

Bases para la construcción de una estrategia para la conservación de los frailejones de Colombia

Bases for the construction of a conservation strategy for Colombian *Espeletia* species

María Teresa Becerra 

¹ Universidad de Alicante, España

Resumen

Este artículo presenta un análisis de la información disponible sobre el estado de conservación y las amenazas de las especies de frailejones de Colombia y una propuesta de medidas de conservación como base para desarrollar una estrategia nacional. Dado que las amenazas a los frailejones están ligadas a las amenazas que enfrentan los páramos, se propone desarrollar una estrategia de conservación orientada por misiones, que contribuye con un objetivo mayor: la gestión integral de los páramos colombianos, fomentando el conocimiento de las especies, la educación ambiental y la participación.

Palabras clave: Andes tropicales, ecosistema de alta montaña, especies amenazadas, *Espeletia*, manejo de la biodiversidad, páramo.

Abstract

This paper provides an analysis of the available data on the conservation status and threats to Colombian *Espeletia* species and proposes conservation measures to inform the development of a national strategy. Given that the threats to *Espeletia* species are closely linked to those facing the *páramos*, it advances a mission-oriented conservation strategy that contributes to the broader goal of integrated management of the Colombian *páramos*, fostering species knowledge, environmental education, and stakeholders' participation.

Keywords: Tropical Andes, high mountain ecosystem, endanger species, *Espeletia*, biodiversity management, *páramo*.

El páramo es un ecosistema bien definido que alberga la flora tropical de alta montaña más variada y rica en composición a escala global (Rangel, 2018). Se caracteriza por la presencia de vegetación con diversas formas de vida y estrategias de crecimiento para enfrentar condiciones ambientales adversas: bajas temperaturas nocturnas, amplia variación térmica diaria, altos niveles de radiación y suelos generalmente pobres en nutrientes (Monasterio & Sarmiento, 1991).

Solo un número limitado de especies vegetales se distribuyen en todas las zonas altitudinales del páramo, el cual alberga géneros vasculares endémicos característicos (Cleef, 1981; 2013). El género *Espeletia* Mutis ex Bonpl. (Asteraceae) representa uno de los mejores ejemplos de diversificación taxonómica, morfológica y ecológica (Monasterio, 1986; Cuatrecasas, 1986; 2013; Diazgranados, 2012; Diazgranados & Barber, 2017; Pouchon et al., 2018; Rangel-Ch., 2018; Mavárez, 2019; 2021). En Colombia, el género *Espeletia* comprende 92 especies (Mavárez, 2021) que suelen considerarse características de los ecosistemas de páramo (Luteyn, 1999), aunque varias de ellas se distribuyen en la franja de bosque altoandino de transición. Para el público general estas especies son consideradas emblemáticas no solo por su valor escénico, sino por su papel funcional en procesos como la regulación hídrica (Cárdenas et al., 2018; Cruz & Lasso, 2021) y la formación y estabilización de los suelos (Benavides & Vitt, 2014), entre otros.

Las especies del género *Espeletia* ocupan una importante variedad de hábitats, que parten desde el bosque húmedo hasta la parte más alta de los Andes (Berry & Calvo, 1994; Cuatrecasas, 2013; Pouchon et al., 2018), lo que determina condiciones particulares que reflejan su capacidad de adaptación a diferentes características bioclimáticas (Mavárez et al., 2018; Rada, 2016). Este grupo taxonómico presenta procesos restringidos de dispersión de semillas, por lo que los sistemas de polinización y reproducción son los principales determinantes del flujo genético y, por ende, de la estructura de sus poblaciones (Berry & Calvo, 1994). Es así como las condiciones de adaptabilidad y las dificultades de dispersión favorecen los procesos de especiación, que se reflejan en una alta cantidad de endemismos (Cleef, 1981; 2013; Luteyn, 1999; García et al., 2005).

Aunque hay estudios previos sobre la biología de *Espeletia*, principalmente realizados para especies distribuidas en Venezuela, y se cuenta con información de base proveniente de las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas, realizadas para las especies del género en Colombia, se conoce muy poco sobre su biología, dinámicas poblacionales, distribución y amenazas, lo que señala que es necesario mejorar el conocimiento de las especies para tomar medidas adecuadas de conservación (Mavárez & Becerra, 2019; Mavárez, 2019; 2021). En Colombia no se ha desarrollado un plan nacional de conservación para las especies de frailejones. En el ámbito subnacional, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) elaboró el Plan de Conservación y Manejo de las Especies de Frailejones presentes en su jurisdicción (Rojas et al., 2018).

En este documento se entrega un análisis de la información disponible sobre el estado de conservación y amenazas de las especies de frailejones registradas en Colombia y una propuesta de medidas de conservación que sirve de base para el desarrollo de una estrategia para la conservación de los frailejones en el país. Dado que se identificó que las amenazas a los frailejones están directamente ligadas a las que enfrentan los páramos a nivel nacional, se propone desarrollar una estrategia de conservación orientada

por misiones, que contribuya con un objetivo mayor, consistente en la gestión integral de los páramos de Colombia. En este contexto, la construcción de una misión nacional para la conservación de los frailejones convocaría a diferentes actores (autoridades ambientales, sectores productivos, científicos, sociedad civil) a articular esfuerzos alrededor de portafolios de proyectos concretos, los cuales conducirán a la reducción de las amenazas a los páramos y las poblaciones de frailejones, así como al mejoramiento del conocimiento de las especies, el fomento de la educación ambiental y la participación.

Metodología

La información base de análisis correspondió a una única base de datos que compiló datos sobre estado de amenaza, hábitat y ecología, tendencias poblacionales, amenazas y acciones de conservación reportados para cada especie en el *Libro rojo de plantas de Colombia* (García et al., 2005), la plataforma de información de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Díazgranados, 2020), así como las evaluaciones realizadas por Becerra y Mavárez para *Espeletia ramosa* y *Espeletia saboyana* (2021b; 2022b).

La base de datos incluyó la siguiente información: lugares de distribución, número de localidades reportadas, extensión de presencia (EOO), áreas de ocupación (AOO), elevación, hábitats reportados, amenazas identificadas, presencia en áreas protegidas, número de registros en herbario, número de registros en la plataforma de ciencia participativa Naturalista, años de publicación de la descripción y complejos de páramos en los que se distribuyen.

Igualmente, se consolidó información proveniente de bases de datos de registros de herbario de especímenes del género *Espeletia*, que incluyeron la información contenida en las etiquetas de herbario sobre identificación taxonómica, año de colección, ubicación, elevación y tipo de hábitat. Con el objetivo de verificar las amenazas a algunas de las especies e identificar posibles medidas de conservación, se realizaron visitas de campo en el departamento de Boyacá en coordinación con la Corporación Autónoma Regional (Corpoboyacá), y en Cundinamarca, departamentos donde se encuentran la mayor parte de las especies de distribución restringida y con mayores condiciones de riesgo.

Además, se revisó información sobre frailejones reportados en la plataforma Naturalista Colombia (<https://colombia.inaturalist.org/>) y publicaciones existentes sobre los cambios de uso del suelo de los páramos de Colombia, como una referencia para complementar información sobre posibles amenazas a las especies de frailejones en Colombia e identificar medidas de conservación de las mismas.

Las amenazas identificadas con base en la información de las evaluaciones más recientes de Lista Roja de la UICN para las especies del género *Espeletia* (Díazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b) se clasificaron en siete categorías: 1) Expansión agropecuaria: incluye actividades agrícolas y ganaderas en general; 2) Ganadería: amenaza identificada específicamente como ganadería; 3) Agricultura: amenaza identificada específicamente como agricultura; 4) Minería: amenaza atribuida explícitamente a actividades mineras; 5) Cambio climático: incluye referencias al cambio climático como posible amenaza,

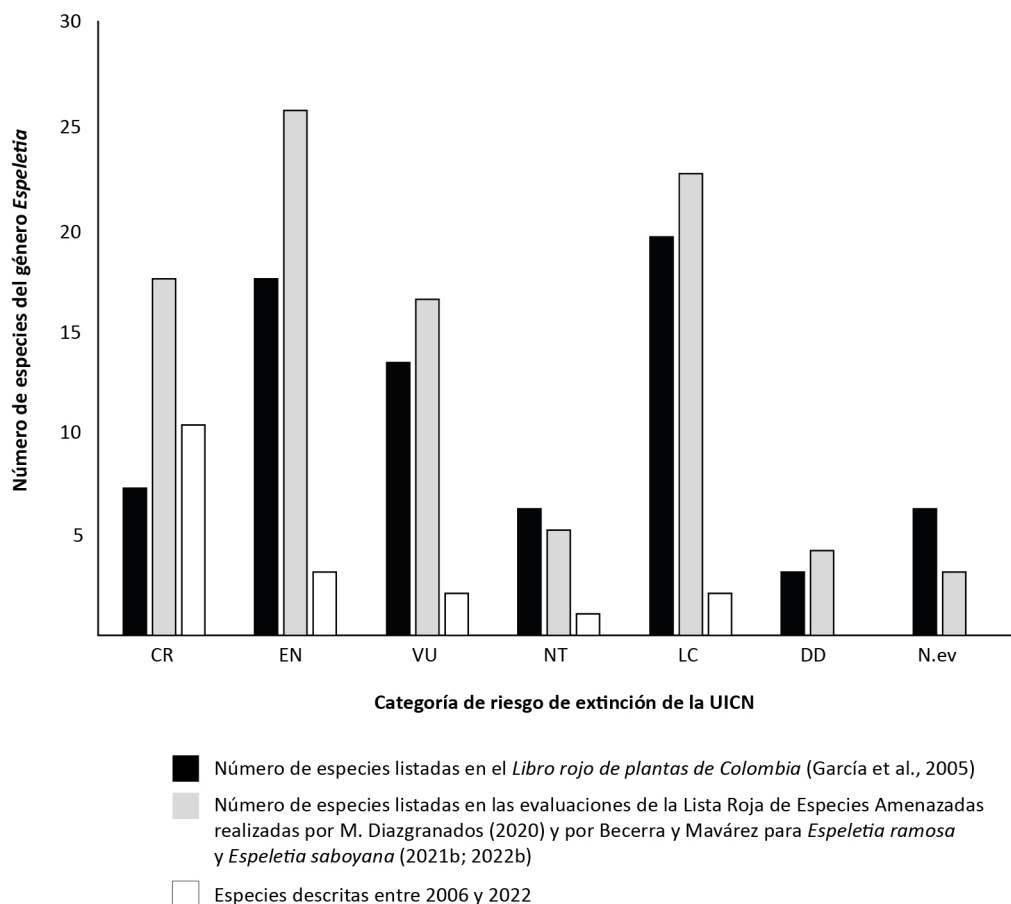
especialmente para especies en altitudes elevadas; 6) Introgresión genética: problemas de introgresión señalados como amenaza; y 7) Sin amenazas: especies sin amenazas reportadas.

