

**REEVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL GÉNERO *ZAMIA*
PARA COLOMBIA USANDO PATRONES ACTUALES Y TENDENCIAS
HISTÓRICAS EN SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

CATALINA HERNÁNDEZ OSORIO

Asesora:

Cristina López-Gallego

Doctora en Biología de la Conservación

Trabajo de grado para obtener el título de:

Biólogo

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES**

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

MEDELLÍN

2015

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) es el recurso de información más completo que detalla el estado de conservación de plantas y animales a escala mundial (Lamoreux et al. 2003). Aceptada ampliamente como la principal autoridad y sistema objetivo de clasificación disponible en la actualidad, la Lista Roja de la UICN establece cinco criterios cuantitativos (A-E) para evaluar el riesgo de extinción de las especies (Lamoreux et al. 2003, Rodrigues et al. 2006). Estos criterios utilizan información de base como análisis probabilísticos de extinción, el tamaño de la población y/o el ámbito geográfico de la especie y las tendencias de cambio en estos parámetros para definir las principales categorías de amenaza (IUCN-SSC 2001).

Para determinar la categoría de amenaza de un taxón, el taxón debe ser evaluado con todos los criterios posibles a fin de saber cuáles cumple. Sin embargo, si al menos uno de los criterios es aplicable, el taxón se puede declarar en alguna categoría de amenaza. Muchas de las especies de mamíferos, aves, anfibios y gimnospermas son categorizadas con base en un solo criterio; por ejemplo, el 75% de los anfibios amenazados están listados únicamente conforme a medidas del ámbito geográfico (Summary Statistics for Globally Threatened Species 2007). El tamaño del ámbito geográfico constituye un importante predictor del riesgo de extinción, reflejando en buena medida la vulnerabilidad de las especies con distribución estrecha (Gaston et al. 2009). Este criterio ha sido ampliamente usado en la categorización de taxa por la facilidad de estimación en comparación con otros parámetros (como tamaños poblacionales o probabilidades de extinción) (Sérgio et al. 2006).

La Lista Roja de la UICN en su criterio 'B' propone dos tipos de medidas del ámbito geográfico para evaluar el nivel de amenaza, estas son: la extensión de

presencia (B1) y el área de ocupación (B2). Para el subcriterio 'B1', la 'extensión de presencia' es definida como el área contenida dentro de los límites continuos e imaginarios más cortos que pueden trazarse para incluir todos los sitios conocidos, inferidos o proyectados en los que un taxón se encuentra presente. Mientras que, para el subcriterio 'B2', el 'área de ocupación' se define como el área más pequeña dentro de la extensión de presencia esencial para la supervivencia de las poblaciones existentes de un taxón. Para calificar a una categoría válida a través del criterio 'B' la distribución geográfica del taxón debe ser menor que un umbral específico para cada categoría y se debe cumplir con al menos dos calificadores para esa categoría. Los calificadores son estimaciones realizadas en términos de: (a) Fragmentación severa o número bajo de localidades, (b) Disminución continua o (c) Fluctuaciones extremas en el área o la calidad del hábitat, el número de localidades o subpoblaciones, o el tamaño poblacional total. Por ejemplo, una especie categorizada por el criterio 'B' con una extensión de presencia menor a 5000 Km², que experimente una disminución continua en la calidad del hábitat y se encuentre en menos de cinco localidades, estaría incluida en la categoría -En Peligro (EN) (IUCN-SSC 2001).

Gran parte de las especies amenazadas son categorizadas con base en el subcriterio 'B1' (usando el parámetro de "extensión de presencia"). Sin embargo, la categorización de la mitad de las especies de aves y un poco más del 90% de las gimnospermas listadas a nivel global usan tanto el subcriterio 'B1' como el 'B2' (Gaston et al. 2009). Una tendencia similar se reporta en los Libros Rojos publicados en Colombia, en donde la mayoría de las especies son categorizadas empleando el criterio 'B' y como subcriterio principal la extensión de presencia 'B1'. El uso recurrente de este subcriterio se debe a que es posible calcularlo para todas las especies, a partir de la georreferenciación de las localidades conocidas (Galeano et al. 2005), convirtiéndolo en el parámetro de más fácil estimación para describir el ámbito geográfico de un taxón.

