

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES DE PLANTAS
ANGIOSPERMAS DE LOS PÁRAMOS DE ANTIOQUIAConservation status of the angiosperm species
of the Antioquia paramosFernando ALZATE-GUARÍN^{1*}, Dora CANO¹, Rosa del C. ORTIZ²

1. Missouri Botanical Garden, 4344 Shaw Blvd., St Louis, MO 63166-0299, USA. .

2. Missouri Botanical Garden, P.O. Box 299, St. Louis, Missouri 63166-0299, U.S.A.

* For correspondence alveiro.alzate@udea.edu.coReceived: 29th July 2020. Returned for revision: 5th May 2021. Accepted: 25th May 2021.

Associate Editor: Marco Sarigu

Citation/ citar este artículo como: Alzate-Guarín F, Cano D, Ortíz R. (2022). Estado de conservación de las especies de plantas Angiospermas de los páramos de Antioquia. *Acta Biológica Colombiana*, 27(2), 177 - 185. <https://doi.org/10.15446/abc.v27n2.89521>

RESUMEN

La necesidad actual de conservar la diversidad en los ecosistemas de páramo frente a las múltiples amenazas que los afectan requiere un rápido reconocimiento de las especies más vulnerables. En este estudio se aplican dos metodologías para la evaluación rápida del estado de riesgo de especies de Angiospermas distribuidas en los seis complejos de páramo de Antioquia, denominados el método de NY y el método de US. Ambos métodos usan datos asociados a colecciones de herbario para estimar de forma preliminar el estado de riesgo de las especies. Con la primera metodología basada en el cálculo de la extensión de presencia (EOO), se encontraron 110 especies potencialmente en riesgo, distribuidas en 29 familias y 57 géneros. Con la segunda metodología basada en datos de año/ fecha de colección, geográficos y de número de colecciones, se encontraron 192 especies “en riesgo” correspondientes a 42 familias y 100 géneros. Los resultados obtenidos pueden ser de utilidad en la identificación de áreas prioritarias y la orientación de esfuerzos de conservación hacia las áreas y las especies más vulnerables.

Palabras Clave: Conservación, especies amenazadas, extensión de presencia, registros de herbario.

ABSTRACT

The current need to preserve the diversity in the ecosystems of paramo given the multiple threats that affect them, requires a fast recognition of the most vulnerable species. We applied two methodologies for the rapid evaluation of the risk condition of Angiosperm species distributed in six paramo complexes of Antioquia. Both methods use information associated with herbarium collections to obtain a rapid assessment of species at risk. With the first methodology based on the estimation of the extension of presence (EOO), we found 110 species with potential risk of extinction, distributed in 29 families and 57 genera. With the second methodology based on year of collection, geographical data, and number of collections, we found 192 species “at risk” corresponding to 42 families and 100 genera. The results present here can be useful for the identification of priority areas and the orientation of the efforts of conservation towards those areas and the most vulnerable species.

Keywords: Conservation, extension of presence, herbarium data, threatened species.

INTRODUCCIÓN

Los páramos son ecosistemas de alta montaña exclusivos del Neotrópico (Sarmiento y León, 2015) caracterizados por sus singulares condiciones climáticas, geológicas y edáficas, que dan cuenta de una diversidad única, alto endemismo y una amplia gama de servicios ecosistémicos (Hofstede et al., 2003; Morales et al., 2007). No obstante, desde el punto de vista ecológico, se les considera ecosistemas frágiles, con bajos umbrales de resiliencia y resistencia ante las perturbaciones medioambientales como cambio climático y actividades antrópicas (Sklenar et al., 2005; Marín y Parra, 2015; Rada et al., 2019).

Colombia cuenta con cerca del 50 % de páramos existentes, ocupando el 2,6 % del territorio nacional, distribuidos en 37 complejos localizados sobre las tres cordilleras y en la Sierra Nevada de Santa Marta (Marín y Parra, 2015; Sarmiento y León, 2015). En el país estos ecosistemas se ubican a partir de los 2700 +/- 100 m s.n.m., con variaciones en la altitud de acuerdo con condiciones locales (Rivera y Rodríguez, 2011).

Estudios florísticos en la alta montaña se han venido realizando desde hace varias décadas en Colombia, lo cual ha permitido conocer la diversidad de los ecosistemas paramunos (Van der Hammen y Rangel, 1997). En los páramos de Colombia se reporta una diversidad de 3173 especies de Espermatofitas, 566 géneros y 118 familias, siendo las familias con mayor número de especies: Asteraceae, Orchidaceae, Poaceae, Melastomataceae y Bromeliaceae. Mientras que los géneros con mayor diversidad en estos ecosistemas son *Espeletia*, *Hypericum*, *Miconia*, *Monticalia*, *Piofontia* y *Senecio* (Rangel-Churio, 2015).

Para el caso del departamento de Antioquia, Alzate-Guarín y Murrillo-Serna (2016) reconocen seis complejos de páramos con un área de 430 km², correspondiente al 0,7 % del territorio departamental, localizados en las cordilleras Central y Occidental. En dicho estudio se cuantificó la riqueza de Angiospermas para los páramos de Antioquia en 693 especies, 277 géneros y 86 familias, siendo Asteraceae, Orchidaceae, Melastomataceae y Poaceae las familias más diversas.

