



Hábitat y estructura poblacional del árbol amenazado *Vachellia belairioides* (Fabaceae): implicaciones para su conservación

Habitat and population structure of the endangered tree *Vachellia belairioides* (Fabaceae): implications for its conservation

José Luis Gómez^{1*}, Dariel López², Jorge A. Sánchez³ y Mayté Pernús³

Palabras clave: cuabal, Cuba, especie endémica amenazada, manejo, serpentina

Key words: cuabal, Cuba, endemic endangered species, management, serpentine

Recibido: 15/12/2017

Aceptado: 11/02/2018

RESUMEN

Vachellia belairioides es un árbol endémico de las serpentinadas de Holguín, considerado en Peligro Crítico de extinción. Hasta el momento se desconocen aspectos ecológicos claves de la especie como la distribución espacial y la estructura poblacional. En la presente investigación se caracterizó la vegetación donde crece y se determinó la distribución espacial de los individuos, la densidad poblacional, la extensión de presencia de la especie, el área de ocupación de los parches, el número de individuos maduros y la estructura de la población por clases de estado. La especie crece en matorrales xeromorfos espinosos sobre serpentinadas. Los individuos mostraron una distribución espacial agregada y la densidad promedio de los parches fue de 0.173 individuos/m². La extensión de presencia de la población fue de 19 370 ha, el área de ocupación se estimó en 121.7 ha y fueron censados 490 individuos adultos. Según estos resultados, la especie debe permanecer en la categoría de amenaza en Peligro Crítico. La estructura poblacional es característica de una población en expansión, con mayor proporción de individuos en las clases de plántula y juvenil. Las acciones de conservación del taxon deben centrarse en el manejo del hábitat.

INTRODUCCIÓN

La flora de Cuba enfrenta un alto grado de amenaza pues se estima que el 47.3% de las especies de plantas tienen algún riesgo de extinción (González-Torres *et al.*, 2016).

ABSTRACT

Vachellia belairioides is an endemic tree of the serpentine outcrop of Holguin province, considered Critically Endangered. Key ecological features of the species such as spatial pattern and population structure still unknown. In this research, we characterized the vegetation structure where *V. belairioides* grows and determined the spatial pattern, the population density, the presence range, occupation area of the patches, the number of mature individuals and the population structure. The species grows in a thorny xeromorphic thicket over serpentine soils. The individuals showed an aggregated spatial pattern and the mean density of the patches was 0.173 individuals/m². The presence range of the population was 19 370 ha, the occupation area was estimated in 121.7 ha, and 490 adults were counted. According to our results, the species must still in the Critically Endangered category. The population structure is typical of a population in expansion, with high proportion of individuals in the seedling and juvenile class. The conservation actions of this species must be focused in the habitat management.

Las causas de este hecho involucran factores naturales y antrópicos. Entre los primeros se encuentran características intrínsecas de las especies como: rango de distribución limitado (elevado endemismo), altos niveles de especialización ecológica (sistemas

* Autor para correspondencia: jlgomez87@nauta.cu

¹ Jardín Botánico de Holguín, Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales y Tecnológicos de Holguín, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Carretera al Valle de Mayabe, km. 5 ½, Holguín, C.P. 80100, Cuba.

² Centro de Bioplasmas, Universidad de Ciego de Ávila, Ministerio de Educación Superior, Carretera a Morón, km 9½, Ciego de Ávila, C.P. 69450, Cuba.

³ Instituto de Ecología y Sistemática, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Carretera de Varona 11835 e/ Oriente y Lindero, Calabazar, Boyeros, La Habana 19, C.P. 11900. La Habana, Cuba.

reproductivos muy específicos, baja capacidad de dispersión, poca tolerancia a la competencia) y la existencia de poblaciones pequeñas (González-Torres *et al.*, 2013). Entre las causas antrópicas se encuentran la invasión por especies exóticas, la fragmentación y pérdida de la calidad del hábitat por el desarrollo agrícola, forestal, minero y la ocurrencia de incendios (González-Torres *et al.*, 2016).

El manejo de las plantas amenazadas cubanas está limitado por la carencia de información en la mayoría de las especies sobre estructura poblacional, biología reproductiva, estrategia regenerativa, respuesta frente a disturbios y al cambio climático. Una de las formas más rápidas y económicas de obtener información útil para la conservación son los estudios de estructura poblacional por clases de estado del ciclo de vida (Elzinga *et al.*, 1998). Aunque estos trabajos solo ofrecen un registro puntual de las características de las poblaciones y no son buenos predictores de las tendencias demográficas a largo plazo (Condit *et al.*, 1998), son muy útiles para hacer diagnósticos rápidos que permiten tomar decisiones de manejo (Mette, 1998; Begoña, 2002). Los estudios poblacionales de plantas cubanas son relativamente escasos si se tiene en cuenta la alta diversidad de plantas presentes en el país. No obstante, en la actualidad se presta mayor atención a la evaluación de la estructura poblacional, como línea base para el diseño y la implementación de acciones de conservación de especies vegetales (e.g., Granados *et al.*, 2016; García-Beltrán *et al.*, 2016; Rodríguez-Cala *et al.*, 2017).

En Cuba, la provincia de Holguín es la segunda en número de especies amenazadas, con 988 táxones (González-Torres *et al.*, 2016). En esta provincia existen alrededor de 463 endémicos de distribución restringida, que enfrentan algún riesgo de extinción (Gómez, 2016). *Vachellia belairioides* Urb. (= *Acacia belairioides*) es uno de los endémicos estrictos más amenazados de las serpentininas de Holguín (González-Torres *et al.*, 2013). En la actualidad se considera En Peligro Crítico de extinción, basado fundamentalmente en su área de distribución restringida (González-Torres *et al.*, 2016). Entre las principales amenazas que afectan el hábitat de *V. belairioides* se encuentran el manejo forestal inadecuado, la tala directa de los individuos adultos, los incendios y la invasión por especies exóticas, como el marabú (*Dicrostachys cinerea* (L.) Wrihr et Arn.) (Gómez *et al.*, 2015). Por su parte, sobre los mecanismos de regeneración de esta especie tampoco se conoce mucho, tal como sucede en la mayoría de las plantas endémicas cubanas (Sánchez *et al.*, 2011). Aunque recientemente para *V. belairioides* se informó del papel de los brúquidos en la depredación de semillas, viabilidad y dormancia seminal (Sánchez *et al.*, 2017).