Resultados

Estado de conservación de las especies de frailejones en Colombia

Esta sección presenta una revisión del estado de conservación de las especies de frailejones en Colombia a partir de la información contenida en las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas para las especies del género en Colombia, la cual se presenta como base para la identificación de amenazas a la conservación de frailejones y para la construcción de una propuesta de estrategia de conservación de los frailejones de Colombia.

Figura 1. Especies del género *Espeletia* listadas en las seis categorías de riesgo de extinción de la UICN.



Notas. CR = En Peligro Crítico, EN = En Peligro, VU = Vulnerable, NT = Casi Amenazada, LC = Baja Preocupación, DD = Datos Deficientes.

Actualmente, 89 de las 92 especies de frailejón presentes en Colombia han sido evaluadas dentro de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, 58 de ellas clasificadas en alguna categoría de riesgo de extinción (Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b, Diazgranados, 2020). En comparación con las evaluaciones contenidas en el *Libro rojo de las plantas de Colombia* (García et al., 2005), las evaluaciones más recientes de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas para las especies del género en Colombia (Diazgranados, 2020; Becerra y Mavárez (2021b; 2022b) reportan un aumento en el porcentaje de especies ubicadas en alguna categoría de amenaza (En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable), con 63 % del total de especies, respecto al 52 % reportado en 2005 (Figura 1). Las especies que actualmente presentan algún estado de amenaza incluyen 37 de las 64 que estaban reportadas para Colombia en el año de la primera evaluación (2005) y 21 que fueron descritas entre 2006 y 2022.

Especies En Peligro Crítico (CR)

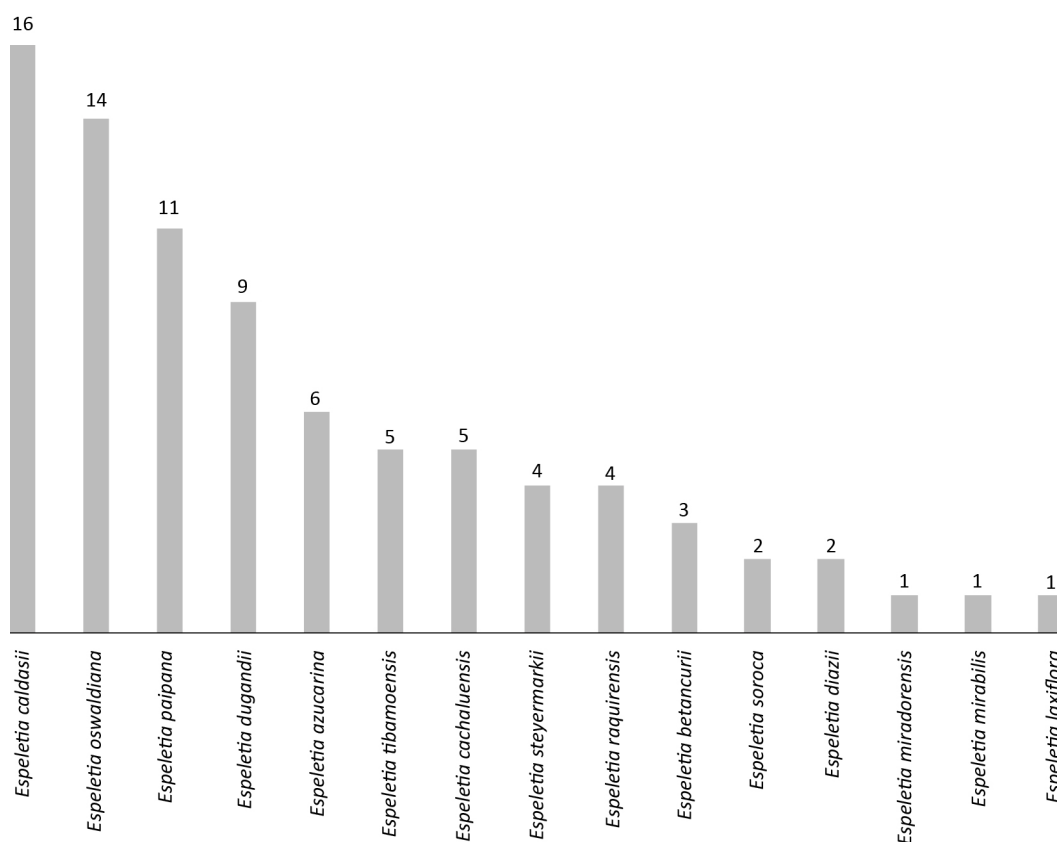
Un taxón está En Peligro Crítico (CR) cuando la mejor evidencia disponible indica que está enfrentado a un riesgo de extinción extremadamente alto en estado de vida silvestre (UICN, 2019). De acuerdo con las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas para las especies del género en Colombia (Diazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b), 17 especies de frailejones están críticamente amenazadas en Colombia, a las que se suman diez especies que fueron descritas como nuevas para la ciencia posterior al 2005.

Las 17 especies categorizadas en CR presentan amenazas relacionadas con la reducción de calidad de hábitat, la fragmentación de las poblaciones y el cambio de uso del suelo derivado de actividades como la expansión de la frontera agropecuaria, el desarrollo de actividades ganaderas, agrícolas y de minería de oro o carbón (UICN, 2022). Dentro de este grupo, tres especies reportan el cambio climático como potencial amenaza debido a su rango altitudinal de distribución: *E. azucarina* Cuatrec., *E. cachaluensis* Rodríguez-Cabeza & S. Díaz. y *E. diazii* (Diazgr. & L.R. Sánchez) Mavárez.

Las evaluaciones más recientes de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas por Diazgranados (2020) no reportan cambios en la información de referencia de las especies que mantuvieron la categoría de amenaza (*E. dugandii* Cuatrec., *E. oswaldiana* S. Díaz y *E. paipana* S. Díaz & Pedraza). Las diez especies descritas después de 2005 y categorizadas como CR tienen distribuciones restringidas en áreas en las que se evidencian amenazas relacionadas con la expansión de la frontera agropecuaria o la minería (Díaz-Piedrahíta et al., 2006; Díaz-Piedrahíta & Rodríguez-Cabeza, 2008; 2010; 2011; Diazgranados & Morillo, 2013; Diazgranados & Sánchez, 2013; Mavárez & Becerra, 2019; Alzate & Giraldo-Gómez, 2020; Becerra & Mavárez, 2022a). Aunque no se menciona de manera explícita en las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas que se analizaron, los cambios en las categorías reportados podrían estar relacionados con la reducción de amenazas para las especies que fueron reclasificadas en un menor riesgo de extinción. En contraste, para aquellas cuyo riesgo de extinción aumentó se reportan evidencias de procesos de degradación, la disminución continua de la calidad y extensión de su hábitat, la presencia de poblaciones aisladas o la falta de protección formal. En el Anexo 1.1 se listan las especies clasificadas como en Peligro Crítico (CR) en las evaluaciones de Lista Roja realizadas por Diazgranados (2020), así como el estado de amenaza reportado en el *Libro rojo de plantas de Colombia* de García et al. (2005).

Es de resaltar la falta de información acerca de las especies listadas en esta categoría. De las 15 que se encuentran en peligro crítico (no incluye *E. ramosa* ni *E. saboyana*) se recopilaron 84 registros en herbario y cinco especies tienen solo uno o dos registros, que corresponden al tipo *E. laxiflora* (S. Díaz & Rodríguez-Cabeza) Mavárez (1), *E. mirabilis* (1), *E. miradorensis* (1), *E. diazii* (2) y *E. soroca* S. Díaz & Rodríguez-Cabeza (2). Las especies con mayor número de registros son: *E. caldasii* y *E. oswaldiana*, con 16 y 14 registros, respectivamente, lo que representa aún muy pocos registros para dar cuenta de su distribución y estado de conservación (Figura 2).

Figura 2. Número de registros en herbarios de las especies del género *Espeletia* categorizadas En Peligro Crítico de acuerdo con los criterios de la UICN.



Especies En Peligro (EN)

Un taxón está En Peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que está enfrentando un riesgo de extinción muy alto en estado de vida silvestre (UICN, 2019). Las evaluaciones más recientes de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas para las especies del género *Espeletia* en Colombia (Díazgranados 2020; Becerra y Mavárez, 2021b; 2022b) asignan a 25 especies de frailejones la categoría de En Peligro (EN), incluyendo tres especies descritas posteriormente a 2005 (Anexo 1.2). Las amenazas reportadas para la mayoría de las especies evaluadas están relacionadas con la degradación y reducción de la calidad del hábitat derivadas de actividades agropecuarias o mineras en el área de distribución de las especies. Las excepciones son *Espeletia formosa* S. Díaz & Rodríguez-Cabeza, especie para la que no se reportan

amenazas y se resalta el buen estado de conservación de su población, y *Espeletia summapacis* Cuatrec., cuya amenaza está relacionada con la pérdida de diversidad genética debido a procesos de hibridación con otras especies simpátricas.

Para las 11 especies que no presentaron cambios de categoría (Anexo 1.2), en evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas en 2005 (García et al., 2005) se reportan como principales amenazas la degradación y reducción de la calidad del hábitat, el cambio de uso del suelo debido a actividades de agricultura y ganadería y, generalmente, al aumento de la frontera agropecuaria y, en algunos casos, a la minería o la presencia de vías.

De las seis especies que presentaron aumento en su categoría de amenaza, tres se recategorizaron de Vulnerable a En Peligro (*Espeletia funckii* Sch. Bip. ex Wedd., *Espeletia nemekenei* Cuatrec. y *Espeletia purpurascens* Cuatrec.), y tres ascendieron desde la categoría Casi Amenazada (*Espeletia annemariana* Cuatrec., *Espeletia cleefii* Cuatrec. y *E. summapacis*). De acuerdo con lo reportado en las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas, es posible que el aumento de las condiciones de amenaza esté relacionado con la fragmentación de las poblaciones de las especies, la reducción de las condiciones de calidad del hábitat debido a los efectos de actividades antropogénicas. En el caso de *E. nemekenei*, las poblaciones reportadas en la evaluación de 2005 para esta especie se solapan con las áreas de distribución reportadas para *Espeletia murilloi* Cuatrec., por lo que sería necesario corroborar la identidad taxonómica de estas dos especies de gran similitud morfológica.