Las múltiples presiones a las que están sometidos los páramos, causadas principalmente por actividades antrópicas, han generado transformación en sus coberturas naturales, amenazando su estabilidad, deteriorando sus condiciones y poniendo a las especies que los habitan en alto riesgo de desaparición (Amaya-Espinel et al., 2011; López-Gallego, 2015). Situaciones como estas han obligado a diferentes sectores tanto públicos como privados a adelantar tareas en pro de la protección de estos y otros ecosistemas. A nivel nacional los esfuerzos se ven materializados en la Política Nacional de Diversidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018), reflejada en los Libros Rojos de Plantas de Colombia y en la creación de la Red de Jardines Botánicos, entre otros. Por su parte, en el departamento de

Antioquia se destaca el trabajo del Comité Interinstitucional de Fauna y Flora Amenazadas (CIFFA), que reúne diferentes sectores y autoridades regionales en el tema de conservación.

Solo algunos estudios se han llevado a cabo para categorizar el riesgo de extinción de especies distribuidas en los páramos, donde se destaca el trabajo de Rangel et al. (2000), quien presenta una lista de flora amenazada de los páramos de Colombia, en la cual no se describen los criterios explícitos para establecer esta categorización. El CIFFA ha inventariado y diagnosticado para el departamento de Antioquia el estado de vulnerabilidad para algunos grupos de plantas (Estrategia para la conservación de las plantas amenazadas en el departamento de Antioquia, 2005), diagnósticos que tampoco presentan métodos explícitos para su desarrollo.

Este estudio tiene por objeto diagnosticar de forma preliminar los estados de conservación de las especies de Angiospermas encontradas en los páramos de Antioquia, empleando el parámetro de Extensión de presencia (EEO) y datos asociados a colecciones de herbario, referentes a presencia en los diferentes páramos, fechas de colección y abundancia de registros de acuerdo con la propuesta metodológica de Miller et al. (2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

En el estudio se incluyeron los seis complejos de páramo del departamento de Antioquia, el cual se ubica al noroeste de Colombia, e incluye la parte norte de las cordilleras Occidental y Central de los Andes. Los complejos Farallones de Citará, Frontino-Urrao y Paramillo se encuentran ubicados sobre la cordillera Occidental, mientras que Aburrá, Belmira y Sonsón están en la cordillera Central (Tabla 1). Estos en conjunto cubren 430,6 km² de los 63,612 km² que abarca el departamento, es decir el 0,7 % de su área (Alzate-Guarín y Murrillo-Serna, 2016).

Tabla 1. Complejos de páramo de Antioquia con su respectiva área, altitud y cordillera en la que están localizados.

Complejo	Área (km ²)*	Altitud máxima (m s.n.m.)	Cordillera
Aburrá	8,7	3175	Central
Belmira	106,22	3340	Central
Farallones de Citará	112,33	3940	Occidental
Frontino-Urrao	153,96	3940	Occidental
Paramillo	15,5	3720	Occidental
Sonsón	33,89*	3363	Central

*Área en el departamento de Antioquia

El límite inferior del páramo se definió de manera arbitraria en este estudio a 2800 m s.n.m., pese a que la definición de este límite es compleja, dada la cantidad de factores que intervienen en ello (Sarmiento y León, 2015), pero considerando las condiciones topográficas y medioambientales donde se encuentran los páramos de Antioquia, se considero el límite inferior indicado.



Figura 1. Vista panorámica de los páramos estudiados en esta investigación. **a.** Aburrá, **b.** Farallones de Citará, **c.** Sonsón, **d.** Frontino-Urrao, **e.** Belmira.

Obtención de registros

Los registros de especies Angiospermas encontradas en los páramos de Antioquia, utilizados en este estudio, provienen del inventario de Alzate-Guarín y Murillo-Serna (2016), que incluyen un total de 693 especies. En el diagnóstico se aplicaron dos metodologías propuestas por Miller et al. (2012), las cuales comprenden el cálculo de extensión de presencia (EOO) bajo el criterio B de la UICN, denominado método de NY, y la categorización del estado de amenaza usando un algoritmo de cuatro pasos que emplea datos espaciales, temporales y de abundancia de registros de herbario para estas especies, o metodología de US.

La información consignada en las etiquetas de las colecciones de los herbarios HUA y JAUM y de los especímenes disponibles en línea de Tropicos, Missouri Botanical Garden (Tropicos, 2019), Herbario Nacional Colombiano COL (Biovirtual, 2019), Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2019) y Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB-Colombia, 2019) se revisó exhaustivamente. Los datos incluidos en este estudio fueron: familia, género, especies, fecha de colección, rango altitudinal, departamento, municipio, localidad, coordenadas geográficas, colector y número de colección.

Los datos se depuraron, excluyendo todos los especímenes que aparecieran como “sp”, “no identificado”, o sin epíteto específico al igual que aquellos registros que no presentaban fecha de colección o que la altitud máxima registrada estuviera por debajo de 2800 m.s.n.m. Todos los taxones

fueron analizados a nivel de especie, por lo tanto, los registros de las subespecies fueron considerados dentro de la especie respectiva.

Método I

Posterior a la depuración de los registros y datos de colección, la información geográfica fue sometida a un proceso de georreferenciación donde, para las localidades con coordenadas se realizaron procesos de verificación que consistieron en validar si las coordenadas coincidían espacialmente con la localidad reportada y el dato altitudinal. También se aplicaron métodos de post-georreferenciación para las localidades sin coordenadas, es decir, a partir de la localidad y la altura se asignaron las coordenadas haciendo uso de la cartografía digital en el software ArcGis 10.2 (ESRI, 2018), esta metodología se encuentra publicada en el protocolo de georreferenciación del Instituto Von Humboldt (Escobar et al., 2015).