En la actualidad se desconoce el estado de conservación del hábitat y de las poblaciones de *V. belairioides*. Por tal motivo, los objetivos del presente estudio fueron: 1) caracterizar la estructura y composición florística de la vegetación donde habita la especie; 2) determinar el patrón de distribución espacial de los individuos, la densidad poblacional, la extensión de presencia del taxon, el área de ocupación de los parches y el número de individuos maduros; y 3) caracterizar la estructura poblacional por clases de estado del ciclo de vida. Esta información será muy útil en el diseño de acciones de manejo para mejorar la conservación de este árbol amenazado y también servirá como modelo para el estudio de otras especies amenazadas de las serpentininas cubanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción botánica de la especie

Vachellia belairioides Urb. es un árbol de hasta siete metros de altura (Fig. 1A), con tronco densamente espinoso (Fig. 1B); estípulas espinosas rectas, de 0.7-5 cm de largo; hojas con un par de pinnas glabras, con una glándula en la base, folíolos 3-7 pares, pecíolos de 1.5-3 mm, folíolos oblongos de 4.5-8.5 mm de largo, asimétricos en la base (Fig. 1C); inflorescencias en cabezuelas globosas, de 5 mm de ancho (Fig. 1D); flores amarillas, sentadas, cáliz de 1 mm de largo, corola acampanada de 2 mm de largo, estambres 70 por flor, más largos que la corola (Bässler, 1998). Fruto en legumbre de 6-8 cm de largo (Fig. 1E); semillas aplanadas, elipsoides, pardas (González-Torres *et al.*, 2013).

Sitios de estudio

La investigación se realizó en cuatro localidades del núcleo ultramáfico de la provincia Holguín, ubicada al noroeste de Cuba (Fig. 2). Estas localidades fueron: San Andrés (20°59'N, 76°26'O), La Cejita-Los Ranchos (20°57'N, 76°05'O), Ceja de Melones (20°57'N, 76°03'O) y Cerro Galano (20°53'N, 76°03'O). Por dificultades de acceso, fue imposible prospectar las localidades Loma de Cantón, Loma del Paraíso y Las Margaritas, donde históricamente se ha registrado la especie (Bässler, 1998).

Caracterización de la vegetación

Se identificó el tipo de vegetación donde crece *V. belairioides* según la clasificación de las formaciones vegetales de Capote y Berazaín (1984). La vegetación se caracterizó en parcelas de 4 m² centradas en un individuo adulto de la especie. En las unidades de muestreo se cuantificaron las siguientes variables: pendiente, altitud, tipo de suelo, cobertura rocosa, pH del suelo, estratificación de la vegetación, altura de la vegetación,

cobertura por estratos, riqueza de especies y proporción de endémicos por estratos y sinucias.



Figura 1. *Vachellia belairioides*. A: Individuo adulto, B: Tronco espinoso, C: Rama con hojas, D: Inflorescencias, E: Legumbres.

Figure 1. *Vachellia belairioides*. A: Adult individual, B: Thorny trunk, C: Branch with leaves, D: Inflorescences, E: Legumes.

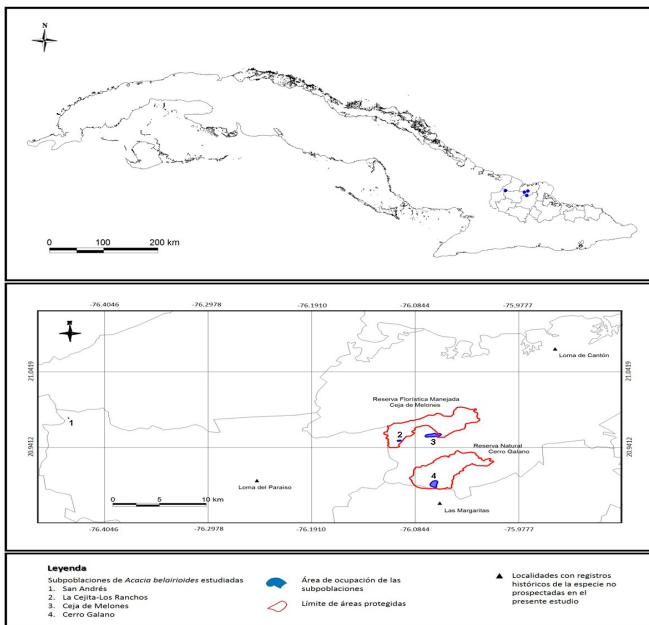


Figura 2. Ubicación geográfica de las subpoblaciones de *Vachellia belairioides* en las serpentinas de Holguín.

Figure 2. Geographical location of the sub-populations of *Vachellia belairioides* in the Holguín serpentine outcrop.

Para caracterizar la estratificación de la vegetación se definieron los siguientes estratos y sinucias: estrato arbustivo (especies leñosas de más de 0.5 m de altura); estrato herbáceo (hierbas y juveniles de especies leñosas con altura inferior a 0.5 m); sinucia de trepadoras (lianas y trepadoras herbáceas); sinucia de epifitas (epifitas y

hemiparásitas). La altura del estrato arbustivo se estimó con un clinómetro Suunto de ± 0.1 m de precisión; por su parte, la altura del estrato herbáceo se midió con una cinta métrica de precisión ± 2 mm. La cobertura del estrato arbustivo se determinó mediante fotos digitales realizadas con una cámara Nikon (zoom 8x y 20.0 megapixels). Las fotos fueron tomadas a 1.5 m del suelo y procesadas en el programa *Gap Light Analyzer* versión 2.0 para Windows. La cobertura del estrato herbáceo, cobertura rocosa y pH del suelo se determinaron en dos subparcelas de 0.25 m^2 ubicadas aleatoriamente en el interior de la parcela. El pH del suelo se estimó con un *Kelway soil tester*.

Se determinó la identidad de todas las especies de plantas presentes en cada parcela. La mayoría de los táxones se identificaron *in situ*. Los táxones dudosos se colectaron y determinaron según la bibliografía disponible (León, 1946; León y Alain, 1953; 1957; Alain, 1964; 1974). La actualización de la nomenclatura y la distribución geográfica se realizó según Greuter y Rankin (2016).