El Libro Rojo de plantas de Colombia, publicado en el año 2005, en su segundo volumen documenta el estado de conservación de las palmas, frailejones y zamias (Galeano et al. 2005). Para el caso particular de las zamias, en el proceso de categorización se evaluaron las 20 especies de la familia Zamiaceae incluidas en dos géneros, *Zamia* y *Chigua*. El diagnóstico del estado de conservación del género *Zamia* concluyó que 11 de las 18 especies del género se encontraban en alguna categoría de amenaza. Estas especies fueron categorizadas en riesgo de extinción usando principalmente el criterio 'B' (*Z. disodon*, *Z. encephalartoides*, *Z. montana*, *Z. wallisii*, *Zamia* sp (Cogollo 11843), *Z. amplifolia*, *Z. manicata*, *Z. chigua* y *Z. roezlii*) y en algunos casos el criterio 'A' (*Z. oligodonta*) o 'D' (*Z. muricata*) (Galeano et al. 2005).

A la fecha han transcurrido diez años desde que se publicó la primera evaluación del estado de conservación de las especies del género *Zamia*. Durante este tiempo han surgido hechos importantes, tales como el reporte de tres nuevas especies para Colombia y para la ciencia (*Z. incognita*, *Z. huilensis* y *Z. tolimensis*), y nuevos datos y registros de poblaciones reportadas para las especies ya evaluadas. Además de esto, existe actualmente la posibilidad de evaluar las tendencias en transformaciones en los hábitats de muchas de las especies, dada la disponibilidad de mapas de cobertura vegetal original y transformada para el país (IDEAM, 2014). Teniendo en cuenta estas novedades, se propone reevaluar el estado de conservación del género *Zamia* para Colombia con base en sus patrones de distribución geográfica actual y las tendencias de cambio durante las últimas décadas en la distribución geográfica de las especies. Para la reevaluación, apuntamos a: (1) Generar mapas de extensión de presencia actual y modelos de distribución potencial para cada especie, (2) Analizar cómo ha cambiado en las últimas décadas la cobertura vegetal natural en cada área de extensión para las especies y finalmente (3) Calcular métricas de fragmentación del hábitat al interior de las áreas de extensión de presencia para caracterizar la calidad del hábitat actual para cada especie.

MARCO TEÓRICO

El género *Zamia* en Colombia

Zamiaceae es la familia más diversa y amplia dentro del orden Cycadales; comprende ocho géneros y cerca de 180 especies distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de África, Australia y América (Stevenson 2001, Donaldson 2003). Colombia es el país en el cual las Zamiaceae alcanzan su mayor diversidad morfológica (Sabato 1990). *Zamia*, el género más diverso dentro de la familia, consta de cerca de 75 especies concentradas en el Neotrópico y el Caribe (Hayne 2011, Lindstöm y Idárraga 2009, Calonje et al. 2010). Las especies de *Zamia* en Colombia típicamente crecen en bosques húmedos tropicales, a elevaciones que van desde el nivel del mar hasta los 2000 m. Muchas de estas especies son endémicas en áreas restringidas, pero otras son ampliamente distribuidas (Stevenson 2001).

En Colombia hasta el año 2001 (fecha en que se publicó la monografía de Cycadales para la Flora de Colombia) se conocían 16 especies de *Zamia*; pero después de la publicación de la monografía se han registrado cinco nuevas especies para el país. Actualmente, el género cuenta por lo menos con 21 especies, de las cuales diez son endémicas (Tabla 1) (Calonje et al. 2010, Galeano et al. 2005, Lindstöm y Idárraga 2009, Stevenson 2001). Colombia es el país con mayor número de especies de *Zamia* en el mundo.

Estado de amenaza de las especies de *Zamia* presentes en Colombia

La mayoría de las especies de *Zamia* en Colombia están incluidas dentro de alguna categoría de amenaza, principalmente por la destrucción y degradación de

sus hábitats producto de la deforestación y los cambios en el uso de la tierra (Galeano et al. 2005). El libro rojo de plantas amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (2002) realizó el primer diagnóstico global del estado de conservación de las especies de *Zamia* en el año 2002. La evaluación de las taxa presentes en Colombia arrojó que 7 especies presentaban algún grado de amenaza, de -las cuales cinco están En Peligro Crítico (*Z. amplifolia*, *Z. disodon*, *Z. hymenophyllidia*, *Z. montana* y *Z. wallisii*), una En Peligro (*Z. melanorrhachis*) y una Vulnerable (*Z. encephalartoides*). De otra parte, el diagnóstico del estado de amenaza a nivel nacional realizado en el 2005 establece que de las 18 especies (conocidas hasta el 2005), 11 están en alguna categoría de amenaza; cinco de ellas son consideradas En Peligro Crítico (*Z. disodon*, *Z. encephalartoides*, *Z. montana*, *Z. wallisii* y *Zamia sp (Cogollo 11843)*), tres En Peligro (*Z. amplifolia*, *Z. manicata* y *Z. oligodonta*) y tres Vulnerables (*Z. chigua*, *Z. muricata* y *Z. roezlii*) (Galeano et al. 2005).