Para la selección de los datos se siguieron los siguientes pasos de manera consecutiva:

1. Las localidades dudosas se eliminaron del análisis.
2. Las especies a incluir debían tener como mínimo 3 registros.
3. Se eliminaron los registros duplicados con las mismas coordenadas para una misma especie.
4. Los registros por debajo de 2800 m.s.n.m. se incluyeron en el análisis, siempre y cuando se encontraran próximos a dicha altitud.

Análisis espacial

Una vez que la base de datos fue depurada, se procedió a estimar la extensión de presencia (EOO) ejecutando las extensiones Geo Wizards incorporadas en ArcGis 10.2. (lan-ko.com, 2019), se utilizó la herramienta *Point to Polygon*, que permite convertir un conjunto de datos de puntos a polígono, teniendo en cuenta el nombre científico de las especies para que los registros (puntos) fueran integrados en un solo polígono. Posteriormente, se hizo un corte de las áreas para que solo se incluyeran las áreas por encima de los 2800 m. s.n.m. Cada uno de los complejos de páramo se tomó como un área independiente y la estimación de EOO se hizo para cada especie de forma separada en cada complejo.

A las especies con valores estimados de EOO por encima de 100 km² se les asignó la categoría de “No riesgo”, mientras que las que presentaron valores por debajo de este umbral, o con un número de registros inferior a tres por complejo de páramo, no permitieron el cálculo de los valores EOO, por lo tanto se les asignó la categoría “Potencialmente en riesgo”.

Método II

El algoritmo de cuatro pasos propuesto por Miller et al. (2012) y adaptado como se explica en la figura 2, se aplicó para evaluar el potencial riesgo de extinción de las especies.

Primer Paso. Endemismo: la distribución geográfica de cada una de las 693 especies de Angiospermas incluidas en el estudio se estableció, seleccionando las especies endémicas de Colombia y las de más amplia distribución que han sido reportadas con algún grado de vulnerabilidad, con este fin fueron consultados listados de especies amenazadas de Perú (Salazar, 2019), Centro América (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo [CCAD], 2017), Venezuela (Lrfv, 2018) y Ecuador (Jørgensen, 2018). Las especies aquí seleccionadas fueron evaluadas en el siguiente paso del algoritmo.

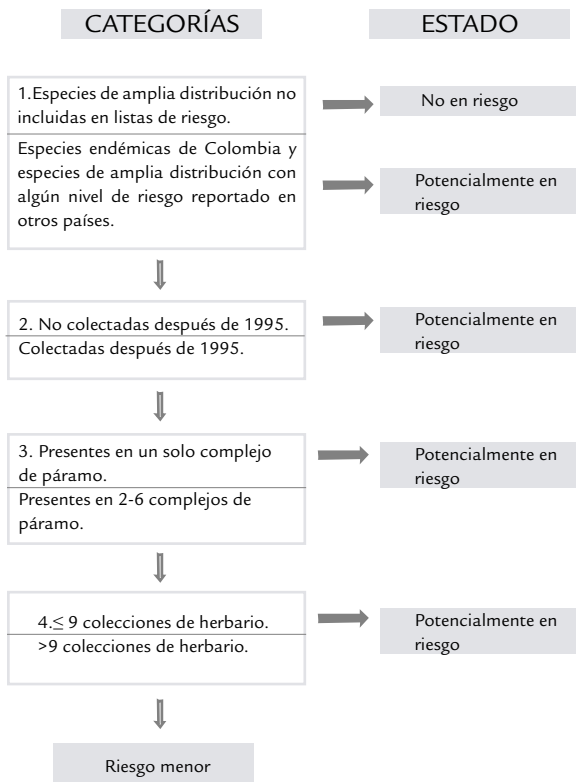


Figura 2. Diagrama de flujo del protocolo con el cual se evaluó el potencial riesgo de extinción para 693 especies de Angiospermas de páramos de Antioquia, de acuerdo al protocolo adaptado de Miller et al. (2012).

Segundo Paso. Análisis de la fecha de las colecciones: Las especies sin registros desde el año 1995, se consideraron “Potencialmente en riesgo”. Se planteó este año como referencia ya que entre 1986 y 1995 se realizaron exhaustivos muestreos en

115 municipios del departamento, en el marco del proyecto “Flora de Antioquia” donde fueron recolectados alrededor de 60 000 especímenes los cuales fueron depositados en el herbario HUA, con duplicados en AAU, COL, F, GH, JAUM, K, MEDEL, MO, NY, y PH. A las especies que fueron colectadas después de 1995, se les aplicó la evaluación descrita en el tercer paso.

Tercer Paso. Evaluación de la distribución de las especies: Especies registradas en un solo complejo de páramo se consideraron “Potencialmente en riesgo”, y aquellas con registros para dos o más complejos se les aplicó el procedimiento del cuarto paso.

Cuarto Paso. Evaluación de la rareza de los registros de especies en herbario disponibles: para este paso se procedió a determinar el número de colecciones por especie y su comparación con la media del número de ejemplares por especie del herbario HUA, el cual es igual a nueve. Este criterio se definió, considerado HUA como la institución de referencia para este estudio y el número de especímenes como indicador de rareza. En este caso se consideraron “Potencialmente en riesgo” aquellas especies con nueve o menos colecciones, mientras que aquellas representadas por más de nueve colecciones, se les consideró en “Riesgo menor”.