Caracterización poblacional

Para caracterizar la población de *V. belairioides* se delimitaron transectos de $50 \text{ m} \times 2 \text{ m}$, sistemáticamente ubicados cada 50 m en las cuatro subpoblaciones estudiadas. En cada subpoblación, el número de transectos varió en función del tamaño de los parches de ocupación. Para cada individuo adulto se midió la altura con un clinómetro Suunto de ± 0.1 m. Para los juveniles y plántulas se midió con una cinta métrica de precisión ± 2 mm. Dado que *V. belairioides* posee un tronco densamente espinoso, con espinas que superan los 20 cm de largo, fue imposible medir el diámetro a la altura del pecho.

La distribución espacial de los individuos se determinó mediante el Índice de Dispersión Estandarizado de Morisita (I_p) (Krebs, 1999). La densidad poblacional en cada subpoblación se calculó dividiendo la media de las abundancias totales por transecto entre el área de la unidad de muestreo (100 m^2). Para determinar el número de individuos maduros se llevó a cabo un censo en el que se cuantificaron, además de los adultos en los transectos, todos los individuos adultos observados fuera de las muestras durante los recorridos. Los transectos y los individuos adultos fuera de las muestras fueron georeferenciados con un GPS Garmin de precisión ± 3 m. A partir de las coordenadas registradas se generaron polígonos de distribución de individuos para cada subpoblación, en el programa *MapInfo* v. 10.1. La mapeación de estos polígonos permitió estimar el área de los parches de ocupación y la extensión de presencia de la población, según los criterios de la UICN (2001).

Estructura poblacional por clases de estado del ciclo de vida

La delimitación de las clases de estado del ciclo de vida se realizó a partir de la combinación de la altura con la aparición de la primera ramificación y la capacidad reproductiva (Gatzuk *et al.*, 1980). Se realizó un muestreo piloto en la localidad de Ceja de Melones en época con máxima floración, donde se estimó la altura mínima a la que se observaron la mayoría de las plantas florecidas (2.0 m). Los individuos se agruparon en siete clases de estado: plántulas (individuos no ramificados, con presencia de cotiledones o sus vestigios); juveniles (individuos ramificados, sin presencia de cotiledones, inferiores a 1 m de altura); inmaduros (1.1-2 m de altura); adulto I (2.1-3 m de altura); adulto II (3.1-4 m de altura); adulto III (4.1-5 m de altura); adulto IV (5.1-6 m de altura); y adulto V (> 6 m de altura).

Análisis de los datos

Las variables de estructura de la vegetación y suelo se describieron por estadísticos de tendencia central y dispersión. Se calculó el índice de endemismo por estratos de vegetación como la proporción de especies endémicas en relación al total de especies observadas en cada estrato. Los cálculos del Índice de Dispersión Estandarizado de Morisita (I_p) se realizaron en el programa *Ecological Methodology* v. 6.1.1. Los valores de este índice varían entre -1 y 1. Un valor de 0, indica un patrón al azar, valores inferiores a 0 corresponden a un patrón uniforme y valores superiores a 0 son indicativos de un patrón agregado. El intervalo de confianza fue del 95% (Krebs, 1999). Para comparar la estructura de cada una de las subpoblaciones y de la población en general se construyeron gráficos de proporción de individuos por clases de estado.

RESULTADOS

Caracterización de la vegetación

Vachellia belairioides es un árbol emergente que crece en matorrales xeromorfos espinosos sobre serpentinitas (cuabales). En los parches de ocupación la inclinación de la pendiente varió entre 10° y 20° y la altitud osciló entre 70 y 250 m.s.n.m. Los suelos fueron de tipo fersialítico rojo-parduzco ferromagnesiales, con una cobertura rocosa entre 35 y 70% y un pH ligeramente ácido, de 6.1 a 6.4 (Tabla 1).

La vegetación presentó dos estratos bien definidos, uno arbustivo y otro herbáceo. Este último a veces estuvo ausente en sitios con pendientes muy abruptas y rocosas. El estrato arbustivo varió de 1 a 4 m de altura, con una cobertura promedio entre 50 y 65%. El estrato arbustivo tuvo una elevada riqueza de especies, que varió entre 0.93 y 3 especies/m² y de 43 a 83% de endemismo

(Tabla 1). Entre las especies más comunes se encontraron *Poitea gracilis* (Griseb.) Lavin (Fabaceae), *Croton holguinensis* Borhidi (Euphorbiaceae), *Oplonia multigemina* Borhidi (Acanthaceae), *Spirotecoma holguinensis* (Britton) Alain (Bignoniaceae) y *Coccothrinax garciana* León (Arecaceae).

El estrato herbáceo varió en altura entre 0.1 y 0.35 m. Este estrato se distribuyó a manera de parches y estuvo integrado por hierbas pequeñas, cespitosas o formadoras de rosetas, razón por la cual la cobertura fue muy variable (3 a 85%). La riqueza de especies herbáceas (excluyendo las plántulas de arbustos y trepadoras rastreras) varió entre 0.14 y 1.05 especies/m², con 17 a 70% de endemismo (Tabla 1). Las especies más abundantes en este estrato fueron *Scleria havanensis* Britton (Cyperaceae), *Paspalum rupestre* Trin. (Poaceae), *Evolvulus minimus* Ooststr. (Convolvulaceae), *Dorsteniaery thrandra* Griseb. (Moraceae) y *Elytraria cubana* Alain (Acanthaceae).

Las trepadoras fueron abundantes, particularmente en el borde de los parches. La riqueza específica osciló entre 0.36 y 1 especies/m², con 28 a 70% de endemismo (Tabla 1). Entre la especies más abundantes se encontraron: *Mesechites minimus* (Britton & P. Wilson) Woodson (Apocynaceae), *Galactia savannarum* Britton (Fabaceae), *Platygyne parvifolia* Alain (Euphorbiaceae), *Smilax gracilior* Ferrufino & Greuter (Smilacaceae) y *Cassytha filiformis* L. (Lauraceae).

