muebles (Bravo-Hollis, 1978; Felger y Moser, 1985; Yetman, 1998; Casas *et al.*, 1999, 2001; Yetman y van Devender, 2002).

6. PROPUESTA GENERAL DE MEDIDAS DE SEGUIMIENTO (RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE)

Debido a las diferencias morfológicas entre las distintas poblaciones, al precario equilibrio poblacional, y a las crecientes demandas de impacto por actividades

antropogénicas, es recomendable que se elabore un programa de conservación para la preservación de poblaciones en distintas áreas geográficas. Esto es especialmente cierto a la luz de la información generada por los estudios de largo plazo de Turner *et al.* (2003) que apuntan a una reducción paulatina de las poblaciones de esta especie, aún en condiciones completamente naturales y sin impacto antropogénico. También debería realizarse un estudio sobre la variabilidad y estructura genética poblacional que en conjunto con la información fenotípica, nos permitiera conocer mejor el grado de aislamiento y diferenciación de las poblaciones, para hacer una mejor selección de los sitios prioritarios para su conservación.

7. REFERENCIAS

- Baroni, A. B. 1991. Agricultura, ganadería y sociedad en la cuenca media del río Sonora de 1900 a 1950, en Camou, E. (ed.), Potreros, vegas y mabuechis: Sociedad y ganadería en la Sierra Sonorense, Secretaría de Fomento Educativo y Cultura. Instituto Sonorense de Cultura, Hermosillo, pp. 63-119.
- Bowers, J. E. 1994. Natural conditions for seedling emergence of three woody plants in the northern Sonoran Desert. *Madroño*, 41:73-84.
- Bravo-Hollis, H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. I. UNAM. México, D. F.
- Boyle, A. M. 1949. Further studies of the bacterial necrosis of the giant cactus. *Phytopathology*, 39(12):1029-1052.
- Brum, G. D. 1973. Ecology of the saguaro (*Carnegiea gigantea*): Phenology and establishment in marginal populations. *Madroño*, 22:195–204.
- Búrquez, A., E. Bustamante, B. González Grijalva y D. Duarte Rodríguez. 2008. Distribución, estructura poblacional y utilización del sahuaro (*Carnegiea gigantea* (Engelm.) Britt. & Rose) en México. Informe CONABIO ES008.
- Búrquez, A. y A. Martínez-Yrizar. 1997. Conservation and land use in Sonora. *Journal of the Southwest*, 39: 371-398.
- Búrquez, A., A. Martínez-Yrizar, R. Felger y D. Yetman. 1999. Vegetation and habitat diversity at the southern edge of the Sonoran Desert. Pp. 36-67 en

- Robichaux, R.H. (Ed.). *Ecology of Sonoran Desert Plants and Plant Communities*. University of Arizona Press, Tucson.
- Búrquez, A. y A. Martínez-Yrizar. 2006. Conservation and Landscape Transformation northwestern Mexico: Status and future of biological reserves. Pp. 465-475 en Felger, R. S y B. Broyles (eds). *Dry Borders: Great Natural Areas of the Gran Desierto and Upper Gulf of California*. University of Utah Press.
- Camou, E. y Pérez, E. P. 1991. Una modernización tardía, los ejidatarios de la región centro-oriente de Sonora, en Camou, E. (ed.), *Potrerros, vegas y mabuechis: Sociedad y ganadería en la Sierra Sonorense*, Secretaría de Fomento Educativo y Cultura. Instituto Sonorense de Cultura, Hermosillo, pp. 21-60.
- Casas, A., B. Pickersgill, J. Caballero y A. Valiente-Banuet. 1997. Ethnobotany and domestication in Xoconochtlí, *Stenocereus stellatus* (Cactaceae), in the Tehuacán Valley and La Mixteca Baja, Mexico. *Economic Botany*, 51(3): 279-292.
- Casas, A., J. Caballero y A. Valiente-Banuet. 1999. Use, management and domestication of columnar cacti south-central Mexico: a Historical perspective. *Journal of Ethnobiology*, 19(1): 71-95.
- Casas, A., A. Valiente-Banuet y J. Caballero. 2001. Evolutionary trends in columnar cacti under domestication in south-central Mexico. Pp. 137-163 en Fleming, T. H. y A. Valiente-Banuet (eds.). *Columnar cacti and their mutualistic: evolution, ecology and conservation*. University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- Casas, A., A. Otero-Arnaiz, E. Pérez-Negón y A. Valiente-Banuet. 2007. In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of Botany*, 100: 1101–1115.
- Davidson D.W., D. A. Samson y R. S. Inouye. 1985. Granivory in the Chihuahuan Desert: interactions within and between trophic levels. *Ecology*, 66: 486–502.
- Felger, R.S., M. B Johnson y M. F. Wilson. 2001. *The Trees of Sonora, Mexico*. Oxford University Press. Oxford.