Evaluación del estado de amenaza de una especie

El proceso de evaluación y categorización del riesgo de extinción de las especies que propone la UICN, ya sea a escala global o regional, constituye un marco metodológico de referencia con posibles rutas que permiten a un evaluador establecer si una especie enfrenta riesgo de extinción y en qué grado de severidad (IUCN-SSC2001). El primer paso en este marco metodológico es establecer si todas las especies requieren ser evaluadas o si cuentan con la información necesaria para aplicar los criterios, calificadores y umbrales propuestos en el proceso. La UICN (2001) ha desarrollado 5 criterios cuantitativos para determinar si una especie de cualquier grupo biológico evaluada está amenazada de extinción y en caso de estarlo en qué categoría de amenaza (En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU)). Cuatro de los criterios (A= reducción del tamaño poblacional; B= distribución geográfica representada como extensión de presencia

y/o área de ocupación; C= tamaño poblacional pequeño y en disminución; D= población muy pequeña o restringida) son utilizados a menudo en situaciones de escasez de datos y pueden aplicarse a especies que disponen de información parcial. El criterio E (análisis cuantitativo) requiere de estudios poblacionales específicos (IUCN 2010), por lo cual es poco utilizado en la evaluación de las especies. Precisamente, es la falta de conocimiento de las poblaciones la principal limitación a la hora de aplicar los criterios actuales en algunos grupos.

La distribución geográfica 'B' representada como la extensión de presencia 'B1' es una de las piezas de información más importantes para evaluar el estado de conservación de las especies (por ejemplo Klemann y Vieira (2013), Sérgio et al. (2006)). La evaluación de riesgo de extinción mediante el criterio B refleja la necesidad de evaluar aquellas especies con poblaciones que presentan distribuciones geográficas restringidas, pero que a su vez se encuentran altamente fragmentadas, sometidas a una disminución continua o que exhiben fluctuaciones extremas (tanto en el presente como en el futuro más cercano) (IUCN-SSC 2001). Bajo este subcriterio se ha definido una serie de umbrales cuantitativos específicos que indican que la reducción de la población está realmente llevando a una especie a la extinción. En la Tabla 2 se muestran los umbrales y condiciones que definen la pertenencia de una especie a una de las categorías de amenaza a través del subcriterio 'B1'.

OBJETIVO GENERAL

Reevaluar el estado de conservación de las especies del género *Zamia* presentes en Colombia usando patrones actuales y tendencias históricas de su distribución geográfica y según los lineamientos de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar y medir el área de extensión de presencia actual para cada una de las especies del género *Zamia* a través del método del polígono convexo mínimo utilizando la herramienta geoespacial GeoCAT.
- Estimar la distribución potencial de las especies del género *Zamia* a través del modelamiento en Maxent.
- Determinar la calidad del hábitat usando parámetros de fragmentación en los ecosistemas utilizados por las especies de *Zamia* dentro de la extensión de presencia.
- Analizar el cambio histórico en el área y calidad de la cobertura de los ecosistemas utilizados por las especies de *Zamia* dentro de la extensión de presencia a partir de mapas de cobertura para 1990 y el 2000.

METODOLOGÍA

Recopilación de información de distribución geográfica de las especies

En este estudio evaluamos las 21 especies del género *Zamia* reportadas hasta el 2015 para Colombia (Tabla 1). Para elaborar los mapas para estimar la extensión de presencia y la distribución potencial de cada especie usamos datos de registros de ocurrencia de poblaciones (i.e. registro de la presencia de individuos de *Zamia* en una localidad). Los registros de ocurrencia de las especies los obtuvimos de múltiples fuentes; principalmente de especímenes de las colecciones depositadas en los herbarios HUA, JAUM, MEDEL, CUVC y del portal de datos en línea SiB (Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia) que proporcionó datos de los herbarios COL, COAH y FMB. Todos estos herbarios los contactamos y obtuvimos autorización para usar su información de registros geográficos de especímenes. También consideramos los registros reportados en la literatura y aquellos proporcionados mediante comunicación personal con expertos que han colectado o avistado poblaciones de *Zamia*.

Para cada registro de ocurrencia (especímenes y reportes) corroboramos y obtuvimos la localidad exacta. Todos los registros recopilados fueron estandarizados para generar su correcta ubicación espacial. De acuerdo a la descripción de la localidad que acompañaba cada registro se estableció la división político-administrativa (departamento, municipio, vereda, corregimiento) mediante el geoportal del DANE Divipola (<http://www.dane.gov.co/geoportal/>). Posteriormente cada registro lo georreferenciamos asignando las coordenadas con la ayuda de Google Earth y del software libre GEOLocate.