La categorización como En Peligro de las especies no evaluadas anteriormente: *Espeletia canescens* A.C. Sm. y *Espeletia sanchezii* (S. Díaz & Obando) Mavárez, y las descritas posterior a 2005: *Espeletia formosa*, *E. pulcherrima* Rodríguez-Cabeza & S. Díaz, y *E. rabanalensis* (S. Díaz & Rodríguez-Cabeza) Mavárez, obedecen a su distribución restringida y, a excepción de *E. Formosa*, a la continua disminución de la calidad de su hábitat debido a actividades agrícolas o mineras.

Especies en categoría de amenaza Vulnerable (VU)

Un taxón es Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que está enfrentado a un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre (UICN, 2019). En comparación con las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas por García et al. (2005) y las realizadas por Diazgranados (2020), 16 especies fueron categorizadas como Vulnerables (Anexo 1.3). Dentro de este grupo se destacan los casos de *Espeletia cardonae* Cuatrec. y *Espeletia episcopalis* Rodríguez-Cabeza & S. Díaz, para las cuales se reportan amenazas importantes y se considera que las poblaciones están en buen estado de conservación. Para las demás especies ubicadas en esta categoría se reportaron amenazas relacionadas con la disminución continua en la calidad y extensión del hábitat debido a la expansión de la frontera agropecuaria, específicamente la ganadería extensiva en zonas altas de páramo y otras actividades agrícolas.

Las especies que descendieron su categoría de En Peligro a Vulnerable (*Espeletia arbelaezii* Cuatrec., *Espeletia brassicoidea* Cuatrec., *Espeletia conglomerata* A.C. Sm. y *Espeletia garciae* Cuatrec.) reportan

mayor número de localidades, aunque la extensión de presencia (EOO) calculada es inferior a 5000 km², definida para especies En Peligro. Estas especies fueron categorizadas como VU de acuerdo con el Criterio B1ab(iii), el cual determina que las especies tienen una EOO inferior a 20 000 km², áreas severamente fragmentadas con menos de diez localidades definidas por amenaza y se observa una disminución continua de la calidad de hábitat. La única especie reportada como Vulnerable según el Criterio D2 fue *Espeletia cabrerensis* Cuatrec., especie presente en un área bastante restringida del páramo de Sumapaz, con presencia en una extensión de menos de 20 km². El uso de este criterio implica medidas de conservación específicas, dado que, por su área de ocupación restringida, puede verse afectada por amenazas que la lleven rápidamente a categorías de peligro crítico o a la extinción (UICN, 2019).

La especie que aumentó su nivel de amenaza respecto a las evaluaciones del *Libro rojo de plantas de Colombia* (García et al., 2005) fue *Espeletia jimenez-quesadae* Cuatrec., recategorizada de Poca Preocupación a Vulnerable, debido a la disminución continua en la calidad y extensión del hábitat por la ampliación de la frontera agropecuaria.

Especies no amenazadas

Las especies de frailejones en las categorías Casi Amenazada (5) y Preocupación Menor (22) que se listan en el Anexo 1.4 no se consideran como amenazadas, dado que no cumplen con los parámetros establecidos en las tres categorías anteriores, ya sea porque tienen presencia en un mayor número de localidades o tienen poblaciones representativas con pocas amenazas para la conservación. Sin embargo, en el caso de las especies NT, es importante tener en cuenta que la categoría incluye los taxones próximos a cumplir con esos criterios de amenaza.

La categoría Preocupación Menor (LC) corresponde a los taxones que no cumplen ni están próximos a cumplir los requisitos necesarios para ser clasificados en las categorías de amenaza (UICN, 2019). Pese a que el estado de conservación de estas especies es menos preocupante, las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas demuestran que en general no hay mucho conocimiento sobre sus poblaciones, y aunque presenten áreas más amplias de distribución, varias de estas especies pueden tener requerimientos de hábitat particulares que deben ser mejor estudiados para tomar las medidas de conservación adecuadas. Por ejemplo, especies como *E. murilloi* o *Espeletia lopezii* Cuatrec., aunque presenten áreas amplias de distribución, localmente están restringidas a humedales y áreas anegables que, si están sometidas a algún tipo de intervención, como la frecuente disecación de los humedales de páramo, podrían entrar en procesos de extinción local, por lo que debe prestarse atención para asegurar no solo su conservación, sino la de sus hábitats, los cuales son fundamentales para la prestación del servicio de regulación hídrica, propio de los páramos.

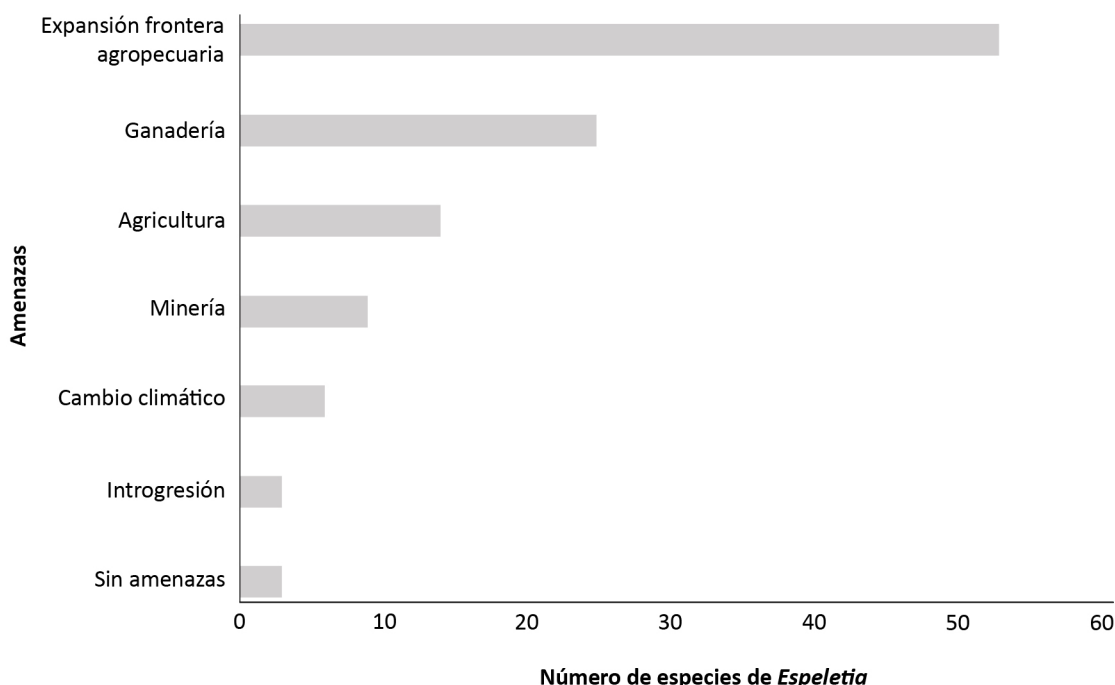
Las evaluaciones más recientes de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas por Diazgranados (2020) y Becerra y Mavárez (2021b; 2022b) en Colombia ubicaron cuatro especies en la categoría de Datos Deficientes: DD, lo que invita a generar información sobre estas especies y así definir su estado de amenaza junto con las medidas necesarias para su conservación. En este grupo podría clasificarse *Espeletia tillettii* Cuatrec., dado que ha sido registrada en el lado venezolano de la serranía del Perijá, por lo que es

importante hacer la evaluación de esta especie y desarrollar estudios sobre su área de distribución que posiblemente incluye Colombia (Anexo 1.5).

Amenazas para la conservación de frailejones

Con base en la información analizada sobre amenazas reportadas en las evaluaciones más recientes de riesgo de extinción para las especies del género *Espeletia* en Colombia (Diazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b), las actividades relacionadas con los cambios de uso del suelo (expansión de la frontera agropecuaria, ganadería, agricultura y minería) pueden ser las más determinantes para la conservación de las especies de frailejones (Figura 3). Estas evaluaciones de la Lista Roja reportan que solo tres especies de las 58 ubicadas en alguna categoría de amenaza en Colombia no presentan amenazas significativas (*E. cardonae*, *E. episcopalis* y *E. formosa*).

Figura 3. Número de especies afectadas por las amenazas reportadas para las 58 especies del género *Espeletia* listadas en alguna de las categorías de riesgo de extinción de la UICN (CR, EN o VU).

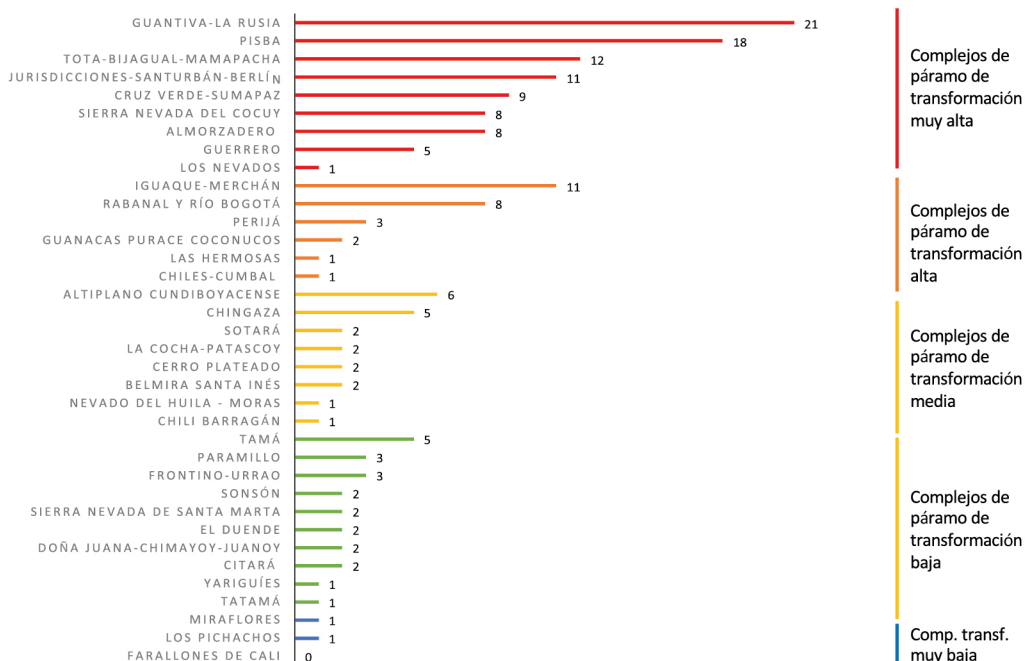


Cambio de uso del suelo

Según las evaluaciones (Diazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b), la ganadería aparece como la principal amenaza para 25 especies y la agricultura para 14. Entre otras amenazas, se incluye la minería, que afecta a nueve especies (*E. canescens*, *E. chocontana* Cuatrec., *E. diazii*, *E. funckii*, *E. mirabilis* S. Díaz & Rodríguez-Cabeza, *E. rabanalensis*, *E. raquirensis* Rodríguez-Cabeza & S. Díaz, *E. roberti* y *E. sanchezii*) que se distribuyen en áreas donde se reporta esta actividad económica; sin embargo, no existe conocimiento detallado sobre la influencia de esta actividad en las poblaciones, por lo que se requiere desarrollar estudios para ampliar el conocimiento respectivo.