RESULTADOS

Método I

Después del proceso de depuración descrito en los métodos, la base de datos inicialmente construida con 12 197 registros fue reducida a 1164, correspondientes a 29 familias, 57 géneros y 110 especies, y con esta información se determinó el número de taxones en riesgo, donde las familias con mayor número de estas fueron Asteraceae (9 géneros/23 especies), Melastomataceae (7/18), Campanulaceae (3/11), Orchidaceae (5/7) y Berberidaceae (1/6), y los cinco géneros encontrados con mayor número de especies en riesgo fueron *Miconia* (11 especies), *Pentacalia* (8), *Berberis* (6), *Brunellia* (5) y *Centropogon* (5) (Tabla 2).

El grupo de Angiospermas resultante después de la depuración, se dividió en dos grandes conjuntos, uno en el que no fue posible el cálculo de EOO por presentar menos de tres localidades dentro del mismo complejo y el segundo en el que las especies tenían más de tres localidades, permitiendo construir los polígonos.

Los taxones a los cuales no se pudo calcular EOO, conformaron el grupo más numeroso, con 62 especies, que fueron consideradas “Potencialmente en riesgo” las cuales pertenecen a 22 familias y 38 géneros. Dentro de este grupo, las familias con mayor número de especies en riesgo fueron Asteraceae (6 géneros/12 especies), Melastomataceae (4/9),

Campanulaceae (3/6), Orchidaceae (5/6), Berberidaceae (1/5), mientras que los géneros con más especies vulnerables fueron *Berberis*, *Miconia*, *Pentacalia*, *Centropogon* y *Brunellia*.

Se encontró que el 87 % de las especies a las cuales no se estimó EOO (correspondiente a 55 taxones), son endémicas de Colombia, y de éstas, 16 son endémicas para Antioquia. En este grupo se encuentran entre otras, *Pitcairnia farinosa* L.B. Sm. & Betancur, *Ancipitia londonoi* (Luer) Luer, *Cyrtochilum scabiosum* Rchb. f. ex Kraenzl., *Elleanthus cinnabarinus* Garay y *Stenoptera longiscapa* (Kraenzl.) L.O. Williams.

La mayor proporción de especies de Angiospermas con menos de tres localidades en el mismo páramo, se encontraron en el complejo de Frontino-Urrao donde 27 especies tuvieron esta estadística, seguido de los complejos Aburrá con 20 y Belmira con 17 especies, mientras que Paramillo, Farallones de Citará y Sonsón tuvieron 15, 13 y 11 especies respectivamente.

Por otro lado, de las 48 especies a las cuales se pudo estimar el EOO, se encontró que ninguna de ellas superó

el umbral de 100 km² en su distribución, por lo que todas fueron consideradas *Potencialmente en riesgo*. *Viburnum antioquiense* Killip & A.C. Sm. con 72,32 km² fue la especie que alcanzó la mayor área de EOO (Tabla 3).

De las 48 especies con EOO estimado, 45 son endémicas de Colombia y 14 de ellas endémicas de Antioquia entre ellas: *Burmeistera montipomum* E. Wimm., *Symbolanthus gaultherioides* Ewan, *Symbolanthus pterocalyx* Struwe, *Puya roldanii* Betancur & Callejas, *Espeletia praefrontina* Cuatrec., *Baccharis antioquiensis* Killip & Cuatrec., *Badilloa sonsonensis* R.M. King & H. Rob., *Niphogeton killipiana* Mathias & Constance y *Macrocarpaea callejasii* J.R. Grant.

En cuanto a los complejos, la mayor cantidad de especies con más de tres localidades registradas se encontraron en Frontino-Urrao con 24 taxones, seguido por Sonsón y Aburrá (22 y 17 taxones respectivamente). En el páramo de Farallones de Citará no se encontró ninguna especie con más de tres registros y en Paramillo solo una especie permitió calcular su EOO.

Tabla 2. Total de especies diagnosticadas como “Potencialmente en riesgo” para los páramos del departamento de Antioquia, detallando el aporte porcentual y el número de géneros y especies para cada familia.

Familia	Porcentaje	Géneros/Especies	Familia	Porcentaje	Géneros/Especies
Orchidaceae	19,37	16/37	Apocynaceae	1,05	2/2
Asteraceae	17,28	14/33	Pentaphragaceae	1,05	2/2
Melastomataceae	10,47	8/20	Primulaceae	1,05	1/2
Campanulaceae	5,76	3/11	Urticaceae	1,05	2/2
Rosaceae	4,71	4/9	Poaceae	0,52	1/2
Rubiaceae	3,14	3/6	Orobanchaceae	0,52	1/2
Gentianaceae	3,14	4/6	Gesneriaceae	0,52	1/2
Berberidaceae	2,62	1/5	Winteraceae	0,52	1/2
Bromeliaceae	2,62	3/5	Cannabaceae	0,52	1/2
Brunelliaceae	2,09	1/4	Eriocaulaceae	0,52	1/2
Ericaceae	2,09	4/4	Lauraceae	0,52	1/2
Apiaceae	1,57	2/3	Piperaceae	0,52	1/2
Calceolariaceae	1,57	1/3	Rhamnaceae	0,52	1/2
Solanaceae	1,57	3/3	Grossulariaceae	0,52	1/2
Geraniaceae	1,57	1/3	Caryophyllaceae	0,52	1/2
Aquifoliaceae	1,57	1/3	Styracaceae	0,52	1/2
Araliaceae	1,57	2/3	Symplocaceae	0,52	1/2
Plantaginaceae	1,05	2/2	Loranthaceae	0,52	1/2
Alstroemeriaceae	1,05	1/2	Caprifoliaceae	0,52	1/2
Clusiaceae	1,05	1/2	Adoxaceae	0,52	1/2
Santalaceae	1,05	1/2	Xyridaceae	0,52	1/2

Tabla 3. Total de especies diagnosticadas como “Potencialmente en riesgo” para los 20 géneros más abundantes, en los complejos de páramo del departamento de Antioquia, detallando el aporte total y porcentual.