Delimitación y medición de la extensión de presencia de las especies

La extensión de presencia definida como el área más pequeña que puede trazarse para abarcar todos los lugares conocidos, deducidos o proyectados en los que un taxón se encuentra presente (UICN, 2001), la delimitamos mediante el uso del método del polígono mínimo convexo (UICN, 2001). Este método define el polígono de menor superficie que contiene todos los lugares de presencia de la especie, y cuyos ángulos internos no excede los 180 grados (Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN – Versión 3.1, IUCN-SSC 2001). Para delimitar el polígono y generar los valores de extensión de presencia (EOO) de cada especie utilizamos la herramienta geoespacial de evaluación de la conservación GeoCAT. Esta herramienta fue diseñada para realizar análisis geoespaciales rápidos y obtener la EOO para listas rojas (Bachman et al. 2011).

Modelamiento de la distribución potencial de las especies

Los datos ambientales utilizados en el modelamiento de la distribución potencial de las especies los obtuvimos de la base de datos WORLDCLIM (Hijmans et al. 2005) WORLDCLIM contiene datos climáticos mensuales de temperatura y precipitación a una resolución espacial de 30 segundos de arco (~ 1 km de resolución). A partir de estos datos climáticos se derivan 19 variables ambientales de relevancia biológica; dichas variables se encuentran consignadas en la Tabla 3.

Los mapas de distribución geográfica potencial de las especies los construimos a través del algoritmo Maxent (Phillips et al. 2006). Maxent es un método robusto y ha demostrado un buen desempeño con muestras de tamaño limitado en contraste con otros enfoques (Hernández et al. 2006). MaxEnt utiliza datos ambientales, datos de presencias, y muestras de fondo, con el fin de estimar la relación entre ellos. A partir de esta información Maxent estima la probabilidad de distribución de la especie utilizando el principio de máxima entropía (más cercana

a la distribución uniforme), pero con limitaciones tales que el valor esperado de cada variable ambiental debe coincidir con la media registrada a lo largo de las localidades muestreadas. El modelo asigna a cada celda de un mapa un valor continuo de probabilidad de ocurrencia, identificando las áreas con condiciones ambientales similares a las zonas en las que la especie se registró y discriminando zonas con condiciones ambientales no adecuadas.

Estimación del cambio en el área de cobertura y calidad del hábitat

La estimación del área de cobertura de bosque actual y el cambio temporal en esa cobertura dentro de la extensión de presencia de cada especie la realizamos con un Sistema de información geográfica (QGIS Development Team 2009). Para las estimaciones usamos las coberturas de bosque de Colombia del Proyecto Bosque/No Bosque del IDEAM (resolución espacial 30 m), correspondientes a los años 1990 y 2000 (IDEAM, 2014). Calculamos las áreas de bosque y no bosque a través de las siguientes fórmulas:

$$A_{\text{Total bosque}} = \# C_{\text{bosque}} * A_C$$

$$A_{\text{Total Nobosque}} = \# C_{\text{Nobosque}} * A_C$$

Dónde,

$A_{\text{Total bosque}}$: Área de bosque en la extensión de presencia

$A_{\text{Total Nobosque}}$: Área de No bosque en la extensión de presencia

$\# C_{\text{bosque}}$: Número de celdillas de bosque en la extensión de presencia

$\# C_{\text{Nobosque}}$: Número de celdillas No bosque en la extensión de presencia

A_C : Área de la celdilla

El grado de fragmentación de bosque actual dentro del área de extensión de presencia lo estimamos a través de la relación entre el área del bosque y el área total de la extensión de presencia (Díaz, 2003). Los cálculos los realizamos utilizando la siguiente fórmula:

$$F = A_{\text{Bosque}} / A_{\text{Extensión de presencia}}$$

F: Grado de fragmentación

A_{Bosque} : Área de bosque dentro de la extensión de presencia

$A_{\text{Extensión}}$: Área total de extensión de presencia

Los valores de F oscilan entre 0 y 1. F se caracteriza de acuerdo a los siguientes rangos de valores: sin fragmentación ($F=1$), fragmentación moderada ($F=<1\leq 0,7$), altamente fragmentado ($0,5 \leq 0,7$) e insularizado ($F=<0,5$).

Asignación de la categoría de amenaza

La categoría de amenaza de cada especie la establecimos siguiendo los lineamientos propuestos en la versión 3.1 de Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN (IUCN-SSC 2001). El subcriterio considerado en la evaluación corresponde a la extensión de presencia 'B1', definida como el área contenida dentro de los límites continuos e imaginarios más cortos que pueden trazarse para incluir todos los sitios conocidos, inferidos o proyectados en los que la especie se encuentra presente. Calificar a una categoría válida a través del subcriterio 'B1', implica que el área de extensión de presencia sea menor que el umbral específico para cada categoría y que se cumplan al menos dos calificadores ((a) Fragmentación severa o número bajo de localidades, (b) Disminución continua o (c) Fluctuaciones extremas en el área o la calidad del hábitat, el número de localidades o subpoblaciones, o el tamaño poblacional total) para esa categoría. De acuerdo a las áreas de extensión obtenidas y a la estimación de los

calificadores evaluados asignamos a cada especie el umbral específico correspondiente (Tabla 2). Aquellas especies con datos deficientes las evaluamos con los calificadores asociados al subcriterio 'B2' y su categoría de amenaza la establecimos con base en la información de fondo relativa a observaciones del hábitat e inferencias de área de acuerdo al número de localidades.