Al comparar el grado de transformación de los complejos de páramos con respecto al número de especies, se encuentra que complejos de páramos de alta transformación, como Guantiva-La Rusia, Pisba, Tota-Bijagual-Mamapacha, Jurisdicciones-Santurbán-Berlín e Iguaque-Merchán, presentan el mayor número de especies del género *Espeletia* (Figura 4).

Figura 4. Especies del género *Espeletia* reportadas en cada uno de los 36 complejos de páramos agrupadas de acuerdo con el nivel de transformación de cada complejo definido por Rivera y Pinilla (2012).



Cambio climático

Las evaluaciones más recientes de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas para las especies del género en Colombia (Díazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b) reportan el cambio climático como una amenaza potencial para seis especies (*E. azucarina*, *E. cachaluensis*, *E. cleefii*, *E. diazii*, *E. roberti* y *E. saboyana*), debido a su elevada distribución altitudinal en áreas altamente fragmentadas o reducidas. Sin embargo, no se han realizado estudios detallados del impacto de este fenómeno sobre estas especies y que aporten directamente a la toma de decisiones para su conservación.

Propuesta para la construcción de una estrategia nacional de conservación

La definición de acciones de conservación para los frailejones propuesta en este trabajo toma en cuenta cuatro premisas principales:

1. Las categorías de amenaza de los frailejones de Colombia están principalmente definidas por aspectos como la extensión de presencia (EOO) o el área de ocupación (AOO) y el número de localidades (definidas por amenaza) reportadas para cada especie. La ausencia de datos e

información sobre las tendencias poblacionales de las especies de *Espeletia* limita el desarrollo de análisis cuantitativos del riesgo de extinción, necesarios para utilizar cuatro de los cinco criterios cuantitativos de la UICN.

2. La categoría de amenaza no es suficiente para establecer prioridades de acción, dada la falta de información específica sobre la distribución actual de las especies y las dinámicas y tendencias poblacionales. Aun así, las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas para *Espeletia* en Colombia (García et al., 2005; Diazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b) representan un insumo importante para establecer prioridades de trabajo.
3. Que la mayoría de las especies de frailejones tengan distribuciones restringidas o se distribuyan en hábitats con características muy particulares implica considerar acciones específicas para mejorar el conocimiento de la biología de la especie, su área de distribución, el tamaño de la población y sus características, así como para conocer específicamente las amenazas a su supervivencia, incluidas aquellas relacionadas con la introgresión genética.
4. Las amenazas que afrontan las especies de frailejones están directamente relacionadas con las de los páramos colombianos, por lo que las medidas de conservación deben tener en cuenta los macroprocesos a nivel regional.

Se propone que la definición de acciones para la conservación se aborde en dos escalas: la primera más fina, a la cual se determinen las medidas necesarias para asegurar la conservación de las especies priorizando los siguientes grupos de interés: especies que presenten una distribución restringida, que habitan ecosistemas de transición bosque-páramo y afrontan amenazas directamente relacionadas con la expansión de la frontera agropecuaria y especies que tienen requerimientos de hábitats específicos. La segunda escala estaría enfocada en el desarrollo de estrategias más amplias de orden nacional, que aborden no solo las acciones que se requieren para la conservación de especies particularmente, sino que incluyan aquellas orientadas a reducir las presiones sobre los páramos, mejorar el conocimiento de las especies y favorecer la participación de la sociedad en procesos de conservación.

Medidas para la conservación por grupo prioritario de interés

Especies de distribución restringida

Son necesarias medidas de conservación específicas para 37 especies con distribución restringida, dado que, aunque no estén reportadas en una de las categorías de mayor amenaza, el riesgo de extinción puede ser mayor ante una disminución de la calidad y extensión de su hábitat. Las evaluaciones de Lista Roja de la UICN más recientes (Diazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b) reportan que 17 especies tienen un área de extensión (EOO) menor de 100 km² (4 en CR, 9 en EN, 1 en VU, 1 en LC) y 20 especies tienen áreas de ocupación (AOO) menores a 20 km². La mayoría de estas especies, que podrían considerarse como de distribución restringida, presentan amenazas relacionadas con la expansión de la frontera agropecuaria, siete especies posiblemente estén afectadas por actividades de minería y cuatro especies reportan condiciones de amenaza menores.

Si bien las 17 especies categorizadas como En Peligro Crítico y 14 de las 25 listadas como En Peligro están incluidas en este grupo de distribución restringida, se requiere mejorar el conocimiento de las poblaciones y áreas de distribución de las especies de distribución restringida listadas como Vulnerables (una especie), de Preocupación Menor (dos especies), Casi Amenazadas (dos especies) o de Datos Deficientes (dos especies), con el fin de tomar las medidas adecuadas para su conservación.

Así mismo, las especies de frailejones de distribución restringida que no están localizadas en áreas protegidas y presentan alguna categoría de amenaza requieren la definición de medidas de conservación basadas en áreas que aseguren su conservación. Actualmente, 13 especies de frailejones de distribución muy restringida no están presentes en áreas protegidas (Díazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b), por lo que la ausencia de estas medidas implica un mayor riesgo de extinción. Cinco de ellas están categorizadas como En Peligro Crítico, seis En Peligro y una en Preocupación Menor. Dentro de este grupo cabe resaltar el caso de *Espeletia praesidentis* (LC) que, aunque no tiene amenazas significativas reportadas, su área de distribución es restringida y no se encuentra en alguna área protegida, lo que constituye un riesgo para su conservación si no se toman las medidas adecuadas.

La definición de medidas de conservación apropiadas requiere la generación de conocimiento sobre las poblaciones y sus tendencias. Aunque existen esfuerzos de monitoreo de frailejones en áreas de parques nacionales naturales y se ha avanzado en el estudio de las poblaciones de *E. ramosa*, en la actualidad no existen estudios publicados de largo plazo que analicen las características poblacionales de las especies de *Espeletia* en Colombia; en las evaluaciones de riesgo de extinción de UICN no se presentan tendencias poblacionales basadas en información de campo, y, según lo reportado, las tendencias poblacionales de 71 de las 92 especies son desconocidas. Nueve especies reportan tendencias decrecientes y solo una especie es estable. Es entonces necesario implementar sistemas de monitoreo a largo plazo que mejoren el conocimiento de la dinámica de las poblaciones de *Espeletia* en Colombia que podrían inspirarse en iniciativas como la red Gloria-Andes, que genera datos sistemáticos y comparables en la región Andina sobre diversidad y abundancia de especies como herramienta para evaluar los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad de los ecosistemas de alta montaña en los Andes.

Con base en lo anterior, las medidas de gestión recomendadas para las especies de distribución restringida son:

1. *Mejorar el conocimiento de las áreas de distribución.* En la primera evaluación de estado de amenaza, García et al. (2005) identificaron la falta de información como una de las principales limitantes para la evaluación del grupo, por lo que la medida propuesta fue evaluar el estado de las poblaciones, como un primer paso en un proceso de conservación efectivo. Los resultados de las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas para las especies del género en Colombia (García et al., 2005; Díazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b) demuestran que es necesario mejorar la información y los registros de las especies que presentan algún grado de amenaza, particularmente las de distribución restringida.

2. *Cuantificar el tamaño de las poblaciones reportadas.* No existen estudios específicos en Colombia orientados a cuantificar el tamaño de las poblaciones de *Espeletia*, aunque estas especies son consideradas elementos ecológicamente dominantes de los páramos, alcanzando densidades de adultos > 1 planta/m² (Smith 1981; Fagua & González, 2007).
3. *Mejorar el conocimiento de la estructura de las poblaciones.* A través de la implementación de sistemas de monitoreo que permitan analizar las tendencias de las poblaciones, entender su relación con las amenazas presentes e identificar las medidas de conservación adecuadas. Como información de referencia se recomienda revisar los estudios poblacionales de largo plazo se han realizado para frailejones de Venezuela (Monasterio, 1979; 1986; Estrada & Monasterio, 1988; 1991; Silva et al., 2000).
4. *Identificar amenazas actuales y la magnitud de sus afectaciones sobre las poblaciones.* Las amenazas reportadas en las evaluaciones de Lista Roja incluyen procesos de introgresión, hibridación, herbívora, mortalidad de individuos por cambios en el hábitat, etc. Los procesos de disturbio pueden tener impactos importantes en la densidad de ciertas clases de edad, lo que puede determinar la viabilidad de las poblaciones en el mediano y largo plazo (Monasterio, 1979; Silva et al., 2000). Por ejemplo, en el caso de *E. saboyana* hay evidencia de que la desecación de humedales y el pastoreo pueden afectar los procesos de reclutamiento de individuos, lo que resulta en una menor densidad de individuos jóvenes en los parches más fragmentados y/o más alterados, características que implican una alteración de la dinámica poblacional que puede llevar la especie a la extinción en un corto periodo de tiempo (Becerra & Mavárez, 2022a). Otros estudios en Colombia han reportado el impacto de la herbivoría en los frailejones como evidencia de los impactos de la transformación de hábitat y el cambio climáticos sobre las especies (Medina et al., 2009; Salinas et al., 2013; Torres, 2013).
5. *Establecer estrategias de conservación complementarias.* Especialmente para especies que no están dentro de áreas protegidas, evaluando la pertinencia del establecimiento de áreas de importancia para la conservación de biodiversidad (Key Biodiversity Areas - KBA) para las especies de distribución restringida y otras que, aunque estén dentro de áreas protegidas, están expuestas a amenazas particulares que pueden conducir a su extinción local en el corto plazo.
6. *Realizar análisis genéticos para evaluar la salud de las poblaciones y mejorar el conocimiento taxonómico.* Las especies que están amenazadas actualmente por procesos de introgresión (transferencia de genes) requieren estudios específicos para conocer el impacto de estos procesos sobre las poblaciones y su riesgo de extinción. Así mismo, se requieren análisis para especies que tienen similitudes morfológicas importantes y otras que podrían tratarse de híbridos.