- Felger, R. S. y M. B. Moser. 1985. *People of the Desert and Sea. Ethnobotany of the Seri Indians*. University of Arizona Press. Tucson AZ.
- Fleming, T. H., M. D. Tuttle y M. A. Horner. 1996. Pollination biology and the relative importance of nocturnal and diurnal pollinators in three species of Sonoran Desert columnar cacti. *The Southwestern naturalist*, 41(83): 257-269.
- Fleming, T. H., C. T. Sahley, J. N. Holland, J. D. Nason y J. L. Hamrick. 2001. Sonoran desert columnar cacti and the evolution of generalized pollination systems. *Ecological Monographs*, 71(4): 511-530.
- Franco, A. C. y P. S. Nobel. 1989. Effect of nurse plants on the microhabitat and growth of cacti. *Journal of Ecology*, 77(3): 870-886.
- Gibson, A. C. y P. S. Nobel. 1986. *The cactus Primer*. Harvard University Press. Cambridge.
- Gilman, M.F. 1915. Woodpeckers of the Arizona lowlands. *Condor*, 17:151-163.
- Godínez-Álvarez, H. y A. Valiente-Banuet. 2000. Fruit-feeding behavior of the bats *Leptonycteris curasoae* and *Choeronycteris mexicana* in flight cage experiments: consequences for dispersal of columnar cactus seeds. *Biotropica*, 32(3):552-556.
- Godínez-Álvarez, H.; A. Valiente-Banuet y A. Rojas-Martínez. 2002. The role of seed dispersers in the population dynamics of the columnar cactus *Neobuxbaumia tetetzo*. *Ecology*, 83(9): 2617-2629.
- Harper, J. L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, New York.
- Hastings, J. R. y S. M. Alcorn. 1961. Physical determinations of growth and age in the giant cactus. *Journal of the Arizona Academy of Science* 2:32-39.
- Johnson, D. S. 1924. The Influence of Insolation on the Distribution and on the Developmental Sequence of the Flowers of the Giant Cactus of Arizona. *Ecology*, 5: 70-82
- Jordan, P. W, P. S. Nobel. 1979. Infrequent establishment of seedlings of *Agave deserti* (Agavaceae) in the northern Sonoran Desert. *American Journal of Botany*, 66:1079-1084.