Géneros únicos	Especies	Porcentaje
<i>Epidendrum</i>	12	6,28
<i>Miconia</i>	12	6,28
<i>Pentacalia</i>	10	5,24
<i>Centropogon</i>	6	3,14
<i>Berberis</i>	5	2,62
<i>Lachemilla</i>	5	2,62
<i>Brunellia</i>	4	2,09
<i>Cyrtochilum</i>	4	2,09
<i>Piofontia</i>	4	2,09
<i>Espeletia</i>	4	2,09
<i>Palicourea</i>	4	2,09
<i>Stelis</i>	4	2,09
<i>Baccharis</i>	3	1,57
<i>Calceolaria</i>	3	1,57
<i>Elleanthus</i>	3	1,57
<i>Geranium</i>	3	1,57
<i>Gynoxys</i>	3	1,57
<i>Ilex</i>	3	1,57
<i>Puya</i>	3	1,57
<i>Siphocampylus</i>	3	1,57

Método II

Mediante la revisión de la distribución geográfica de cada una de las 693 especies de Angiospermas de los complejos de páramo de Antioquia, se encontró que 101 de estas especies son endémicas de Colombia. Un total de 91 especies de páramo y de amplia distribución han sido reportadas con algún grado de vulnerabilidad en otros países, sumando con estas un total de 192 taxones con algún riesgo. Este grupo de especies se incluyó en la evaluación bajo el segundo paso del algoritmo.

En el paso dos, al examinar la fecha de las colecciones de especímenes de herbario para los 191 taxones, se encontró que 62 especies no han sido colectadas después de 1995, lo que las clasifica como “Potencialmente en riesgo”. Las 130 especies restantes se evaluaron bajo el tratamiento descrito en el paso tres.

La evaluación de la distribución geográfica (paso tres), de las 129 especies con colecciones posteriores a 1995, arrojó que 31 taxones, están presentes solo en uno de los seis complejos de páramo del departamento, por lo que fueron calificados como “Potencialmente en riesgo”, mientras que 99 de ellas están presentes en dos o más complejos.

Del conjunto de especies recolectadas después de 1995 y distribuidas en dos o más páramos, solo 32 están representadas por menos de nueve colecciones de herbario, razón por la cual son consideradas “Potencialmente en riesgo”. Las restantes 66 especies, a pesar de ser endémicas de Colombia, tienen un número de colecciones superiores al promedio estimado para el herbario HUA o han sido colectadas recientemente y/o su distribución es relativamente amplia, por lo que son consideradas en “no en riesgo”.

Mediante el método de diagnóstico de estados de conservación, utilizando cuatro criterios (método II), se pudo establecer que de las 693 especies de Angiospermas evaluadas en este estudio y presentes en los páramos de Antioquia, 192 se encuentran “Potencialmente en riesgo”, ya sea por, presentar distribución restringida, no haber sido colectadas recientemente, no haber sido colectadas con frecuencia o estar presentes solo en uno de los seis complejos de páramo del departamento, lo cual corresponde al 31,27 % del total de especies encontradas en páramo.

Las especies con algún grado de vulnerabilidad están distribuidas en 42 familias y 100 géneros, como se detalla en las tablas 1 y 2. Las especies que no se han colectado después de 1995 (62 taxones), están poco representadas en los herbarios, alcanzando un máximo de siete colecciones por taxón.

De algunas de las especies solo se tienen colecciones en Antioquia, como es el caso de *Oreopanax brunneus* Decne. & Planch. ex Harms, *Centropogon arachnocalyx* Lammers, *Tripodanthus belmirensis* F.J. Roldán & Kuijt, *Pentacalia tomasiana* (Cuatrec.) Cuatrec., *Brunellia penderiscana* Cuatrec., *Blakea longipes* L. Uribe, *Miconia antioquiensis* Wurdack, *Centropogon carnosus* Zahlbr., *A. londonoi*, *C. scabiosum*, *Mandevilla paisae* J.F. Morales y *P. farinosa*, para las dos últimas solo se conoce de la colección tipo.

Entre los taxones con distribución conocida solo en un páramo, sobresalen las especies *Epidendrum amayense* Hágsater, *S. longiscapa*, *Centropogon lianeus* E. Wimm., *Burmeistera minutiflora* Garzón & F. Gonzáles, por su bajo número de colecciones (inferior a tres), mientras que las especies *Miconia puracensis* Wurdack, *Niphogeton killipiana* Mathias & Constance, *Puya ochroleuca* Betancur & Callejas, *Piofontia frontinensis* (Cuatrec.) O.M. Vargas, *P. roldanii*, *Symplocos rhomboidea* B. Ståhl, *Espeletia restricta* Alzate & Giraldo, *E. praefrontina*, *Palicourea danielis* Standl., se destacan por ser endémicas de Antioquia.