Especies que habitan ecosistemas de transición bosque-páramo

Las especies distribuidas en ecosistemas de transición afrontan amenazas directamente relacionadas con la expansión de la frontera agropecuaria en la franja de transición bosque-páramo, que usualmente es

altamente afectada por los procesos de degradación y cambios de uso del suelo (Rivera & Pinilla, 2014). De frailejón, se distribuyen 28 especies en rangos inferiores a los 2800 m s. n. m. y 14 ocupan hábitats de bosque o arbustales colindantes con los páramos. Aunque varias de estas especies tienen una amplia distribución, es común que las poblaciones ubicadas en esas franjas de transición estén dispersas, fragmentadas o altamente afectadas por otras condiciones relacionadas con los procesos de degradación de su hábitat. Varias especies se encuentran en laderas empinadas y bien drenadas, de difícil acceso, por lo que el conocimiento disponible de las poblaciones y las características de su hábitat es restringido.

Basado en esto se sugieren las siguientes medidas para este grupo de especies:

1. *Analizar en detalle las amenazas a las poblaciones de estas especies y sus hábitats.* La información disponible sobre las amenazas es principalmente para las especies registradas en las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas la UICN, que a menudo se fundamenta en las publicaciones que describieron las especies o la información de los páramos donde se distribuyen. Por lo tanto, es importante que para las especies que se encuentran en la transición bosque-páramo se hagan análisis detallados de las amenazas, dado que a menudo estas son muy localizadas y tienen una alta incidencia en la fragmentación de poblaciones, de modo que frecuentemente quedan aisladas en parches dentro de sistemas agropecuarios.
2. *Realizar análisis espaciales para la identificación de las áreas de hábitat más propensas a desaparecer por la expansión de la frontera agropecuaria.* En línea con la medida anterior, es importante analizar integralmente las dinámicas de intervención de los páramos y bosques altoandinos en los que se distribuyen las especies y los posibles impactos sobre sus hábitats. La información existente sobre cambios de cobertura de uso del suelo en Colombia generada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) pueden ser la base de análisis, como lo reportaron Rivera y Pinilla (2014), pero se requieren estudios a escalas más detalladas que permitan entender mejor el impacto de estos cambios sobre las poblaciones de frailejones.
3. *Definir acciones para reducir presiones sobre las áreas de bosque más fragmentadas o propensas a desaparecer.* El conocimiento de la distribución de las especies y sus amenazas es esencial para tomar medidas que reduzcan las presiones sobre las poblaciones más fragmentadas en las áreas de transición bosque-páramo. Estas acciones pueden incluir el control de la ampliación de la frontera agropecuaria en áreas donde se encuentren poblaciones aisladas de frailejones, favorecer procesos de restauración que aumenten la conectividad ecosistémica y la conservación de los hábitats, y el desarrollo de análisis genéticos para conocer la salud de las poblaciones y los potenciales efectos de la fragmentación de sus poblaciones.

Especies con requerimientos de hábitat específicos

Un grupo de especies de especial interés son aquellas que requieren condiciones de hábitat particulares dentro del páramo, como los humedales o las cimas más altas. De acuerdo con Monasterio (1986), la cobertura de *Espeletia* sp. varía ampliamente dependiendo de la elevación y las condiciones de hábitat,

particularmente la pendiente y los materiales parentales del suelo. La influencia de las características de los hábitats en la distribución de las especies de frailejones supone una acción diferenciada de los procesos de degradación del hábitat, lo cual favorece a unas especies con mejores capacidades de dispersión y lleva a la extinción local de especies de hábitats más especializados (Mavárez et al., 2019; Valencia, et al., 2020). Dada la vulnerabilidad de los humedales y los páramos pantanosos (Valencia et al., 2020, Burbano-Girón et al., 2021), se propone tomar medidas específicas para 18 especies de frailejones reportadas en páramos pantanosos y húmedos, aunque no representen categorías de amenaza, y para seis especies reportadas como posiblemente amenazadas por cambio climático. Es recomendable avanzar en la identificación de áreas de distribución de las especies amenazadas por procesos de disecación, degradación de hábitats o cambio climático y establecer sistemas de monitoreo de los hábitats, para tomar medidas adecuadas de conservación. Las especies que dependen de condiciones particulares de su hábitat son altamente vulnerables a las afectaciones de este, por lo que es necesario que se identifique con mayor detalle el impacto de procesos de degradación, fragmentación, disecación, quemas y otros sobre las poblaciones de frailejones. No hay estudios específicos en poblaciones de frailejones de Colombia que analicen los impactos de las variaciones del hábitat en su supervivencia. Por esta razón, es importante contar con estudios más detallados y experimentales que permitan identificar las respuestas de las especies a los posibles cambios del hábitat y tomar las medidas para disminuir los efectos sobre la supervivencia de las especies.

Estrategia Nacional de Conservación de Frailejones

Como se mencionó anteriormente, la implementación de medidas de conservación específicas para las especies de frailejones debería estar inmersa en una estrategia de orden nacional más amplia, cuya construcción implica:

1. Definir medidas que contribuyan a la gestión integral de los páramos de Colombia.
2. Identificar y acordar acciones para la conservación de especies o grupos de especies (p. ej., con distribución restringida, con requerimientos de hábitats específicos, etc.).
3. Formular proyectos y programas que, partiendo de una meta concreta, involucren a todas las partes interesadas.
4. Formular e implementar políticas públicas que orienten las actividades, inversiones y necesidades de investigación e innovación, para atender las principales amenazas que afrontan los páramos.

Con base en estas consideraciones y teniendo en cuenta que las amenazas que enfrentan las poblaciones de frailejones están relacionadas con las amenazas existentes en los páramos de Colombia, la conservación de este grupo depende de desafíos sociales, como detener el avance de la frontera agropecuaria, lo que implica la acción colectiva de diferentes actores y de la ciudadanía.

Como parte del gran desafío de gestionar integralmente los páramos de Colombia, propósito de la Ley 1930 de 2018, este trabajo propone desarrollar una Misión para la Conservación de las Especies de Frailejones que promueva un portafolio de proyectos conducentes al logro de tres grandes objetivos:

1. Detener el avance de la frontera agropecuaria, establecer estrategias de manejo más amigables destinadas al sector agropecuario y reducir las amenazas a los hábitats y las especies relacionadas con las intervenciones humanas, las cuales varían de acuerdo con las características del complejo de páramos en el que estas se distribuyen.
2. Mejorar el conocimiento taxonómico, biológico y ecológico de las especies de frailejones y monitorear sus dinámicas poblacionales y las amenazas para su conservación.
3. Involucrar a la población en el conocimiento y conservación de las especies de frailejones.

El desarrollo de la misión a nivel nacional requiere de un esquema de gobernanza que asegure que se involucren todos los actores con incidencia en la ejecución de los proyectos necesarios para lograr los objetivos previstos. La misión podría dividirse en capítulos regionales, liderados por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), como autoridades ambientales responsables de la ejecución de políticas, planes, programas y proyectos consagrados al medio ambiente y los recursos naturales renovables (Ley 99 de 1993).

A nivel regional, este proceso puede partir de la identificación de las especies de *Espeletia* presentes en cada jurisdicción, identificando aquellas de distribución restringida y las distribuidas en ecosistemas de transición o hábitats específicos. Con base en este conocimiento, los diferentes actores del territorio serían orientados hacia la identificación de amenazas y soluciones para la formulación de portafolios de proyectos que incidan directamente en la conservación de las especies. En su rol de autoridades ambientales, las CAR podrían liderar el trabajo a través de plataformas multiactor que, mediante acuerdos sociales, identifiquen y prioricen el portafolio de proyectos necesario para cada jurisdicción, el cual podría dirigirse hacia los siguientes tres componentes: reducción de amenazas a los ecosistemas de páramo, conocimiento, y participación y educación.

Componente 1. Reducción de amenazas a los ecosistemas de páramo

Partiendo de que las amenazas relacionadas con el cambio de uso del suelo no están directamente relacionadas con los frailejones, pero las amenazas que pesan sobre el ecosistema, junto con la degradación o transformación de este, sí afectan las poblaciones de frailejones, se propone que, para cada región, se realice un ejercicio participativo de identificación de las amenazas principales a los páramos y las especies de frailejones de la jurisdicción de cada CAR y se identifiquen las acciones necesarias para reducir las presiones sobre los páramos y los procesos de degradación derivados. En línea con la Ley 1930, este proceso requiere la participación de toda la sociedad y el establecimiento de acuerdos de colaboración entre todos los sectores, para la búsqueda de alternativas mediante las cuales reducir presiones. Lo anterior implica acuerdos sociales sobre el uso del suelo y la implementación de alternativas productivas, incluyendo aquellas que generen un valor agregado derivado de la conservación de

frailejones. A través del desarrollo de acciones que aseguren la conservación de los hábitats de los frailejones en sus áreas de distribución, este componente contendría proyectos orientados a: 1) generar acuerdos para reducir el avance de la frontera productiva sobre los páramos, 2) establecer figuras de conservación complementarias, 3) restaurar áreas de páramo degradadas que permitan el establecimiento de especies de frailejones de interés, 4) identificar oportunidades para generar medios de vida para las comunidades locales.

Componente 2. Conocimiento

Estaría enfocado a identificar los vacíos de conocimiento sobre los frailejones presentes en cada una de las áreas de jurisdicción de las CAR, priorizando las inversiones necesarias para mejorar la información sobre las especies para la toma de decisiones sobre su conservación. Este componente puede estar orientado a proyectos relacionados con: 1) mejorar el conocimiento de las áreas de distribución y las dinámicas poblacionales de las especies de distribución restringida o de aquellas que presenten amenazas particulares identificables; 2) profundizar en el conocimiento taxonómico de las especies de cada jurisdicción, incluyendo análisis filogenéticos; 3) estudiar las amenazas y sus efectos en la supervivencia de las especies; 4) establecer sistemas de monitoreo para las especies de distribución restringida o potencialmente amenazadas por el cambio climático; y 5) profundizar en el conocimiento tradicional de las especies, sus usos y valores de conservación a nivel local.

Componente 3. Participación y educación

Este componente estaría enfocado a promover proyectos para que la sociedad se apropie del conocimiento sobre los páramos, conozca las especies de frailejones presentes en sus áreas y se involucre activamente en acciones locales de conservación, monitoreo e identificación de alternativas económicas relacionadas con su conservación. El portafolio de proyectos de participación incluye: 1) procesos de investigación participativa que contribuyan a atender los vacíos de conocimiento de las especies y la conformación de redes de investigación, 2) campañas locales para el monitoreo de especies de interés, 3) inclusión del conocimiento de los frailejones en el currículo escolar y desarrollo de actividades académicas en escuelas y colegios, y 4) desarrollo de marcos normativos locales para la conservación de frailejones.

Discusión

Las evaluaciones más recientes de la Lista Roja de Especies Amenazadas realizadas para las especies del género *Espeletia* en Colombia (Diazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b) son necesarias para definir medidas de gestión específicas que reduzcan el impacto de las presiones, principalmente relacionadas con los cambios de uso del suelo, el cambio climático y la presencia de especies invasoras.