- Jordan, P. W. y P. S. Nobel. 1982. Height distributions of two species of cacti in relation to rainfall, seedling establishment and growth. *Botanical Gazette*, 143(4): 511-517.
- Kleidon, A., K. Fraedrich y M. Heimann. 2000. A Green Planet versus a Desert World: Estimating the Maximum Effect of Vegetation on Land Surface Climate, *Climate Change*, 44, 471–493.
- Niering, W. A., R. H. Whittaker y C. H. Lowe. 1963. The saguaro: A population in relation to environment. *Science*, 142: 15–23.
- McAuliffe, R. 1988. Markovian dynamics of simple and complex desert plant communities. *American Naturalist*, 131:459-490.
- Nobel, P. S. 1980. Morphology, Nurse Plants, and Minimum Apical Temperatures for Young *Carnegiea gigantea*. *Botanical Gazette*, 141:188-191.
- Nobel, P. S. 1978. Surface temperatures of cacti-influences of environmental and morphological factors. *Ecology*, 59: 986-996.
- Nobel, P. S. 2002. Physiological ecology of columnar cacti. En Fleming T.H., Valiente-Banuet A. (eds.) Evolution, ecology, and conservation of the columnar cacti and their mutualists. Arizona University Press. Tucson. Pp. 66-86.
- Parker, K. C. 1993. Climatic effects on regeneration trends for two columnar cacti in the northern Sonoran Desert. *Annals of the Association of American Geographers*, 83 (3): 452–474.
- Pierson, E. A. y R. M. Turner. 1998. An 85-year study of saguaro (*Carnegiea gigantea*) demography at the Desert Laboratory, Tumamoc Hill. *Ecology*, 79: 2676–2693.
- Pimienta-Barrios, E. y P. S. Nobel. 1995. Reproductive characteristics of pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) and their relationships with soluble sugars and irrigation. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 120(6): 1082-1086.
- Reichman O.J. 1979. Desert granivore foraging and its impact on seed densities and distributions. *Ecology*, 60: 1085–1092.
- Schmidt, J. O, y S. L. Buchmann. 1986. Floral biology of the saguaro, *Cereus giganteus*. *Oecologia*, 69: 491–498

- Shreve, F. 1910. The rate of establishment of the giant cactus. *Plant World*, 13: 235-240.
- Shreve, F. 1951. *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert*. Carnegie Institution of Washington Publication. Washington. Vol. 1. 159 p.
- Silvertown, J., M. Franco, I. Pisanty y A. Mendoza, 1993. Comparative Plant Demography--Relative Importance of Life-Cycle Components to the Finite Rate of Increase in Woody and Herbaceous Perennials. *Journal of Ecology*, 81:465-476.
- Sobarzo, H. 1991. Vocabulario Sonorense. 3ª ed. Instituto Sonorense de Cultura. Hermosillo.
- Sosa, V. J. y T. H. Fleming. 2002. Why are columnar cacti associated with nurse plants? En Fleming, T. H. y A. Valiente-Banuet (eds.) *Columnar Cacti and their Mutualists. Evolution, Ecology and Conservation*. The University of Arizona Press, Tucson. Pp. 306-323.
- Steenbergh, W. F. y C. H. Lowe. 1969. Critical factors during the first years of life of the saguaro (*Cereus giganteus*) at Saguaro National Monument, Arizona. *Ecology*, 50(5): 825-834.
- Steenbergh, W. F. y C. H. Lowe. 1977. *Ecology of the sahuaro: II. Reproduction, germination, establishment, growth, and survival of the young plant*. National Parks Service Scientific Monograph Series No. 8. Government Printing Office. Washington, D. C.
- Steenbergh, W. F. y C. H. Lowe. 1983. *Ecology of the sahuaro: III. Growth and Demography*. National Parks Service Scientific Monograph Series No. 17. Government Printing Office. Washington, D. C.
- Stoleson, S. H., R. S. Felger, G. Ceballos, C. Raish, M. F. Wilson y A. Búrquez. 2005. Recent history of natural resource use and population growth in Northern Mexico. En J.-L.E. Cartron, G. Ceballos and R. S. Felger (eds.). *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico*. Oxford University Press, New York. Pp. 52–86.