Datos por complejo de páramo

El porcentaje de especies “Potencialmente en riesgo” para los complejos de páramo de Antioquia son del 37,63 % para Paramillo, 35,02 % para Sonsón, 34,52 % para Farallones de Citará, 33,19 % para Aburrá, 30 % para Belmira y 29,36 % para Frontino-Urrao. El complejo Frontino-Urrao presenta el mayor porcentaje de endemidad con el 40 % de sus

especies, seguido de Sonsón 16 %, Paramillo y Aburrá con el 14 % cada uno, y finalmente Belmira y Farallones de Citará con el 7 % cada uno.

DISCUSIÓN

Los dos métodos empleados en este trabajo son acercamientos diferentes que permiten realizar una evaluación rápida del riesgo de extinción de especies de Angiospermas de los páramos de Antioquia. Los resultados obtenidos aquí pueden tomarse como una estimación preliminar, que pueden servir de insumo para realizar las evaluaciones del estado de conservación usando las categorías de la UICN.

Ambos métodos hacen uso de datos de herbario de fácil acceso que permiten identificar especies que no están ampliamente representadas en herbario, que no han sido colectadas en las últimas dos décadas, o que presentan una distribución restringida y por lo tanto sugieren que son poblaciones raras, en alto riesgo de extinción y en algunos casos potencialmente extintas. Metodologías similares a las aplicadas en esta investigación, han sido usadas por otros autores para evaluar estados de riesgo en otros ecosistemas o grupos de plantas (Krupnick et al., 2009; Miller et al., 2012). Por otro lado, el uso de datos de herbario en combinación con Sistemas de Información Geográfica para producir evaluaciones preliminares de estados de riesgo, también ha sido abordado por otros autores (Lughadha et al., 2005).

Un factor que agudiza la vulnerabilidad de las plantas evaluadas en este estudio es que corresponden a flora de páramo, que actualmente es reconocido como un ecosistema altamente frágil y amenazado (Hofstede et al., 2003; Gómez et al., 2015), por factores como el calentamiento global y las intervenciones antrópicas.

El endemismo, es una condición que está presente en un número importante de especies de páramo, ésta por sí sola implica un grado de vulnerabilidad para los organismos, puesto que la amenaza de su hábitat es un riesgo para la supervivencia, como ocurre con la especie de orquídea *Cyrtochilum ioplocon* (Rchb. f.) Dalström, que a pesar de estar distribuida en tres departamentos del país, está considerada como “Vulnerable” por la IUCN (Calderón-Sáenz, 2006).

Por lo anterior, se considera que para las 101 especies de Angiospermas endémicas de los páramos de Colombia, establecidas en el paso uno del método II y para 60 de las especies con menos de tres localidades recuperadas en el método I, la amenaza es latente, y es aún mayor para las especies endémicas de los páramos de Antioquia, tales como: *Brunellia subsessilis* Killip & Cuatrec., *Baccharis antioquiensis* Killip & Cuatrec., *Piofontia antioquiensis* (Cuatrec.) O.M. Vargas y *E. restricta*, categorizadas como vulnerables por el CIFFA (Gobernación de Antioquia et al., 2005). Un análisis similar se puede hacer para las 47 especies cuyo cálculo de EOO no superó los 100 km², considerando que,

para la UICN, especies con áreas inferiores a este umbral, con poblaciones fragmentadas, y disminución continua o fluctuaciones extremas en sus áreas, están dentro de la categoría de “Amenazada”, ya sea porque califiquen como vulnerables (VU), en peligro (EN), o en peligro crítico (CR) (García, 2007).

Adicionalmente, se deben considerar también aquellas especies cuya distribución se restringe a un solo complejo de páramo en el departamento, las cuales están expuestas a que un evento catastrófico las extermine por completo de la región, como puede ocurrir con 31 especies encontradas con el Método II en este estudio entre las que se cuentan: *M. puracensis*, *N. killipiana*, *P. ochroleuca*, *P. frontinensis*, *P. roldanii*, *S. rhomboidea*, *P. danielis*, *E. praefrontina* y *E. restricta*, esta últimas a pesar de estar abundantemente representadas en colecciones de herbario, se encuentran en un solo complejo, y su estado de riesgo es “Vulnerable” (Calderón et al., 2005).

Por otro lado, se incluyen en los resultados 91 especies que a pesar de que son de amplia distribución, han sido categorizados en otras regiones con algún nivel de riesgo siguiendo los protocolos de la UICN, entre las que se destacan *Epidendrum scutella* Lindl. y *Altensteinia nubigena* (Rchb. f.) Rchb. f. consideradas vulnerable y casi amenazada (respectivamente) en Perú (Salazar, 2019), o *Ceroxylon parvifrons* (Engel) H. Wendl. reportada “En peligro” aunque su distribución abarca Venezuela (Lrfv, 2018), Colombia (Calderón et al., 2005), Perú (Salazar, 2011) y Ecuador (Jørgensen, 2018).

Para el caso de las 62 especies que no se han colectado después de 1995, sobresale que 56 de ellas, es decir el 90 %, tienen solo una o dos colecciones. Para estos taxones se contempla la posibilidad de que estén extintos regionalmente, pues después de 1995 el número de registros se cuadruplicó y se desarrollaron muestreos exhaustivos en los páramos en el contexto de diferentes proyectos de investigación.