Se detectaron cinco especies de epífitas conviviendo con *V. belairioides*, ninguna de las cuales se observó sobre el tronco de este árbol. La riqueza específica varió entre 0.06 y 0.25 especies/m², una sola endémica (Tabla 1). Las epífitas grandes como *Tillandsia fasciculata* Sw. (Bromeliaceae) se establecieron en la base de los troncos en sitios protegidos, donde la altura del matorral era mayor. Otras especies como *Tillandsia balbisiana* Schult.f., *T. flexuosa* Sw. (Bromeliaceae) y *Encyclia phoenicea* (Lindl.) Newmann (Orchidaceae) crecieron en ramas externas, medias y en la base de los troncos.

Caracterización poblacional

Los individuos de *V. belairioides* mostraron un patrón de arreglo espacial agregado ($I_p = 0.5422$; $X^2 = 1167.73$; $P < 0.0000$). Los parches estuvieron integrados por escasos adultos y una gran abundancia de plántulas y juveniles alrededor a ellos. La densidad promedio de los parches de ocupación fue de 0.173 individuos/m². La subpoblación de Cerro Galano tuvo los valores más altos de densidad, con 0.28 individuos/m². La misma ocupó un área de 59 ha en un sitio muy conservado, y hasta el momento fueron censados 66 adultos en esta localidad. La subpoblación de La Cejita-Los Ranchos ocupó un área

de 5.0 ha y se han inventariado 53 individuos adultos. La densidad de esta subpoblación fue de 0.052 individuos/m². La subpoblación más grande fue la de Ceja de Melones, que ocupó un área de 61.6 ha y una densidad de 0.163 individuos/m². En esta subpoblación han sido censados hasta el momento 364 adultos. Por su parte, San Andrés fue la subpoblación más pequeña, con un área de 0.1 ha, una densidad de 0.192 individuos/m² y solo siete adultos.

La población de *V. belairioides* en las serpentinitas de Holguín tiene una extensión de presencia de 19 370 ha (193.7 km²), un área de ocupación de 121.7 ha (1.25 km²) y un tamaño efectivo de 490 individuos adultos. Del área de ocupación estimada, el 62% se encuentra dentro de los límites de las áreas protegidas Reserva Natural Cerro Galano (48.4%) y Reserva Florística Manejada Ceja de Melones (13.6%). En el caso de Ceja de Melones, solo el 19% del área ocupada por la subpoblación está dentro de los límites del área protegida.

Estructura poblacional por clases de estado del ciclo de vida

La población de *V. belairioides* presentó una estructura desplazada hacia las clases de plántula y juvenil (**Fig. 3**). La proporción de plántulas (25.1%) fue inferior a la de juveniles (45.6%). Las clases correspondientes a los individuos inmaduros y adultos tuvieron proporciones similares, que oscilaron entre 3 y 8%.

La estructura de las cuatro subpoblaciones de *V. belairioides* fue similar, a pesar de tener proporciones diferentes de individuos en cada una de las clases de estado (**Fig. 4**). En todas las subpoblaciones se observó una tendencia a tener mayor proporción de individuos juveniles, mientras que los adultos proporcionalmente fueron más escasos. En ese sentido hay que destacar el caso de la subpoblación de La Cejita, donde no se detectaron plántulas, aunque el reclutamiento de juveniles fue alto. En San Andrés se observó una proporción de adultos más baja respecto al resto de las subpoblaciones, con ausencia de las clases adulto II y adulto IV. Las subpoblaciones de Ceja de Melones y Cerro Galano mostraron una estructura poblacional muy similar a la de la población global.

DISCUSIÓN

Vachellia belairioides crece en matorrales xeromorfos espinosos sobre serpentinitas en buen estado de conservación. La mayoría de los individuos se observaron en matorrales que cubrían una superficie superior al 55% y con un estrato herbáceo de menos de 35% de cobertura. Estas características estructurales son típicas de matorrales xeromorfos sobre serpentinitas

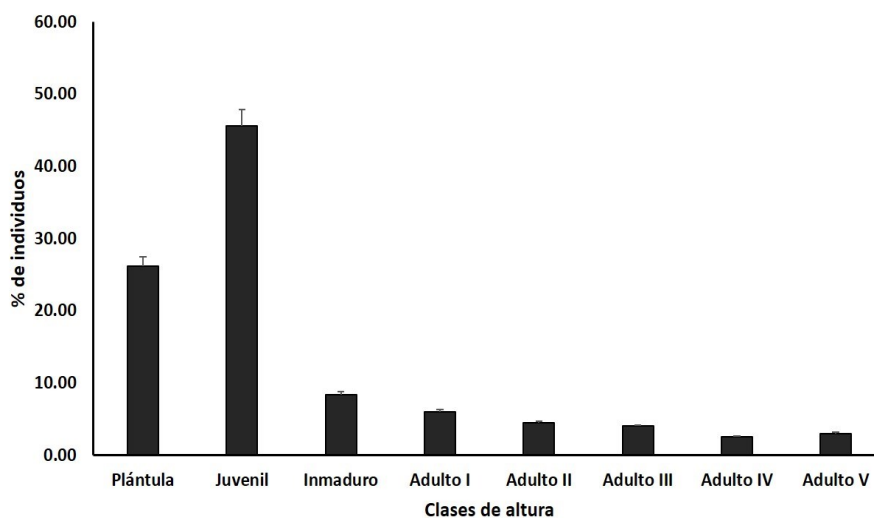
conservados (González-Torres y Berazaín, 2004-2005). Solo en raras ocasiones la especie se observó creciendo en sitios con una cobertura arbustiva inferior al 20% y cobertura herbácea superior a 80%, típico de zonas perturbadas por manejo forestal, ganadería e incendios (Gómez *et al.*, 2015). Por tal motivo, es probable que la especie sea sensible a la degradación de su hábitat. La sensibilidad de *V. belairioides* a la degradación del ambiente está en correspondencia con su condición de endémico serpentínicola de distribución muy restringida. La alta vulnerabilidad de especies serpentínícolas a perturbaciones naturales o antrópicas ha sido atribuida al elevado grado de especialización a ecosistemas extremos, que determina baja capacidad competitiva y escasa resiliencia ante disturbios (Borhidi, 1992). De hecho, la degradación y pérdida de hábitat pudieran ser las principales causas del alto riesgo de extinción que enfrenta *V. belairioides* (González-Torres *et al.*, 2013).