- Turner, R. M., S. M. Alcorn, G. Olin y J. A. Booth. 1966. The influence of shade, soil, and water on saguaro seedling establishment. *Botanical Gazette* 127(2-3):95-102.
- Turner, R. M., J. E. Bowers y T. L. Burgess. 1995. *Sonoran Desert Plants: an ecological atlas*. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona.
- Turner, R. M., R. H. Webb, J. E. Bowers y J. R. Hastings. 2003. *The changing mile revisited: an ecological study of vegetation change with time in the lower mile of an arid and semiarid region*. University of Arizona Press. Tucson, AZ.
- Valiente-Banuet, A. y E. Ezcurra. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisiana* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ecology* 79: 961-971.
- Wolf, B. O. y C. Martínez del Río. 2000. Use of saguaro fruit by white-winged doves: isotopic evidence of a tight ecological association. *Oecologia*, 124: 536–543.
- Wolf, B.O., C. Martínez del Río, y J. Babson. 2002. Stable isotopes reveal that saguaro fruit provides different resources to two desert dove species. *Ecology*, 83: 1286–1293
- Yetman, D. 1998. *Scattered Round Stones*. University of Arizona Press. Tucson.
- Yetman, D. 2007. *The Great Cacti: Ethnobotany and Biogeography*. University of Arizona Press. Tucson.
- Yetman, D. y A. Búrquez. 1994. Buffelgrass -- Sonoran Desert nightmare. *Arizona Riparian Council Newsletter*, 7: 8-10.
- Yetman, D. y T. R. Van Devender. 2002. *Mayo ethnobotany: land, history, and traditional knowledge in northwest Mexico*. University of California Press. California.

8. RESUMEN

La evaluación de *C. gigantea*, por medio del MER, le otorga un puntaje de 11, equivalente a la categoría de amenazada, por lo que se recomienda su inclusión en la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Criterio A = 4. Muy restringida. A pesar de que *C. gigantea* no es endémica de México, en el país únicamente se encuentra en Sonora y con una distribución discontinua, con una amplitud de distribución cercana a los 50,000 km² (aproximadamente 2.5% del territorio nacional), lo cual hace que su distribución sea muy restringida.

Criterio B = 2. Intermedio. *Carnegiea gigantea* crece en el desierto en una gran variedad de hábitats, desde márgenes de arroyos hasta laderas muy inclinadas y planicies. Sin embargo, la extensiva explotación del Desierto Sonorense con propósitos pecuarios, la extracción de notables cantidades de madera en rollo para la producción de carbón y el acelerado desarrollo minero de Sonora, el estado del hábitat de regeneración del sahuaro podría clasificarse como de carácter intermedio.

Criterio C = 2. Vulnerabilidad media. *Carnegiea gigantea* tiene una fuerte dependencia para su reclutamiento de las plantas nodrizas, alta mortalidad en la fase de plántula y tasas de crecimiento lentas. Además, muestra una fuerte asociación con sus polinizadores ya que es estrictamente xenógama. Sin embargo, una vez que entra a la fase adulta sus tasas de sobrevivencia son muy altas y su fecundidad también, y presenta poblaciones muy grandes por lo que parece adecuado considerarla como de vulnerabilidad media. Factores que probablemente están asociados al cambio climático global parecen estar operando negativamente en las poblaciones de sahuaro ya que de 18 especies leñosas del Desierto Sonorense, esta es la única que mostró una reducción poblacional continua en los últimos 100 años.

Criterio D = 3. Impacto medio. El mayor riesgo para la permanencia de las poblaciones de *C. gigantea* parece ser la extracción ilegal de varas secas de las poblaciones, lo que lleva a que en muchos casos se acelere la muerte de individuos vivos. Por otro lado, la destrucción de su hábitat y la eliminación de plantas por la conversión del hábitat para la ganadería y agricultura son también factores de riesgo. Sin embargo, existen poblaciones abundantes con buen grado de conservación y de difícil acceso a lo largo de su distribución que garantizan la subsistencia de las poblaciones al menos a un mediano plazo.

Carnegiea gigantea es una planta con una gran relevancia paisajística, ecológica, cultural y económica. Se recomiendan medidas tendientes a su conservación.

Debe considerarse que existen poblaciones que alcanzan cientos de miles de individuos, lo que sugiere que de manera precautoria debe de colocarse, si no amenazada, al menos como una especie bajo protección especial.