RESULTADOS

Estimación de la EOO de las especie

Para las 21 especies consideradas en la evaluación recopilamos un total de 105 datos de ocurrencias; 84 correspondientes a registros existentes en especímenes de herbario, 4 registros en la literatura, 17 fueron comunicaciones personales con expertos. Los registros se localizaron en 16 departamentos incluidos en cuatro de las cinco grandes regiones naturales de Colombia: Región Amazónica (Amazonas, Caquetá, Guainía, Putumayo, Vaupés), Región Pacífica (Chocó, Nariño, Valle del Cauca), Región Andina (Antioquia, Caldas, Huila, Santander, Tolima) y Región Caribe (Bolívar, Córdoba, Guajira) (Tabla 4).

De las 21 especies evaluadas 15 contaron con el número de localidades suficientes (mínimo tres) para definir el polígono mínimo convexo (Tabla 4). De acuerdo al área de extensión estimada para estas 15 especies se obtuvo que 8 presentaron un área menor a 5.000 Km² y mayor a 100 Km² (*Z. manicata*, *Z. incognita*, *Z. encephalartoides*, *Z. wallisii*, *Z. hymenophyllidia*, *Z. huilensis*, *Z. disodon*, *Z. amplifolia*), 4 presentaron un área menor a 20.000 Km² y mayor a 5.000 Km² (*Z. obliqua*, *Z. roezlii*, *Z. lecointei*, *Z. melanorrhachis* y *Z. chigua*), y 2 especies presentaron áreas superiores a los 20.000 Km² (*Z. amazonum* y *Z. ulei*) (Tabla 5).

Cambio en la cobertura y calidad del hábitat en la EOO de las especies

Las estimaciones del área de bosque dentro de la extensión de presencia muestran que la cobertura de bosque conocida para el periodo 1990 - 2000 tendió a disminuir para 13 de las 15 especies con área de extensión de presencia estimada; solo *Z. chigua* y *Z. amplifolia* evidenciaron un incremento de la cobertura boscosa. Especies como *Z. manicata*, *Z. disodon*, *Z. encephalartoides*, *Z. incognita*, *Z. melanorrhachis* y *Z. wallisi* presentaron una disminución notable de la

cobertura boscosa; siendo *Z. disodon* (24.8 %), *Z. manicata* (21,6 %) y *Z. encephalartoides* (12.0%) las especies con mayor porcentaje de pérdida de bosque. Las estimaciones de área de no bosque muestran que especies como *Z. manicata*, *Z. encephalartoides*, *Z. melanorrhachis*, *Z. huilensis* y *Z. disodon* presentaron de inicio (1990) a fin (2000) mayores porcentajes de no bosque respecto a bosque (Tabla 6).

Los índices de fragmentación estimados para los mapas de bosque/no bosque del año 2000, muestran que de las 15 especies (con extensión de presencia estimada), 6 presentan áreas de extensión de presencia con grado de fragmentación insularizado, 2 con grado alto de fragmentación y 7 con grado moderado (Tabla 7). De acuerdo a la fragmentación estimada y a las observaciones realizadas sobre los mapas de cobertura de bosque y no bosque para los años 1990 y 2000 (Tabla 8), las especies con área de extensión de presencia altamente fragmentadas son *Z. manicata*, *Z. incognita*, *Z. encephalartoides*, *Z. melanorrhachis*, *Z. huilensis*, *Z. tolimensis*, *Z. wallisii* y *Z. disodon*.

Modelos de distribución potencial para las especies

Obtuvimos modelos de distribución potencial para 12 de las 21 especies evaluadas; aquellas que cumplieron con mínimo cinco registros de presencia. Las probabilidades de presencia predichas por Maxent para las 12 especies se muestran en la Tabla 9. Una revisión visual de los mapas de distribución potencial muestra que las zonas con alta probabilidad de presencia (regiones más oscuras en las figuras, Tabla 9) tienen representatividad dentro y fuera de los polígonos de extensión de presencia. De las 19 variables bioclimáticas 4 contribuyeron más frecuentemente a explicar la distribución potencial de las especies; tales variables son: Estacionalidad de la temperatura, Estacionalidad de la precipitación, Precipitación del cuatrimestre más cálido y Temperatura media del cuatrimestre

más lluvioso. Los porcentajes de contribución de las variables bioclimáticas se registran en la Tabla 10.