De acuerdo con lo reportado en estas evaluaciones, las actividades relacionadas con la expansión de la frontera agropecuaria son la principal amenaza para la mayoría de las especies. La relación hallada entre la transformación de los páramos y la riqueza de especies de frailejones asociadas es preocupante, pues la pérdida de hábitat determina la probabilidad de implantación de nuevos individuos, la mortalidad de

individuos en etapas tempranas de desarrollo, la respuesta y exposición a plagas y enfermedades y, en algunos casos, la generación de procesos de introgresión, que afectan actualmente a especies como *E. paipana*, *E. summapacis* y *Espeletia saboyana* MT Becerra y Mavárez (García et al., 2005; Medina et al., 2009, Diazgranados & Castellanos, 2021; Becerra & Mavárez, 2022a).

En escenarios de cambio climático, la incapacidad de las poblaciones de frailejones distribuidas en altas elevaciones para adaptarse a cambios en las condiciones de su hábitat en un tiempo relativamente corto podría incidir en procesos de extinción local en el corto plazo (Madriñán et al., 2013; Mavárez et al., 2018; Valencia et al., 2020). Bajo condiciones de cambio climático, se esperaría que las especies de frailejones, además de las ya reportadas como vulnerables a este fenómeno, presenten reducciones de sus áreas de distribución debido a factores como: 1) pérdida de hábitats para especies altamente especializadas (adaptadas a hábitats húmedos y muy húmedos), 2) competencia con especies de estratos arbóreos que migran hacia las partes más altas y cambian las características del hábitat y 3) aumento de especies de herbívoros y patógenos (Madriñán, 2013; Mavárez et al., 2018; Rojas et al., 2018; Valencia et al., 2020).

Las amenazas identificadas para las especies de frailejones determinan la necesidad de desarrollar una Estrategia Nacional de Conservación de Frailejones que se construya a partir de las evaluaciones de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN y promueva la profundización del conocimiento de las especies y la implementación de acciones para reducir las amenazas sobre estas especies, además de involucrar integralmente a todos los tomadores de decisiones relevantes. De acuerdo con la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el propósito de la planificación de la conservación de especies es aumentar la efectividad de la acción asegurando que esté basada en un análisis exhaustivo de buena información, metas bien definidas y alcanzables, la incorporación de múltiples perspectivas y el acuerdo entre los involucrados sobre lo que se debe hacer (CPSG, 2020).

El proceso implica planear, promover la participación y tener en cuenta los conocimientos relevantes, trabajar a partir de la mejor información disponible, usando enfoques basados en la ciencia, movilizar a diversos grupos de personas, facilitar la toma de decisiones y reconocer las metas compartidas y desarrollar planes adaptativos, que se consideren como documentos vivos que sean revisados, actualizados y mejorados con el tiempo (CPSG, 2020).

Siguiendo las recomendaciones del CPSG, el proceso de desarrollo de planes de conservación de especies podría ser soportado por un enfoque orientado por misiones teniendo en cuenta que las políticas orientadas por misiones (POM) tienen por finalidad lograr objetivos específicos y definir direcciones tecnológicas y sectoriales explícitas, para cumplir la misión en un entorno que permite la experimentación y aprendizaje desde la base (Mazzucato, 2018). Las POM pueden ser una forma de abordar la “maldición de los recursos naturales”, ya que estos no se considerarían como pertenecientes a un sector, sino como parte de una solución para una misión mayor (Mazzucato, 2018).

Aplicando esto al caso de los frailejones de Colombia, una política orientada por misiones para la conservación de frailejones Colombia permitiría articular las acciones de las instituciones y los actores

involucrados y facilitaría procesos de transformación que contribuyan a una meta común: *la conservación de las poblaciones de frailejones en Colombia*.

En línea con los principios propuestos por el CPSG (2020) y teniendo en cuenta que las misiones deben ser amplias para involucrar al público, atraer inversiones intersectoriales y permanecer lo suficientemente enfocadas para involucrar a la industria y lograr un éxito medible (Mazzucato, 2018; Miedzinski et al., 2019), una estrategia para la conservación de frailejones orientada por misiones es una oportunidad para influir en un desafío más amplio de conservación de páramos, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

1. La conservación de frailejones es una meta inspiradora que tiene la potencialidad de involucrar al público y a la sociedad y generar impactos favorables al ecosistema de páramo, más allá de las mismas poblaciones de frailejones.
2. Una misión enfocada en la conservación de estas especies es medible y permite evaluar el éxito de otras acciones que estén orientadas a reducir las presiones o las amenazas al páramo como ecosistema.
3. Conduce a acciones de investigación e innovación realistas para incentivar a los actores a actuar y generar procesos replicables en otros ecosistemas u otras especies.
4. Es una misión transversal que aborda varias dimensiones y requiere el concurso de varios sectores involucrados en la investigación, la conservación, la producción sostenible, la educación, entre otros.
5. Una misión para la conservación de frailejones puede conducir a solucionar desde la base múltiples desafíos que hoy afrontan los páramos en Colombia, ofrece oportunidades para la innovación social, requiere de mecanismos innovadores para la participación social, la apropiación del conocimiento y la búsqueda de soluciones a procesos que afectan al páramo y sus ecosistemas subyacentes.
6. La misión se conecta con los desafíos sociales y orienta la definición de proyectos específicos, con objetivos claros y ambiciosos que puedan lograrse mediante un portafolio de proyectos de investigación e innovación y medidas de apoyo.

Conclusiones y recomendaciones

Los análisis de información demuestran que el riesgo de extinción de las especies de frailejones está determinado por el tamaño de su área de distribución y la presencia de amenazas comunes, en su mayoría relacionadas con los procesos de intervención humana y degradación, que afectan en general a los ecosistemas de páramo que habitan. Dada la incidencia de los procesos de transformación del páramo sobre las especies de frailejones, la construcción de esta estrategia de conservación contempla la identificación e implementación de medidas en dos escalas de trabajo:

1. Medidas orientadas a asegurar la conservación de las especies prioritarias (p. ej., especies con una distribución restringida, que habitan ecosistemas de transición bosque-páramo y/o con requerimientos de hábitats específicos).
2. Medidas orientadas a reducir las presiones sobre los páramos, mejorar el conocimiento de las especies y favorecer la participación de la sociedad en procesos de conservación.

El mejoramiento del conocimiento de las especies, sus áreas de distribución y sus amenazas es fundamental para la definición de medidas de gestión y conservación, por lo que es necesaria la implementación de sistemas de monitoreo de largo plazo que permitan mejorar la información sobre las tendencias poblacionales y entender la influencia de los cambios de uso del suelo, el clima y las características de los hábitats sobre las poblaciones y comunidades del páramo. Estos sistemas de monitoreo podrían estar anidados en sistemas regionales o nacionales que contribuyan al monitoreo del páramo.

Avanzar en una propuesta de estrategia para la conservación de frailejones con un enfoque orientado por misiones es una alternativa para abordar desafíos sociales como los que hoy afrontan los páramos de Colombia, a partir de la conservación de los frailejones como especies sombrilla.

Agradecimientos

Extiendo mi mayor agradecimiento a Jesús Mavárez, del Laboratorio de Ecología Alpina del Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Francia, por guiarme en el conocimiento de este grupo, y a Catherine Numa Valdez, de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), por sus valiosos aportes a la estructuración del documento y al texto. Adicionalmente, agradezco a Diana Medina Contreras, Claudia Rivera, Carolina Castellanos, Óscar Gualdrón, Camilo García, Camilo Rodríguez y Jerson González, por sus ideas y aportes para el desarrollo del documento. Este trabajo hace parte de la tesis que la autora presentó como requisito para obtener el grado de Doctora en Ciencias de la Universidad de Alicante.

Referencias

- Alzate, F., & Giraldo-Gómez, S. (2020). *Espeletia restricta* (Millerieae, Asteraceae), a new species from the paramos of northern Colombia. *Phytotaxa*, 433, 288-294. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.433.4.4>
- Becerra, M. T., & Mavárez, J. (2021a). *Espeletia ocetana* (Millerieae, Asteraceae), a new tall Caulirosula from Colombia. *Systematic Botany*, 46(4), 1095-1106. <https://doi.org/10.1600/036364421X16370109698678>
- Becerra, M. T., & Mavárez, J. (2021b). Evaluación de amenaza de *Espeletia ramosa*. Enviado a consideración de grupo de especialistas de la UICN.

- Becerra, M. T., & Mavárez, J. (2022a). *Espeletia saboyana* (Millerieae, Asteraceae), a new critically endangered Caulirosula from Cordillera Oriental, Colombia. *Systematic Botany*, 47(2), 593-606. <https://doi.org/10.1600/036364422X16516711856571>
- Becerra, M. T., & Mavárez, J. (2022b). Evaluación de amenaza de *Espeletia saboyana*. Enviado a consideración de grupo de especialistas de la UICN.
- Benavides, J. & Vitt, D. (2014) Response curves and the environmental limits for peat-forming species in the northern Andes. *Plant Ecology*, 215, 937-952.
- Berry, P. E., & Calvo, R. N. (1994). An overview of the reproductive biology of *Espeletia* (Asteraceae) in the Venezuelan Andes. En P. Rundel, A. Smith, & F. Meinzer (Eds.), *Tropical alpine environments: Plant form and function* (pp. 229-250). Cambridge University Press.
- Burbano-Girón, J., Molina, A., Ayazo, R., Cardona, D., & Ochoa J. M. (2021). Estado de conservación y transformación de los humedales en Colombia. En G. Andrade, & L. A. Moreno, *Biodiversidad 2020. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto Humboldt.
- Cárdenas, M. F., Tobón, C., Rock, B. N., & Del Valle, J. I. (2018). Ecophysiology of frailejones (*Espeletia* spp.), and its contribution to the hydrological functioning of páramo ecosystems. *Plant Ecology*, 219, 185-198. <https://doi.org/10.1007/s11258-017-0787-x>
- Cleef, A. M. (1981). *The vegetation of the paramos of the Colombian Cordillera Oriental*. A.R. Gantner Verlag K.G.
- Cleef, A. M. (2013). Origen, evolución, estructura y diversidad biológica de la alta montaña colombiana. En J. Cortés-Duque, & C. Sarmiento (Eds.), *Visión socioecosistémica de los páramos y la alta montaña colombiana: memorias del proceso de definición de criterios para la delimitación de páramos*. Instituto Humboldt.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Congreso de la República de Colombia. (2018). Ley 1930. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764#:~:text=Por%20medio%20de%20la%20cual,sostenible%20y%20generaci%C3%B3n%20de%20conocimiento.>
- Cruz, M., & Lasso, E. (2021). Insights into the functional ecology of paramo plants in Colombia. *Biotropica*, 53, 1415-1431. <https://doi.org/10.1111/btp.12992>
- Conservation Planning Specialist Group. (2020). *Principios y pasos para la planificación de la conservación de especies*. Versión 1.0. CPSG.
- Cuatrecasas, J. (1986). Speciation and radiation of the Espeletiinae in the Andes. En F. Vuilleumier & M. Monasterio (Eds.), *High altitude tropical biogeography* (pp. 267-303). Oxford University Press.