En la evaluación de rareza de las especies en herbario, se destacaron 32 especies representadas por menos de nueve colecciones, entre las que se encuentra *P. danielis*, la cual es endémica de Antioquia.

Además se destaca, la relativa similaridad en el porcentaje de especies en riesgo para Angiospermas en los seis complejos de páramo (entre 29 y 38 %). Llama la atención el complejo de Paramillo porque a pesar de albergar la menor diversidad, tanto en número de familias como de géneros y especies, posee los porcentajes más altos de especies en condición vulnerable, hecho que debe asociarse al poco conocimiento que se tiene de la flora de este complejo, como consecuencia del bajo muestreo de que ha sido objeto.

El 47 % de las especies en riesgo para los páramos de Antioquia pertenecen a las familias Asteraceae, Orchidaceae y Melastomataceae, siendo estas tres familias las más diversas para los páramos del departamento de Antioquia (Alzate-Guarín y Murillo-Serna, 2016) y para los páramos de Colombia (Rangel-Churio, 2015). Usando la

metodología II, esta tendencia fue constante en cuatro de los seis complejos, pero para el caso de Farallones de Citará, la familia Orchidaceae tuvo baja representación y lo mismo ocurrió con la familia Melastomataceae en Paramillo.

Por otro lado, se observó que para 14 municipios de los 32 incluidos en el análisis, no se encontraron colecciones asociadas, y el 75 % de los 12 197 registros, provinieron de cuatro municipios. Esto evidencia que el conjunto de colecciones de un herbario como HUA, es el reflejo de los esfuerzos de colección y el conocimiento de la flora a nivel regional, pero no refleja la diversidad de sitios puntuales, puesto que los muestreos están asociados a los intereses particulares de las investigaciones y a otras condiciones logísticas y socio-culturales. Esto también se refleja en el hecho de que el área de cada páramo no tiene relación con la cantidad de colecciones asociadas a él. Por ejemplo, Farallones de Citará presenta uno de los valores más bajos en cuanto a colecciones, a pesar de ser el tercer complejo más grande de Antioquia (112,33 km²).