La distribución espacial agregada referida para la población de *V. belairioides* es la más común entre las especies de plantas (Armesto *et al.*, 1986; Crawley, 2005) y coincide con lo obtenido para otros táxones del género (Auld, 1993; Oliveira *et al.*, 2007). La distribución agregada en la especie cubana pudiera estar íntimamente asociada a los mecanismos de dispersión, como se informa en estudios de otros táxones de la familia Fabaceae (Marques y Joly, 2000). No existen estudios que evalúen la dispersión de semillas en *V. belairioides*, no obstante, observaciones de campo sugieren que la dispersión primaria de esta especie es barócora. Los frutos caen de la planta madre y se acumulan bajo su copa aún con las semillas dentro. Luego el agua actúa como dispersor secundario, llevando las diásporas a corta distancia de la planta madre. Ello se infiere a partir de la elevada abundancia de plántulas observadas a lo largo de las zonas de escurrimiento superficial. Este patrón determina que cerca de los adultos haya una alta densidad de plántulas y juveniles, la mayoría de los cuales no llegan a convertirse en adultos.

Los mayores valores de densidad poblacional se corresponden con las subpoblaciones localizadas en los sitios más conservados, donde la fragmentación de hábitat por manejo forestal, ganadería e incendios es menor. La subpoblación de San Andrés aparentemente constituye una excepción, pues su densidad es ligeramente superior a la de Ceja de Melones. Este hecho se debe a la pequeña área de ocupación de esta subpoblación, donde la mayor parte de los individuos son juveniles. No obstante, si se tienen en cuenta solo los adultos, la densidad de la subpoblación de San Andrés sería la menor de todas las subpoblaciones estudiadas. Por su parte, La Cejita a pesar de tener matorrales bien conservados, tiene el valor más bajo de densidad. Es

Tabla 1. Características del suelo y de la vegetación (media \pm DE) en los sitios donde crece *Vachellia belairioides* en las cuatro localidades estudiadas. Valores mínimos y máximos ().**Table 1.** Soil and vegetation features (mean \pm SD) in the sites where *Vachellia belairioides* grows in the four localities studied. Minimum and maximum values ().

| Variables/Sitios (n = tamaño muestra) | Cerro Galano (n = 15) | Melones (n = 27) | La Cejita-Los Ranchos (n = 5) | San Andrés (n = 5) |
|---|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Rociedad (%) | 38.6 \pm 20.7 (10 - 60) | 67.86 \pm 25.1 (15 - 95) | 52.8 \pm 23.3 (10 - 75) | 39.1 \pm 20.4 (15 - 70) |
| pH del suelo | 6.1 \pm 0.2 (6.0 - 6.8) | 6.23 \pm 0.23 (6.0 - 6.6) | 6.4 \pm 0.23 (6.2 - 6.6) | 6.2 \pm 0.2 (6.0 - 6.8) |
| Altura estrato arbustivo (m) | 3.20 \pm 0.3 (1.6 - 4.0) | 2.48 \pm 0.69 (1.1 - 3.3) | 2.60 \pm 0.85 (1.7 - 3.5) | 3.1 \pm 1.1 (1.5 - 4.0) |
| Altura estrato herbáceo (m) | 0.10 \pm 0.09 (0.0 - 0.3) | 0.35 \pm 0.14 (0.1 - 0.6) | 0.25 \pm 0.19 (0.1 - 0.5) | 0.30 \pm 0.1 (0.1 - 0.4) |
| Cobertura arbustiva (%) | 63.7 \pm 15.3 (35 - 90) | 55.6 \pm 34.2 (20 - 90) | 55.43 \pm 12.26 (39.2 - 68.8) | 60.2 \pm 12.8 (40 - 100) |
| Cobertura herbácea (%) | 13.2 \pm 11.3 (5.0 - 30) | 33.92 \pm 30.3 (3.0 - 85) | 25.0 \pm 15.0 (5.0 - 40) | 35.7 \pm 28.5 (5.0 - 64) |
| Riqueza de especies arbustivas (especies/m ²) | 3.0 \pm 0.64 (2.0 - 3.3) | 3.0 \pm 0.75 (2.0 - 3.7) | 2.9 \pm 0.72 (2.0 - 4.0) | 0.93 \pm 0.14 (0.56 - 1.08) |
| Riqueza de especies herbáceas (especies/m ²) | 1.0 \pm 0.34 (0.5 - 1.3) | 1.0 \pm 0.21 (0.75 - 1.2) | 1.0 \pm 0.71 (0.5 - 2.2) | 0.14 \pm 0.07 (0.0 - 0.28) |
| Riqueza de especies trepadoras (especies/m ²) | 0.67 \pm 0.2 (0.31 - 0.97) | 1.0 \pm 0.3 (0.5 - 1.2) | 0.9 \pm 0.33 (0.75 - 1.5) | 0.36 \pm 0.07 (0.24 - 0.48) |
| Riqueza de especies epífitas (especies/m ²) | 0.10 \pm 0.13 (0.0 - 0.23) | 0.15 \pm 0.13 (0.0 - 0.25) | 0.25 \pm 0.30 (0.0 - 0.75) | 0.06 \pm 0.04 (0.0 - 0.12) |
| Endemismo del estrato arbustivo (%) | 75.3 \pm 12.4 (32.5 - 77.3) | 82.0 \pm 8.4 (72.3 - 90.9) | 76.06 \pm 8.9 (66.6 - 90.9) | 43.63 \pm 10.6 (26.9 - 64.2) |
| Endemismo del estrato herbáceo (%) | 40.8 \pm 19.4 (25 - 78) | 42.6 \pm 19.1 (25 - 75) | 68.9 \pm 19.87 (44.4 - 100) | 17.0 \pm 21.5 (0.0 - 60) |
| Endemismo de la sinucia de trepadoras (%) | 48.3 \pm 19.8 (10 - 70) | 31.0 \pm 19.4 (0.0 - 50) | 70 \pm 24.7 (33.3 - 100) | 28.7 \pm 11.2 (11.1 - 50) |
| Endemismo de la sinucia de epífitas (%) | 10.4 \pm 19.8 (0.0 - 55) | 0.0 \pm 0.0 | 0.0 \pm 0.0 | 10.2 \pm 19.2 (0.0 - 50) |

Figura 3. Estructura por clases (media \pm DE) de estados de la población de *Vachellia belairioides* en las serpentinitas de Holguín.**Figure 3.** Structure for classes (mean \pm SD) of the population of *Vachellia belairioides* in the Holguín serpentine outcrop.