Categoría de amenaza de cada especie

De acuerdo a los criterios de distribución geográfica propuestos por la UICN (IUCN-SSC 2001) solo 15 de las 21 especies evaluadas cumplieron con al menos dos de los tres calificadores que posibilitan la asignación a alguna de las categorías de amenaza. Las 15 especies se encuentran distribuidas en las categorías de amenaza así: En Peligro Crítico (*Z. restrepoi*, *Z. montana*, *Z. tolimensis*), En Peligro (*Z. manicata*, *Z. incognita*, *Z. encephalartoides*, *Z. muricata*, *Z. pyrophylla*, *Z. spnov cogollo*, *Z. wallisii*, *Z. hymenophyllidia*, *Z. huilensis*, *Z. disodon*) y Vulnerable (*Z. lecointei*, *Z. melanorrhachis*). Las especies restantes fueron asignadas a la categoría Casi amenazada dado que no satisfacen las condiciones establecidas en el criterio B (Tabla 5).

DISCUSIÓN

El primer objetivo en este estudio fue delimitar y medir el área de extensión de presencia para las 21 especies del género *Zamia* presentes en Colombia. En esta primera fase es preciso destacar que las estimaciones del área de extensión se enmarcaron en un rango amplio; *Z. ulei* en el límite superior con un área de 287,770 Km² y *Z. wallisii* en el límite inferior con un área de 207 Km². De acuerdo a los resultados obtenidos, podríamos deducir que la variación en el tamaño del área de extensión de presencia de las especies estaría sujeto a dos condiciones; la cantidad de localidades disponibles y la distancia (lejanía o cercanía) existente entre las localidades. Las especies con mayor número de localidades y/o con localidades distantes entre sí presentaron áreas de extensión de presencia mayores.

El polígono convexo mínimo como método de estimación de las áreas de extensión de presencia se construyó alrededor de los puntos más extremos en el espacio. Las estimaciones de superficie derivadas de esta construcción en el caso de algunas especies (Ej: *Z. obliqua* y *Z. roezlii*), dieron lugar a la inclusión de áreas completamente inadecuadas (áreas de océano) dentro la extensión de presencia. Este tipo de discontinuidades en el tamaño del ámbito geográfico podrían generar errores al momento de asignar la categoría de amenaza de las especies. Es de anotar, que el número de registros de ocurrencia disponibles para algunas especies representó una limitación en el momento de estimar el tamaño del ámbito de distribución y la distribución potencial de las especies.

De este modo, la extensión de presencia es incluida dentro de los criterios de la Lista Roja de la UICN como una medida que captura la distribución geográfica global de las localidades en las que ocurre una especie; y no es enfáticamente una medida del área real y actual sobre la que ocurre la especie. De este modo mide de forma general el grado de expansión de riesgo entre las localidades; entre mayor sea la extensión de presencia, menor será la probabilidad de que todas las

localidades se sometan a la extinción simultánea como consecuencia de algún tipo de presión (Standards and Petitions Working Group 2006).

El segundo objetivo en el estudio estimó a través de métodos ecológicos la distribución potencial de las especies de *Zamia*. Los mapas de distribución potencial obtenidos en Maxent muestran que las especies presentan zonas con alta probabilidad de presencia dentro y fuera de los límites del área de extensión de presencia. La aplicación de este método de modelamiento nos permite validar (al menos visualmente) que porción de área dentro de la extensión de presencia es idónea para las especies; además de identificar áreas de presencia inexploradas que podrían ser potencialmente adecuadas.

También, vale la pena destacar que los métodos de modelamiento como Maxent, contribuyen a entender las relaciones entre las *Zamias* y las condiciones del ambiente que podrían estar determinando la presencia de una especie en un sitio y la ausencia en otro. De hecho, este tipo de información podría ser de gran utilidad al momento de discernir o solucionar conflictos de identidad entre especies cuyas distribuciones suelen solaparse.

El uso de herramientas para modelar la distribución potencial de las especies puede ser un paso intermedio en el proceso de establecer su estado de amenaza. La identificación de sitios de presencia no reportados en las colecciones de herbario o en la bibliografía podría optimizarse a través del diseño de nuevos muestreos en campo para compensar la falta de información. La determinación de la distribución potencial y la subsecuente estimación del área de extensión de presencia; podrían permitir una determinación más precisa y realista del estado de amenaza de las especies (Sergio et al. 2007).