CONCLUSIONES

Los dos métodos empleados en este estudio permitieron obtener una lista de especies de páramo que presentan problemas de conservación en términos de distribuciones espaciales y/o históricas. Las diferencias obtenidas entre los dos protocolos se deben principalmente a que el Método I emplea solo criterios espaciales, mientras que el Método II hace uso tanto de criterios espaciales como temporales y de abundancia, adicionalmente se debe tener en cuenta que para la estimación del Método I, el 90 % de los registros no superaron el proceso de depuración. La implementación del Método I requiere de datos de localización de mayor calidad para permitir una estimación más precisa de la evaluación del riesgo de las especies, mientras que el Método II puede ser modificado para afinar su capacidad de filtrar las especies más prioritarias en su conservación. Sin embargo, con ambos métodos es posible abordar simultáneamente un amplio número de especies de manera relativamente rápida, con datos de fácil acceso y a pesar de que los resultados obtenidos son preliminares, proporcionan de manera pronta información valiosa que puede ayudar a orientar esfuerzos dirigidos a identificación de áreas y especies prioritarias para la conservación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a los herbarios de la Universidad de Antioquia (HUA) y del Jardín Botánico de Medellín (JAUM) por facilitar el acceso a sus bases de datos y colecciones, y muy especialmente a Marcela Jojoa por su colaboración y asesoría en SIG.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Alzate-Guarín, F., y Murillo-Serna, J. S. (2016). Angiosperm flora on the paramos of northwestern Colombia: diversity and affinities. *PhytoKeys*, 70, 41–52. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.70.8609>
- Amaya-Espinel, J., Gómez, M., Amaya-Villarreal, A., Velásquez-Tibatá, J., y Renjifo, L. (2011). *Guía metodológica para el análisis de riesgo de extinción de especies en Colombia*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Pontificia Universidad Javeriana.
- Biovirtual. (1 de junio de 2019). *Colecciones en Línea*. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/en/>
- Calderón, E., Galeano, G., y García, N. (Eds.). (2005). Palmas, Frailejones y Zamia. *Libro Rojo de Plantas de Colombia*. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia (Vol 2, pp. 75-384). Instituto Alexander von Humboldt, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Calderón-Sáenz, E. (Ed.). (2006). Orquídeas, Primera Parte. *Libro Rojo de Plantas de Colombia*. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia (Vol 6, pp. 59-770.). Instituto Alexander von Humboldt-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). (1 de junio de 2019). Listados actualizados de las especies de fauna y flora CITES. 1st ed. [en internet] Guatemala: Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) Centroamérica. [http://www.caftadrenvironment.org/spanish/outreach/publications/CITES%20Updated%20Fauna%20and%20Flora%20Species%20\(Spanish\).pdf](http://www.caftadrenvironment.org/spanish/outreach/publications/CITES%20Updated%20Fauna%20and%20Flora%20Species%20(Spanish).pdf)
- Escobar, D., Díaz, S. R., Jojoa, L. M., Rudas, E., Albarracín, R. D., Ramírez, C., Gómez, J. Y., López, C. R., y Saavedra, J. (2015). *Georreferenciación de localidades: Una guía de referencia para colecciones biológicas*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales.
- ESRI. (18 de octubre de 2018). *ArcGIs*. http://appsforms.esri.com/products/download/#ArcGIS_Desktop
- Gobernación de Antioquia, Departamento Administrativo de Medio Ambiente (DAMA), Área Metropolitana del Valle de Aburrá, CORANTIOQUIA, CORNARE. (2005). *Estrategia para la conservación de las plantas amenazadas en el departamento de Antioquia* (pp. 10-45). Jardín Botánico de Medellín.
- García, N. (Ed.). (2007). Las magnoliáceas, las miristicáceas y las podocarpáceas. *Libro Rojo de Plantas de Colombia*. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia (Vol 5, pp. 52-207). Instituto Alexander von Humboldt, CORANTIOQUIA, Jardín Botánico de Medellín, Instituto de Ciencias Naturales, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). (13 de mayo de 2019). Global Biodiversity Information Facility. www.gbif.org
- Gómez, M., Moreno, L., Andrade, G., y Rueda, C. (2015). *BioDiversidad: Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Hofstede, R., Segarra, P., y Mena-Vásquez, P., (Eds.). (2003). Páramos del mundo. *Proyecto Atlas Mundial de los Páramos* (pp. 39-67.). Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia.
- ian-ko.com. (1 de junio de 2019). ET GeoWizards for ArcGIS. https://www.ian-ko.com/ET_GeoWizards/gw_demo.htm
- Jørgensen, P. (Ed.). (1 de enero de 2018). *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*. MOBOT. <http://legacy.tropicos.org/Project/CE>
- Krupnick, G., Kress, J., y Wagner, W. (2009). Achieving Target 2 of the Global Strategy for Plant Conservation: building a preliminary assessment of vascular plant species using data from herbarium specimens. *Biodiversity and Conservation*, 18, 1459-1474. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9494-1>
- López-Gallego, C. (2015). *Monitoreo de poblaciones de plantas para conservación: recomendaciones para implementar planes de monitoreo para especies de plantas de interés en conservación* (pp. 49-52). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Lrfv. (1 de mayo de 2019). Libro Rojo de la Flora Venezolana. <http://www.lrfv.org/libro-rojo-de-la-flora-venezolana>
- Lughadha, E., Baillie, J., Barthlott, W., Brummitt, N., Cheek, M., Farjon, A., Govaerts, R., Hardwick, K., Hilton-Taylor, C., Meagher, T., Moa, J., Mutke, J., Paton, A., Pleasants, L., Savolainen, V., Schatz, G., Smith, P., Turner, I., Wyse-Jackson, P., y Crane, P. (2005). Measuring the fate of plant diversity: towards a foundation for future monitoring and opportunities for urgent action. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological*, 360, 359-372. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1596>
- Marín, C., y Parra, S. (2015). *Bitácora de flora: Guía visual de plantas de páramos en Colombia* (pp. 16-349). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Miller, J. S., Porter-Morgan, H. A., Stevens, H., Boom, B., Krupnick, G. A., Acevedo-Rodríguez, P., Fleming, J., y Gensler, M. (2012). Addressing target two of the Global Strategy for Plant Conservation by rapidly identifying plants at risk. *Biodiversity and Conservation*, 21, 1877-1887. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0285-3>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (01 de noviembre de 2018). *Política Nacional para la Gestión integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. <http://www.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/politica-nacional-de-biodiversidad#documentos>
- Morales, M., Otero, J., Van der Hammen, T., Torres, A., Cadena, C., Pedraza, C., Rodríguez, N., Franco, C., Betancourth, J., Olaya, E., Posada, E., y Cárdenas, L. (2007). *Atlas de páramos de Colombia* (pp. 55-104). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rada, F., Azócar, A., y García-Núñez, C. (2019). Plant functional diversity in tropical Andean páramos. *Plant Ecology & Diversity*, 12(6), 539-553. <https://doi.org/10.1080/17550874.2019.1674396>
- Rangel, J., Lowy, P., y Aguilar, M. (2000). *Colombia Diversidad Biótica, III. La región de vida paramuna*. Instituto de Ciencias Naturales, Instituto Alexander von Humboldt.
- Rangel-Churio, J. O. (2015). La Riqueza de las plantas con flores de Colombia. *Caldasia*, 37(2), 279-307. <http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v37n2.54375>
- Rivera, D., y Rodríguez, C. (2011). *Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia* (pp. 18-45.). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Salazar, B. (30 de junio de 2019). Listado de Especies CITES Peruanas Flora Silvestre. <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Especies-de-Flora-Silvestre-Peruana-en-los-Ap%C3%A9ndices-de-la-CITES1.pdf>
- Sarmiento, C., y León, O. (2015). *Transición bosque-páramo. Bases conceptuales y métodos para su identificación en los Andes colombianos* (pp. 94-151). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- SiB-Colombia. (30 de junio de 2019). *Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia*. www.sibcolombia.net/web/sib/home
- Sklenar, P., Luteyn, J., Ulloa, C., Jørgensen, P., y Dillon, M. (2005). *Flora genérica de los páramos: Guía ilustrada de plantas vasculares* (Vol 92, pp. 499). Memoirs of the New York Botanical Garden.
- Tropicos (30 de noviembre de 2019.). *Saint Louis, Missouri*. MOBOT. <http://www.tropicos.org>
- Van der Hammen, T., y Rangel-Ch, O. (1997). El estudio de la vegetación en Colombia (Recuento histórico-tareas futuras). En J. Rangel-Ch, P. Lowy-C, M. y Aguilar-P. (Eds.). *Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación en Colombia* 21 (pp.17-57). Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM)-Ministerio del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC.U.N, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.