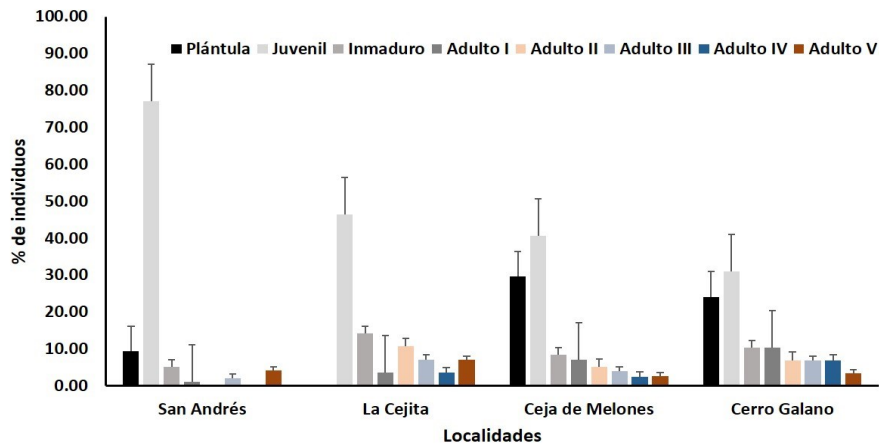


Figura 4. Estructura por clases (media \pm DE) de estado de las subpoblaciones de *Vachellia belairioides* estudiadas en las serpentinitas de Holguín.

Figure 4. Structure for classes (mean \pm SD) of the sub-populations of *Vachellia belairioides* studied in the Holguín serpentine outcrop.

probable que en esta localidad la especie haya colonizado más recientemente que en Ceja de Melones y Cerro Galano, por lo que esta subpoblación ha tenido menor tiempo de expansión.

Los resultados del presente estudio no modifican la categoría de amenaza de En Peligro Crítico conferida a *V. belairioides* (González-Torres *et al.*, 2016), pero si los criterios para su asignación. A partir de la información recopilada, los criterios quedan de la siguiente forma: CR; B2ab(ii,iii,iv). De acuerdo con nuestros datos, la extensión de presencia (Criterio B1) y el tamaño poblacional (Criterio C) empleados por González-Torres *et al.* (2016), son superiores a lo establecido por la metodología de la UICN (2001) para la categoría de En Peligro Crítico. No obstante, la reducida área de ocupación de la población es un elemento de alta vulnerabilidad ante la ocurrencia de eventos fortuitos que justifica mantener la especie en la categoría de máxima amenaza (UICN, 2001). Por otra parte, es muy probable que el flujo genético entre subpoblaciones sea muy reducido debido a la elevada fragmentación de hábitat, al aislamiento de las subpoblaciones y a la baja tasa de dispersión de la especie. Ello incrementa la vulnerabilidad del taxon frente a los eventos que influyen negativamente en las poblaciones pequeñas y aisladas (Fahrig y Merriam, 1994; Harrison *et al.*, 2000; Shrestha *et al.*, 2001; Honnay y Jacquemyn, 2007; O'Brien *et al.*, 2014).

Por otra parte, la estructura poblacional de *V. belairioides* fue similar a una *J* invertida. Este tipo de estructura demográfica es característica de poblaciones en equilibrio, con reclutamiento continuo de nuevos individuos (Hall y Bawa, 1993; Condit *et al.*, 1998) y ha sido referida para algunas especies del género (Mette, 1998). A pesar del elevado reclutamiento de nuevos individuos, las plántulas y juveniles de *V. belairioides* experimentan a una alta mortalidad. Este hecho se infiere a partir de la brusca disminución en la proporción de

individuos en las clases inmaduras y adultas, que mostraron un decrecimiento de la abundancia de 37.3%.

La elevada mortalidad de las clases pre-reproductoras pudiera ser una consecuencia de la competencia por los escasos nutrientes presentes en el sustrato entre los individuos de *V. belairioides*, o bien con otras especies de plantas. Los suelos derivados de las rocas serpentinitas son muy pobres en nitrógeno, potasio y fósforo y ricos en metales pesados tóxicos (Brooks, 1987; Borhidi, 1992); por lo que la disponibilidad de nutrientes esenciales es un factor importante que influye en la dinámica de los procesos ecológicos que tienen lugar en estos ecosistemas (Brady *et al.*, 2005). No se puede descartar la influencia sinérgica de otras condiciones adversas de los hábitats serpentinícolas, entre las que se pueden mencionar la marcada sequía edáfica y las altas temperaturas a nivel del suelo, que pueden llegar a los 50°C (J.L. Gómez, datos no publicados). Esta combinación de factores puede provocar una alta mortalidad de plántulas y juveniles, que la especie deberá compensar con una gran producción de semillas para garantizar la persistencia de la población. Una vez que los individuos sobrepasan un metro de altura, su probabilidad de supervivencia hasta la etapa adulta aumenta pues las proporciones de individuos adultos son muy similares a la de los inmaduros. Un comportamiento similar se ha observado en otras especies tropicales de leguminosas (Clark y Clark, 1987).

Las subpoblaciones de Ceja de Melones y Cerro Galano son las más importantes para la conservación de *V. belairioides*. Estas subpoblaciones son las que más aportan a la población global al sustentar el 88% de los adultos y una elevada regeneración natural. En el caso de la subpoblación de La Cejita, en el momento del muestreo no se detectaron plántulas y la densidad de juveniles fue la más baja entre las cuatro subpoblaciones estudiadas, lo que indica que la regeneración natural está más

limitada. La ausencia de plántulas parece estar relacionada con el hecho que el muestreo en esta localidad se llevó a cabo en el pico de la estación seca (marzo). Por tal motivo, las plántulas nacidas el año anterior podrían haber muerto como consecuencia del estrés hídrico y nutrimental. Es posible también que en esta localidad existan limitaciones de la regeneración natural por disponibilidad de micrositios adecuados, pues en La Cejita los suelos son más rocosos que en el resto de las subpoblaciones prospectadas (ver **Tabla 1**). La disponibilidad de micrositios adecuados y las limitaciones por dispersión son factores claves en la dinámica poblacional, que regulan la regeneración de las poblaciones de especies de plantas (Clark *et al.*, 2007). Este caso podría ser para la subpoblación de *V. belairioides* que ocupa la localidad de Cejitas, pues parece tener una elevada producción de semillas. Sin embargo, esta última hipótesis no se ha comprobado.