La re-evaluación preliminar del estado de conservación de las especies del género *Zamia* en Colombia, finaliza con la evaluación de la calidad del hábitat y el cambio en el área y calidad de la cobertura de los ecosistemas utilizados por las especies. Las estimaciones de cobertura en los mapas de bosque/no bosque para el periodo

1990-2000 permiten concluir que la disminución en la cobertura de bosque dentro de la extensión de presencia fue el común denominador entre las especies, salvo para dos especies que experimentaron un aumento en la cobertura de bosque durante este periodo. Este aumento en la cobertura de bosque está asociado a la recuperación de información para algunas áreas del mapa de bosque/no bosque del año 2000 que presentaban vacíos de información para el año 1990.

El grado de fragmentación dentro de la extensión de presencia varió entre moderado, alto e insularizado; siendo insularizado y moderado los grados de fragmentación más frecuentes en los hábitats de las especies. La pérdida de bosque y consecuente fragmentación representa una disminución en el tamaño del hábitat y la conectividad entre las poblaciones. Estas alteraciones al hábitat junto con el deterioro en la calidad del hábitat remanente pueden afectar la eficacia biológica de las poblaciones dentro de los fragmentos de hábitat (Berglund et al. 2003).

El diagnóstico de las especies del género *Zamia* en Colombia a partir de criterios de distribución geográfica deja un balance de tres especies En Peligro Crítico, diez En Peligro, dos Vulnerables y seis Casi Amenazadas. Esta re-evaluación sugiere algunos cambios respecto al diagnóstico realizado por la UICN en 2002, tales como: (1) el paso de cuatro especies de una categoría de menor amenaza a una de mayor amenaza, (2) la incorporación de cinco especies no evaluadas a alguna de las categorías y (3) el paso de cinco especies de una categoría de mayor amenaza a una de menor amenaza. El descenso de categoría de amenaza se debe a la aplicación de un solo criterio en este diagnóstico frente a la aplicación de hasta tres criterios en el diagnóstico realizado en 2002.

Comparativamente, otras evaluaciones en plantas también han identificado que el carácter incompleto de los datos de distribución para evaluar las especies, constituye un obstáculo importante en el proceso de planificación de la conservación en las regiones tropicales (Kamino et al. 2012, Rivers et al. 2011,

Tejedor et al. 2014). Las áreas de extensión de presencia estimadas a partir de pocos registros representan para los investigadores áreas con alto grado de incertidumbre (Tejedor et al. 2014). Rivers et al. 2011 sugiere la necesidad de usar por lo menos diez registros válidos con el fin de llevar a cabo una estimación del ámbito geográfico (cerca al 90% de precisión) en una evaluación con los criterios de distribución geográfica de la Lista Roja. A pesar de que los datos de distribución suelen ser el recurso más abundante a disposición de quienes llevan a cabo las evaluaciones de la Lista Roja; es preciso tener en cuenta que solo representan una parte de lo que se requiere en una evaluación integral (Rivers et al. 2011).

La presente re-evaluación constituye una aproximación preliminar a algunos de los métodos propuestos en la Lista Roja de la UICN para categorizar las especies de acuerdo al tamaño de su ámbito de distribución. Los resultados obtenidos en el proceso de categorización evidencian que el criterio de distribución geográfica a través de la extensión de presencia no resuelve la situación de amenaza de algunas de las especies del género *Zamia*. Dada esta situación se hace necesaria la aplicación de otros criterios que brinden mayor resolución, particularmente para aquellas especies que aun experimentando una disminución continúa observada y estimada en el área de extensión y la calidad de hábitat persisten en la categoría de especies Casi amenazadas.

BIBLIOGRAFÍA

Bachman S, Moat J, Hill AW, De la Torre J y Scott B. 2011. Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: geospatial conservation assessment tool. *Zookeys*, 150: 117-126.

Berglund H, Jonsson BG. 2003. Nested plant and fungal communities; the importance of area and habitat quality in maximizing species capture in boreal old-growth forests. *Biological Conservation*, 112:319-328.

Calonje M, Esquivel HE, Stevenson DW, Calonje C, Pava D. 2010. A new arborescent species of *Zamia* from the Central Cordillera of Tolima, Colombia (Cycadales, Zamiaceae), with comments on the *Z. poeppigiana* species complex. *Brittonia*, 63(4):442–51.

Calonje M, Stevenson DW, Calonje C, Ramos YA, Lindström A. 2010. A new species of *Zamia* from Chocó, Colombia (Cycadales, Zamiaceae). *Brittonia*, 62(1):80–5.

Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN – Versión 3.1, IUCN-SSC [Internet]. 2001. IUCN. Fecha de acceso: 2013 Jul. Disponible en: http://www.iucnredlist.org/documents/redlist_cats_crit_sp.pdf.