- Cuatrecasas, J. (2013). A systematic study of the subtribe Espeletiinae (Heliantheae, Asteraceae). *Mem. New York Bot. Gard.* 107, 1-689.
- Díaz-Piedrahíta, S., & Rodríguez-Cabeza, B. V. (2008). Novedades en los géneros *Espeletia* Mutis ex Humb. & Bonpl. y *Espeletiopsis* Cuatrec. (Asteraceae, Heliantheae, Espeletiinae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 32, 455-458.
- Díaz-Piedrahíta, S., & Rodríguez-Cabeza, B. V. (2010). Nuevas especies colombianas de *Espeletiopsis* Cuatrec. y de *Espeletia* Mutis ex Humb. & Bonpl. (Asteraceae, Heliantheae, Espeletiinae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 34: 441-454.
- Díaz-Piedrahíta, S., & Rodríguez-Cabeza, B. V. (2011). Novedades en Asteraceae colombianas – I. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35, 411-424.
- Díaz-Piedrahíta, S., Rodríguez-Cabeza, B. V., & Galindo-Tarazona, R. (2006). Interesantes novedades en *Espeletiinae* (Asteraceae-Heliantheae) de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 30, 332-352.
- Díazgranados, M. (2012). A nomenclator for the frailejones (Espeletiinae Cuatrec., Asteraceae). *PhytoKeys*, 16, 1-52. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.16.3182>
- Díazgranados, M. (2020). Fichas de evaluación de especies del género *Espeletia* (87 especies). The IUCN Red List of Threatened Species 2020.
- Díazgranados M., & Castellanos-Castro, C. (2021). *Frailejones en peligro*. Instituto Humboldt.
- Díazgranados, M., & Barber, J. C. (2017). Geography shapes the phylogeny of frailejones (Espeletiinae Cuatrec., Asteraceae): A remarkable example of recent rapid radiation in sky islands. *PeerJ*, 5, e2968. <https://doi.org/10.7717/peerj.2968>
- Díazgranados, M., & Morillo, G. (2013). A new species of *Coespeletia* (Asteraceae, Millerieae) from Venezuela. *PhytoKeys*, 28, 9-18.
- Díazgranados, M., & Sánchez, L. R. (2013). A new species of *Espeletiopsis* (Millerieae, Asteraceae) from Colombia. *PhytoKeys*, 32, 37-48.
- Estrada, C., & Monasterio, M. (1988). Ecología poblacional de una roseta gigante, *Espeletia spicata* SCH. BIP. (Compositae). *Ecotrópicos*, 1(1), 25-39.
- Estrada, C., & Monasterio, M. (1991). Comportamiento reproductivo de una roseta gigante, *Espeletia spicata* SCH. BIP. (Compositae) del páramo desértico. *Ecotrópicos*, 4(1), 1-17.
- Fagua, J., & González, V. (2007). Growth rates, reproductive phenology, and pollination ecology of *Espeletia grandiflora* (Asteraceae), a giant Andean caulescent rosette. *Plant Biology*, 9(1), 127-135.

- García N., Calderón, E., & Galeano, G. (2005). Palmas, frailejones y zamias. En *Libro rojo de plantas de Colombia* (pp. 225-386). Instituto Humboldt; Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia; Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Luteyn, J. L. (1999). Páramos: A checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. *Memoirs New York Botanical Garden*, 84, 1-278.
- Madriñán, S., Cortés, A. J., & Richardson, J. E. (2013). Páramo is the world's fastest evolving and coolest biodiversity hotspot. *Frontiers in Genetics*, 4, art. 192, 1-7.
- Mavárez, J. (2019). A taxonomic revision of *Espeletia* (Asteraceae). The Venezuelan radiation. *Harvard Papers in Botany*, 24, 131-244.
- Mavárez, J. (2021). A taxonomic revision of *Espeletia* (Asteraceae). II. Updated list of taxa, nomenclature, and conservation status in the Colombian radiation. *Harvard Papers in Botany*, 26, 131-157.
- Mavárez, J., Bézy, S., Goeury, T., Fernández, A., & Aubert, S. (2018). Current and future distributions of Espeletiinae (Asteraceae) in the Venezuelan Cordillera de Mérida based on statistical downscaling of climatic variables and niche modelling. *Plant Ecology & Diversity*, 12(6), 633-647. <https://doi.org/10.1080/17550874.2018.1549599>
- Mavárez, J., & Becerra, M. T. (2019). Taxonomic novelties in paramo plants. *Espeletia ramosa* (Asteraceae), a new species from Colombia. *Phytologia*, 101, 222-230.
- Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 803-815. <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>
- Medina, M. M., Varela, A., & Martínez, C. (2009). Registro de daño a los frailejones (Asteraceae: *Espeletia* sp.) por insectos y hongos patógenos en el PNN Chingaza (Colombia). *Cespedesia*, 32, 90-91.
- Miedzinski, M., Mazzucato, M., & Ekins, P. (2019). *A framework for mission-oriented innovation policy road mapping for the SDGs: The case of plastic-free oceans*. UCL Institute for Innovation and Public Purpose.
- Monasterio, M. (1979). El páramo desértico en el altoandino de Venezuela. En M. L. Salgado-Labouriau (Ed.), *El medio ambiente páramo* (pp. 117-146). CIET; IVIC; MAB; Unesco.
- Monasterio, M. (1986). Adaptive strategies of *Espeletia* in the Andean desert páramo. En F. Vuilleumier, & M. Monasterio (Eds.), *High altitude tropical biogeography* (pp. 49-80). Oxford University Press.
- Monasterio, M., & Sarmiento, L. (1991). Adaptive radiation of *Espeletia* in the cold Andean tropics. *Trends in Ecology & Evolution*, 6(12), 387-439.
- Pinilla, M. C. (2012). *Portafolio de restauración de páramos y humedales de alta montaña*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto Humboldt. <https://core.ac.uk/download/487179826.pdf>

- Pouchon, C., Fernández, A., Nassar, J. M., Boyer, F., Aubert, S., Lavergne, S., & Mavárez, J. (2018). Diversification of the giant rosettes of the *Espeletia* complex (Asteraceae). A phylogenomic analysis of an explosive adaptive radiation in the Andes. *Systematic Biology*, 67, 1041-1060. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syy022>
- Rada, F. (2016). Functional diversity in tropical high elevation giant rosettes. En G. Goldstein, & L. Santiago (Eds.), *Tropical Tree Physiology* (pp. 181-202). Springer.
- Rangel-Ch., J. O. (2018). *Colombia diversidad biótica XVI: Patrones de riqueza y de diversidad de las plantas con flores en el bioma de páramo*. Universidad Nacional de Colombia.
- Rivera, D., & Pinilla, C. (2014). Transformación de los páramos de Colombia. En M. Cabrera, & W. Ramírez (Eds.), *Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación* (pp. 35-40). Instituto Humboldt.
- Rojas, J. E., Varela, A., & Osher, K. A. (2018). *Plan de conservación y manejo de los frailejones del territorio CAR*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca; Pontificia Universidad Javeriana.
- Salinas, C., Stella, L., & Hernández, L. (2013). Caracterización de los lepidópteros fitófagos asociados a la herbivoría de frailejones en la microcuenca de la quebrada Calostros del Parque Nacional Natural Chingaza. *Revista Mitis*, 3(1), 1-22.
- Sarmiento, C., Osejo, A., Ungar, P., & Zapata, J. (2017). Páramos habitados: desafíos de la gobernanza ambiental de la alta montaña en Colombia. *Biodiversidad en la Práctica*, 2, 122-145.
- Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M., Zapata, J., & León, O. (2013). *Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000*. Instituto de Humboldt.
- Silva, J. F., Trevisan, M., Estrada, C., & Monasterio, M. (2000). Comparative demography of two giant caulescent rosettes (*Espeletia timotensis* and *E. spicata*) from the high tropical Andes. *Global Ecology and Biogeography*, 9(5), 403-413.
- Smith, A. P. (1981). Growth and population dynamics of *Espeletia* (Compositae) in the Venezuelan Andes. *Smithsonian Contributions to Botany*, 48, 1-45.
- Torres Q., J. M. (2013). *Evaluación del grado de afectación por entorchamiento y herbivoría en una población de Espeletia grandiflora Humb. & Bonpl. de la cuenca alta de la quebrada Calostros del Parque Nacional Natural Chingaza*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2019). *Guidelines for using the IUCN Red List categories and criteria. Version 14*. IUCN Standards and Petitions Committee. <http://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>

Valencia, J. B., Mesa, J., León, J. G., Madriñán, S., & Cortés, A. J. (2020). Climate vulnerability assessment of the *Espeletia* complex on paramo sky islands in the northern Andes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 565708. <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.565708>

Anexo 1. Listas de especies de Lista de especies de frailejones categorizadas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (García et al., 2005; Diazgranados, 2020; Becerra & Mavárez, 2021b; 2022b).

Anexo 1.1. Lista de especies de frailejones categorizadas En Peligro Crítico (CR).

Especie	Categoría 2005
<i>Espeletia dugandii</i>	CR
<i>Espeletia oswaldiana</i>	CR
<i>Espeletia paipana</i>	CR
<i>Espeletia caldasii</i>	EN
<i>Espeletia azucarina</i>	VU
<i>Espeletia miradorensis</i>	NT
<i>Espeletia steyermarkii</i>	NE
<i>Espeletia laxiflora</i>	N
<i>Espeletia mirabilis</i>	N
<i>Espeletia ramosa</i>	N
<i>Espeletia raquirensis</i>	N
<i>Espeletia saboyana</i>	N
<i>Espeletia soroca</i>	N
<i>Espeletia tibamoensis</i>	N
<i>Espeletia betancurii</i>	N
<i>Espeletia cachaluensis</i>	N
<i>Espeletia diazii</i>	N

Notas. CR = En Peligro Crítico, EN = En Peligro, VU = Vulnerable, NT = Casi Amenazada, NE = No Evaluada, N = Especie descrita luego del 2005.

Anexo 1.2. Lista de especies de frailejones distribuidas en Colombia categorizadas como En Peligro (EN).