Por su parte, la subpoblación de San Andrés no presenta estructura continua pues faltan las clases de adulto II y adulto IV. La ausencia de estas clases puede deberse a la intensa degradación y pérdida de hábitat que existe en esta localidad, donde solo persisten parches de matorrales en una matriz de áreas sabanizadas, producto del fuego y el manejo forestal inadecuado. Dada estas presiones de origen antrópico, los individuos adultos pueden morir como consecuencia de la tala o los incendios. Al parecer, la subpoblación de San Andrés es un remanente de una subpoblación originalmente más grande, que ocupa los escasos parches de hábitat disponibles para la especie que persisten en la actualidad. La probabilidad de extinción local de esta subpoblación es muy elevada si se tiene en cuenta la acelerada pérdida de hábitat que tiene lugar en las serpentinitas de San Andrés. La fragmentación y pérdida de hábitat incrementan sustancialmente la probabilidad de extinción local. Ambos procesos afectan el tamaño poblacional causando la muerte de individuos y disminuyendo el número de polinizadores y dispersores potenciales para la recolonización y rescate de las poblaciones locales (Fahrig y Grez, 1996).

El 62% del área de ocupación de la población de *V. belairioides* está dentro de espacios protegidos, lo que es crucial para la conservación de la especie, pero no garantizará su persistencia si no se realizan acciones de conservación oportunas. Este hecho es particularmente significativo en el caso de la subpoblación de Ceja de Melones, la más importante para la conservación de la especie, donde el 81% del área de la subpoblación está fuera de los límites de la reserva. Se debe evaluar la posibilidad de modificar los derroteros del área protegida para incluir los fragmentos de matorrales aledaños a la carretera Holguín-Guardalavaca, al norte del barrio de

Las Minas, donde además de *V. belairioides* crecen otras 32 especies endémicas y amenazadas de extinción (J. L. Gómez, datos no publicados). Según los resultados de la presente contribución, la conservación de *V. belairioides* debe sustentarse en el manejo de hábitat enfocado en garantizar el mantenimiento de la estructura de la vegetación donde crece la especie. En la localidad de La Cejita debe realizarse además un manejo de la regeneración natural. Estas acciones pueden incluir la siembra directa de semillas en micrositios adecuados, alejados de los parentales para la creación de nuevos parches de ocupación o la propagación en condiciones de vivero para el mismo propósito. Las semillas de *V. belairioides* presentan cubiertas impermeables (*i.e.*, dormancia física); por lo que un tratamiento de escarificación (*i.e.*, con ácido sulfúrico concentrado durante 30 minutos) será factible para mejorar su germinación (Sánchez *et al.*, 2017), y por consiguiente la domesticación en vivero y posible siembra en condiciones de campo.

Vachellia belairioides crece en matorrales xeromorfos espinosos sobre serpentinitas cuya estructura y composición florística son indicativas de un buen estado de conservación. Los individuos muestran una distribución espacial agregada y la densidad poblacional es alta aunque las subpoblaciones están aisladas geográficamente. La población global tiene una estructura continua, con mayor abundancia de individuos en las clases de plántula y juvenil, indicando que la población es autosustentable. Sin embargo, la especie debe permanecer en la categoría de amenaza En Peligro Crítico y las acciones de conservación del taxon deben centrarse en el manejo del hábitat y reforzamiento de algunas de sus subpoblaciones.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo financiero brindado por *The Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund* para la realización de esta investigación a través del proyecto: *Preserving Acacia belairioides, a critically endangered endemic tree from serpentines in north-eastern Cuba*. Reconocemos además, a dos revisores anónimos por sus sugerencias.

LITERATURA CITADA

- Alain Hno. 1964.** *Flora de Cuba V. Rubiales, Valerianales, Cucurbitales, Asterales*. Asociación de Estudiantes de Ciencias Biológicas. Universidad de La Habana.
- Alain Hno. 1974.** *Flora de Cuba. Suplemento*. Instituto Cubano del Libro. La Habana.
- Armesto JJ, Mitchell JD, Villagram, C. 1986.** A comparison of spatial patterns of trees in some tropical and temperate forests. *Biotropica*. 18: 1-11.