Donaldson JS. 2003. Cycads. Status Survey and Conservation Action Plan [Internet]. IUCN/SSC Cycad Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Disponible en: <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/2003-010.pdf>.

Galeano GR, Bernal E, Calderón N, García A, Cogollo y A. Idárraga. 2005. *Zamias*. En: Calderón E, G. Galeano y N. García, editores. Libro Rojo de Plantas de Colombia. Volumen 2: Palmas, Frailejones y Zamias. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt - Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. p.29, 391.

Gaston KJ, y Fuller RA. 2009. The sizes of species' geographic ranges. *Journal of Applied Ecology*, 46:1–9.

Haynes JL. World List of Cycads: A Historical Review [Internet]. Unpublished. Disponible en: <http://www.cycadsg.org/publications/Haynes-Historical-Review-of-World-List-of-Cycads-2012.pdf>

Hernández PA et al. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773-785.

Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG y Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 2014. Mapa de Bosque/No Bosque año 1990 para Colombia Área Continental, versión 5.0. con resolución espacial de 30 metros de pixel en formato raster temático.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 2014. Mapa de Bosque/No Bosque año 2000 para Colombia Área Continental, versión 5.0. con resolución espacial de 30 metros de pixel en formato raster temático.

Kamino LHY et al. 2012. Reassessment of the Extinction Risk of Endemic Species in the Neotropics: How can Modelling Tools Help us? *Natureza & Conservação* 10(2):191-198.

Klemann L y Vieira JS. 2013. Assessing the extent of occurrence, area of occupancy, territory size, and population size of marsh tapaculo (*Scytalopus iraiensis*). *Animal Biodiversity and Conservation*, 36(1): 46-56.

Lamoreux J, Akcakaya HR, Bennun L, Collar NJ, Boitani L, et al. 2003. Value of the IUCN Red List. *Trends in Ecology & Evolution*, 18: 214–215.

Lindström A, Idárraga Á. 2009. *Zamia incognita* (Zamiaceae): the exciting discovery of a new gymnosperm from Colombia. *Phytotaxa*, 2(30):29–33.

McGarigal K, Cushman S, y Regan C. 2005. Quantifying terrestrial habitat loss and fragmentation: a protocol [Internet]. USDA Gen. Tech. Rep. Rocky Mountain Region. P. 115. Disponible en: http://www.umass.edu/landeco/teaching/landscape_ecology/labs/fragprotocol.pdf.

Phillips SJ, Anderson RP y Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190:231-259.

QGIS Development Team. 2009. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. URL <http://qgis.osgeo.org>

Rivers MC et al. 2011. How many specimens are needed to detect threatened species? *Biological Conservation*. 144(10): 2541-2547.

Rodrigues SL, Pilgrim JD, Lamoreux JF, Hoffmann M y Brooks TM. 2006. The value of the IUCN Red List for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 21: 71-76.

Sabato S. 1990. West Indian and South American cycads. *Mem. New York Bot. Gard*, 57: 173-185.

Sergio C, Figueira R, Draper D, Menezes R y Sousa AJ. 2006. Modelling bryophyte distribution based on ecological information for extent of occurrence assessment. *Biological Conservation*, 135: 341-351.

Standards and Petitions Working Group [Internet]. 2006. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria -Version 6.2. Fecha de acceso: 2015 Mayo. Disponible en: http://www.eswr.com/docs/080808/iucn_RedListGuidelines_2006.pdf

Stevenson DW. 2001. Flora de Colombia. Orden Cycadales [Internet]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. p. 23. Disponible en: http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_16/file/floracol/fdc021.pdf

Stevenson DW, Volvides A, Chemnick J. 2003. Regional Overview: New World [Internet]. IUCN/SSC Cycad Specialist Group. Cycads. Status Survey and

Conservation Action Plan. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. p. 31–38. Disponible en: <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/2003-010.pdf>

Summary Statistics for Globally Threatened Species [Internet]. 2007. IUCN. Fecha de acceso: 2013 Jul. Disponible en: <http://iucnredlist.org>.

Tejedor N, Álvarez E, Arango S, Araujo A, Baldeón S, Beltrán H, Blundo C, Boza TE, Fuentes A, Gaviria J, Gutiérrez N, Khela S, León B, La Torre MA, López R, Malizia L, Millán B, Moraes M, Newton AC, Pacheco S, Reynel C, Ulloa C y Vacas O. 2014. A regional Red List of montane tree species of the tropical Andes: Trees at the top of the world. p. 5 – 8.

Walter KS, Gillett HJ. 2002. Red list of threatened plants [Internet]. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre. IUCN - The World Conservation Union, Gland, Switzerland 8.10.02. Disponible en: http://data.iucn.org/Themes/ssc/redlist_archive/redlist2002/rl_sp_news.htm.