Especie	Categoría 2005
<i>Espeletia annemariana</i>	NT
<i>Espeletia brachyaxiantha</i>	EN
<i>Espeletia canescens</i>	NE
<i>Espeletia cayetana</i>	EN
<i>Espeletia chardonii</i>	EN
<i>Espeletia chocontana</i>	EN
<i>Espeletia cleefii</i>	NT
<i>Espeletia discoidea</i>	EN
<i>Espeletia divisoriensis</i>	EN
<i>Espeletia estanislana</i>	EN
<i>Espeletia formosa</i>	N
<i>Espeletia funckii</i>	VU
<i>Espeletia idroboi</i>	EN
<i>Espeletia insignis</i>	CR
<i>Espeletia nemekenei</i>	VU
<i>Espeletia perijaensis</i>	CR
<i>Espeletia pulcherrima</i>	N
<i>Espeletia purpurascens</i>	VU
<i>Espeletia rabanalensis</i>	N
<i>Espeletia roberti</i>	CR
<i>Espeletia rositae</i>	EN
<i>Espeletia sanchezii</i>	NE
<i>Espeletia sclerophylla</i>	EN
<i>Espeletia summapacis</i>	NT
<i>Espeletia tunjana</i>	EN

Notas. CR = En Peligro Crítico, EN = En Peligro, VU = Vulnerable, NT = Casi Amenazada, NE = No Evaluada, N = Especie descrita luego del 2005.

Anexo 1.3. Lista de especies de frailejones distribuidas en Colombia categorizadas como Vulnerable (VU).

Especie	Categoría 2005
<i>Espeletia arbelaezii</i>	EN
<i>Espeletia ariana</i>	N
<i>Espeletia brassicoidea</i>	EN
<i>Espeletia cabrerensis</i>	EN
<i>Espeletia cardonae</i>	NE
<i>Espeletia conglomerata</i>	EN
<i>Espeletia episcopalis</i>	N
<i>Espeletia garciae</i>	EN
<i>Espeletia glandulosa</i>	VU
<i>Espeletia incana</i>	VU
<i>Espeletia jaramilloi</i>	VU
<i>Espeletia jimenez-quesadae</i>	LC
<i>Espeletia pescana</i>	VU
<i>Espeletia schultesiana</i>	VU
<i>Espeletia standleyana</i>	VU
<i>Espeletia tamana</i>	VU

Notas. CR = En Peligro Crítico, EN = En Peligro, VU = Vulnerable, NT = Casi Amenazada, NE = No Evaluada, N = Especie descrita luego del 2005.

Anexo 1.4. Lista de especies de frailejones distribuidas en Colombia, categorizadas como Casi Amenazadas (NT) o de Preocupación Menor (LC).

Especie	Categoría 2005
<i>Espeletia barclayana</i>	NT
<i>Espeletia guacharaca</i>	NT
<i>Espeletia mutabilis</i>	NT
<i>Espeletia occidentalis</i>	NT
<i>Espeletia pleiochasia</i>	NT
<i>Espeletia argentea</i>	LC
<i>Espeletia boyacensis</i>	LC
<i>Espeletia colombiana</i>	LC
<i>Espeletia congestiflora</i>	LC
<i>Espeletia corymbosa</i>	LC
<i>Espeletia curialensis</i>	LC
<i>Espeletia frontinoensis</i>	LC
<i>Espeletia grandiflora</i>	LC
<i>Espeletia hartwegiana</i>	LC
<i>Espeletia killipii</i>	LC
<i>Espeletia lopezii</i>	LC
<i>Espeletia muiska</i>	LC
<i>Espeletia murilloi</i>	LC
<i>Espeletia neriifolius</i>	LC
<i>Espeletia occulta</i>	LC
<i>Espeletia petiolata</i>	LC
<i>Espeletia pisbana</i>	LC
<i>Espeletia praefrontina</i>	LC
<i>Espeletia praesidentis</i>	LC
<i>Espeletia pycnophylla</i>	LC
<i>Espeletia santanderensis</i>	LC
<i>Espeletia uribei</i>	LC

Anexo 1.5. Lista de especies de frailejones distribuidas en Colombia y listadas en la categoría de Datos Deficientes (DD) o No Evaluadas (NE).

Especie	Categoría 2005
<i>Espeletia chontalensis</i>	DD
<i>Espeletia marnixiana</i>	DD
<i>Espeletia tapirophila</i>	DD
<i>Espeletia trianae</i>	DD
<i>Espeletia ocetana</i>	NE
<i>Espeletia restricta</i>	NE
<i>Espeletia tillettii</i>	NE

Anexo 2. Referencias bibliográficas de las fichas de evaluación de 87 especies del género *Espeletia*.

Diazgranados, M. (2020). *Coespeletia laxiflora*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

e.T134493142A134650290. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493142A134650290.es)

3.RLTS.T134493142A134650290.es

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia annemariana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

e.T134493146A134650295. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493146A134650295.es)

3.RLTS.T134493146A134650295.es

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia arbelaezii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

e.T134493163A134650300. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493163A134650300.es)

3.RLTS.T134493163A134650300.es

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia argentea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

e.T134493698A134650305. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493698A134650305.es)

3.RLTS.T134493698A134650305.es

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia ariana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

e.T134493703A134650310. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493703A134650310.es)

3.RLTS.T134493703A134650310.es

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia azucarina*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

e.T134493708A134650315. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493708A134650315.es)

3.RLTS.T134493708A134650315.es

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia barclayana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

e.T134493726A134650320. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493726A134650320.es)

3.RLTS.T134493726A134650320.es

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia boyacensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

e.T134493735A134650325. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493735A134650325.es)

3.RLTS.T134493735A134650325.es

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia brachyaxiantha*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

e.T118215387A119362715. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T118215387A119362715.es)

3.RLTS.T118215387A119362715.es

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia brassicoidea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020.

e.T118215415A119362720. [https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-](https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T118215415A119362720.es)

3.RLTS.T118215415A119362720.es

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia cabrerensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134493970A134650330. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493970A134650330.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia cachaluensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134493995A134650335. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493995A134650335.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia canescens*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134493999A134650340. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134493999A134650340.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia cayetana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494004A134650345. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494004A134650345.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia chocontana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494008A134650350. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494008A134650350.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia chontalensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494038A134650355. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494038A134650355.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia cleefii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494574A134650360. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494574A134650360.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia congestiflora*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494579A134650365. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494579A134650365.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia conglomerata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494596A134650370. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494596A134650370.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia curialensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T118215437A119362725. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T118215437A119362725.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia discoidea*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494718A134650375. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494718A134650375.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia dugandii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494751A134650380. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494751A134650380.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia episcopalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494785A134650385. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494785A134650385.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia estanislana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T118215521A119362730. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T118215521A119362730.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia formosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494789A134650390. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494789A134650390.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia frontinoensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T118215572A119362735. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T118215572A119362735.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia grandiflora*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494814A134650395. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494814A134650395.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia hartwegiana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T118215740A119362740. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T118215740A119362740.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia idroboi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494824A134650400. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494824A134650400.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia incana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134494834A134650405. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134494834A134650405.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia jaramilloi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134495176A134650410. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134495176A134650410.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia killipii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134495183A134650415. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134495183A134650415.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia lopezii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134495740A134650420. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134495740A134650420.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia marnixiana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134495750A134650425. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134495750A134650425.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia mirabilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134496384A134650430. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134496384A134650430.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia miradorensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497060A134650435. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497060A134650435.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia murilloi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497076A134650440. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497076A134650440.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia mutabilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497080A134650445. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497080A134650445.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia nemekenei*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497097A134650450. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497097A134650450.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia occidentalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T118216690A119362745. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T118216690A119362745.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia oswaldiana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497128A134650455. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497128A134650455.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia paipana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T107821456A134650255. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T107821456A134650255.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia perijaensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497145A134650460. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497145A134650460.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia pescana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497166A134650465. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497166A134650465.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia pisbana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497188A134650470. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497188A134650470.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia praefrontina*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497223A134650475. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497223A134650475.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia praesidentis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497238A134650480. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497238A134650480.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia pulcherrima*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497242A134650485. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497242A134650485.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia pycnophylla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T133163775A133163795. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T133163775A133163795.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia raquirensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134497266A134650490. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134497266A134650490.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia roberti*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498673A134650495. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498673A134650495.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia rositae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498687A134650500. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498687A134650500.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia schultesiana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498701A134650505. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498701A134650505.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia soroca*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498745A134650515. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498745A134650515.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia standleyana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498755A134650520. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498755A134650520.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia steyermarkii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498764A134650525. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498764A134650525.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia summapacis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498802A134650530. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498802A134650530.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia tapirophila*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498813A134650535. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498813A134650535.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia tibamoensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498833A134650540. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498833A134650540.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia tunjana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498856A134650545. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498856A134650545.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletia uribei*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498866A134650550. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498866A134650550.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis betancurii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498888A134650555. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498888A134650555.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis caldasii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498894A134650560. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498894A134650560.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis colombiana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498903A134650565. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498903A134650565.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis corymbosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498907A134650570. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498907A134650570.en>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis diazii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498917A134650575. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498917A134650575.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis funckii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498921A134650580. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498921A134650580.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis garciae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498932A134650585. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498932A134650585.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis guacharaca*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498941A134650590. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498941A134650590.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis insignis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498945A134650595. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498945A134650595.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis jimenez-quesadae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498955A134650600. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498955A134650600.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis muiska*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498971A134650605. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498971A134650605.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis petiolata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498980A134650610. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498980A134650610.en>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis pleiochasia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498991A134650615. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498991A134650615.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis purpurascens*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134498997A134650620. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134498997A134650620.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis rabanalensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499007A134650625. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499007A134650625.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis sanchezii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499047A134650630. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499047A134650630.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis santanderensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499070A134650635. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499070A134650635.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis sclerophylla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499079A134650640. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499079A134650640.es>

Diazgranados, M. (2020). *Espeletiopsis trianae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499089A134650645. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499089A134650645.es>

Diazgranados, M. (2020). *Libanothamnus divisoriensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499093A134650650. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499093A134650650.es>

Diazgranados, M. (2020). *Libanothamnus neriifolius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499098A134650655. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499098A134650655.es>

Diazgranados, M. (2020). *Libanothamnus occultus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499105A134650660. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499105A134650660.es>

Diazgranados, M. (2020). *Libanothamnus tamanus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499136A134650665. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499136A134650665.es>

Diazgranados, M. (2020). *Paramiflos glandulosus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499160A134650670. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499160A134650670.es>

Diazgranados, M. (2020). *Ruilopezia cardonae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499172A134650675. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499172A134650675.es>

Diazgranados, M. (2020). *Tamania chardonii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020. e.T134499182A134650680. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T134499182A134650680.es>