- Auld TD. 1993.** The impact of grazing on regeneration of the shrub *Acacia carnei* in arid Australia. *Biological Conservation*. 65: 165-176.
- Bässler M. 1998.** Mimosaceae. En: *Flora de la República de Cuba. Serie A. Plantas Vasculares*. Fascículo 2. Koeltz Scientific Books. Königstein.
- Begoña M. 2002.** Inventario y seguimiento en poblaciones de especies amenazadas. En: Bañares A. (ed.), *Biología de la conservación de plantas amenazadas*, 27-42, Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid.
- Borhidi A. 1992.** The serpentine flora and vegetation of Cuba. En: Baker AJM, Proctor J, Reeves RD. (eds). *The vegetation of ultramafic (serpentine) soils*, 83-95, Intercept Ltd, Andover, Hampshire.
- Brady KU, Kruckeberg AR, Bradshaw HD. 2005.** Evolutionary Ecology of Plant Adaptation to Serpentine Soils. *Annual Review in Ecology and Systematics*. 36: 243-266.
- Brooks RR. 1987.** *Serpentine and its vegetation, a multidisciplinary approach*. Dioscorides Press. Portland. Oregon.
- Capote R, Berazaín R. 1984.** Clasificación de las formaciones vegetales de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 5: 27-75.
- Clark DB, Clark D. 1987.** Population ecology and microhabitat distribution of *Dipteryx panamensis*, a neotropical rain forest emergent tree. *Biotropica*. 19: 236-244.
- Clark CJ, Poulsen JR, Levey DJ, Osenberg CW. 2007.** Are Plant Populations Seed Limited? A Critique and meta-analysis of seed addition experiments. *American Naturalist*. 170: 128-142.
- Condit R, Sukumar R., Hubbell SP, Foster RB. 1998.** Predicting population trends from size distributions: a direct test in a tropical tree community. *American Naturalist*. 152: 495-509.
- Crawley M. 2005.** *Plant Ecology*. Second Edition. Blackwell Science, Oxford.
- Elzinga CL, Salzer DW, Willoughby JW. 1998.** *Measuring and monitoring plant populations*. Bureau of Land Management, California.
- Fahrig L, Grez O. 1996.** Population spatial structure, human-caused landscape changes and species survival. *Revista Chilena de Historia Natural*. 69: 5-13.
- Fahrig L, Merriam G. 1994.** Conservation of fragmented populations. *Conservation Biology*. 8: 50-59.
- García-Beltrán JA, Fiallo JL, Esquivel N, Meirama K, Rodríguez I, Falcón B, Pérez V, González-Torres LR. 2016.** Efecto del fuego sobre la estructura poblacional de *Hypericum styphelioides* subsp. *styphelioides* (Hypericaceae) en la Reserva Ecológica Los Pretiles, Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 37: 19-27.
- Gatzuk LE, Smirnova OV, Vorontzova LI, Zauglnova LB, Zhukova LA. 1980.** Age stages of plants of various growth forms: a review. *Journal of Ecology*. 68: 675-696.
- Gómez JL., Leyva O, González PA, Carmenate W, Cantillo R, Ochoa AM, Peña Y, Fernández E, Matos A, Hernández Y. 2015.** Flora espermatófito amenazada de la provincia de Holguín y su representación en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Monografía Final de Proyecto, Estado de conservación de la flora vascular endémica estricta de la provincia de Holguín. Jardín Botánico de Holguín, CISAT-CITMA.
- Gómez JL. 2016.** Estado de conservación de la flora vascular de Holguín. En: González-Torres LR, Palmarola A, González-Oliva L, Bécquer ER, Testé E, Barrios. D. *Lista roja de la flora de Cuba. Bissea*. 10 (NE 1): 82.
- González-Torres LR, Berazaín R. 2004-2005.** La vegetación serpentinícola de lomas de La Coca, Ciudad de La Habana. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 25-26: 79-86.
- González-Torres LR, Palmarola A, Bécquer E, Berazaín R, Barrios D, Gómez JL. 2013.** Las 50 plantas más amenazadas de Cuba. *Bissea*. 1: 1-106.
- González-Torres LR, Palmarola A, González-Oliva L, Bécquer ER, Testé E, Barrios. D. 2016.** Lista roja de la flora de Cuba. *Bissea*. 10: 1-352.
- Granado L, Núñez R, Martínez D, Delfín S, Falcón B, Pérez V, González-Torres LR. 2016.** Estructura poblacional de *Tabebuia lepidophylla* (Bignoniaceae) en el bosque de pinos sobre arenas cuarcíticas de la Reserva Ecológica Los Pretiles, Pinar del Río, Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 37: 29-37.
- Greuter W, Rankin R. 2016.** Espermatófitos de Cuba: Inventario preliminar. Parte II: Inventario. Disponible en <http://dx.doi.org/10.3372/cubalist> (consultado: Agosto 2017).
- Hall P, Bawa K. 1993.** Methods to assess the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant populations. *Economic Botany*. 47: 234-247.
- Harrison SP, Maron J, Huxel G. 2000.** Regional turnover and fluctuation in populations of five plant species confined to serpentine seeps. *Conservation Biology*. 14: 769-779.
- Honnay O, Jacquemyn H. 2007.** Susceptibility of common and rare plant species to the genetic consequences of habitat fragmentation. *Conservation Biology*. 21: 823-831.
- Krebs CJ. 1999.** *Ecological Methodology*. Addison-Wesley Educational Publisher. California.
- León Hno. 1946.** *Flora de Cuba I. Gimnospermas. Monocotiledóneas*. Contribuciones Ocasionales del Museo de Historia Natural del Colegio de La Salle. 10. La Habana.
- León Hno., Alain Hno. 1953.** *Flora de Cuba III. Dicotiledóneas: Malpighiaceae a Myrtaceae*. Contribuciones Ocasionales del Museo de Historia Natural del Colegio de La Salle. 13. La Habana.
- León Hno., Alain Hno. 1957.** *Flora de Cuba IV. Dicotiledóneas: Melastomataceae a Plantaginaceae*. Contribuciones Ocasionales del Museo de Historia Natural del Colegio de La Salle. 16. La Habana.
- Marques MC, Joly CA. 2000.** Estructura e dinámica de uma população de *Calophyllum brasiliense* Camb. em floresta higrófila do Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. 23: 107-112.
- Mette S. 1998.** Assessment of species composition change in savanna vegetation by means of woody plants size class distributions and local information. *Biodiversity and Conservation*. 7: 1261-1275.
- O'Brien EK, Denham AJ, Ayre DJ. 2014.** Patterns of genotypic variation suggest a long history of clonality and population isolation in the Australian arid zone shrub *Acacia carneorum*. *Plant Ecology*. 215: 55-71.

- Oliveira RLC, Lins Neto EMF, Araújo EL, Albuquerque UP. 2007.** Conservation priorities and population structure of woody medicinal plants in an area of Caatinga vegetation (Pernambuco State, NE Brazil). *Environmental Monitoring Assessing*. 132:189–206.
- Rodríguez-Cala D, Valdés R, Dulón D, Osés M, Pérez R, Falcón B, Esquivel Z, Pérez V, González-Oliva L. 2017.** Estado de conservación de *Erigeron bellidiastroides* (Asteraceae) en Los Pretiles, Pinar del Río, Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 38: 41-48.
- Sánchez JA, López D, Fernández I, Gómez JL, Pernús M. 2017.** Depredación de semillas de *Acacia belairioides* (Fabaceae) por brúquidos (Coleoptera: Chysomelidae: Bruchinae) y sus efectos en la germinación. *Acta Botánica Cubana*. 216: 55-61.
- Sánchez JA, Suárez AG, Montejo L, Muñoz BC. 2011.** El cambio climático y las semillas de las plantas nativas cubanas. *Acta Botánica Cubana*. 214: 38-50.
- Shrestha MK, Golan-Goldhirshb A, Ward D. 2001.** Population genetic structure and the conservation of isolated populations of *Acacia raddiana* in the Negev Desert. *Biological Conservation*. 108: 119-127.
- UICN. 2001.** Categorías y criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. Gland, Suiza y Cambridge, UICN.