

Oportunidades de conservación del paisaje rural andino en el suroccidente de Tunja, Boyacá (Colombia)

Conservation Opportunities for The Andean Rural Landscape in The Southwest of The City of Tunja in Boyacá, Colombia

**Albaluz Ramos Franco^{ab}, Anderson Javier Alvarado Reyes^{ac}, Ledis Viviana Montenegro Rubiano^{ad},
Adriana Carolina Sandoval Mojica^{ae}**

^a Grupo de Investigación Biología para la Conservación, Facultad de Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia

^b albaluz.ramos@uptc.edu.co | <https://orcid.org/0000-0001-6432-4061>

^c anderson.alvarado01@uptc.edu.co | <https://orcid.org/0000-0001-9426-2789>

^d ledis.montenegro@uptc.edu.co | <https://orcid.org/0000-0002-5585-1254>

^e adrianacarolina.sandoval@uptc.edu.co | <https://orcid.org/0000-0002-7429-0544>

Citation: Ramos Franco, A., Alvarado Reyes, A. J., Montenegro Rubiano, L. V. y Sandoval Mojica, A. C. (2022). Oportunidades de conservación del paisaje rural andino en el suroccidente de Tunja, Boyacá (Colombia). *Mutis*, 12(2). <https://doi.org/10.21789/22561498.1823>

Recibido: 8 de noviembre del 2021

Aceptado: 8 de marzo del 2022

Copyright: © 2022 por los autores. Licenciado para *Mutis*. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

RESUMEN

Con el objetivo de aportar a la conservación de la biodiversidad del paisaje rural del suroccidente de Tunja, se identificaron las áreas con características socioeconómicas y ecológicas óptimas para implementar programas de conservación de árboles, arbustos y orquídeas. Se usó un índice de valor de conservación, que integra la diversidad alfa y el endemismo de los grupos a conservar y un índice de viabilidad socioeconómica, que tiene en cuenta la información sobre uso y manejo de los recursos naturales por parte de los habitantes. Los resultados de los índices se integraron para identificar las oportunidades de conservación en cada una de las 3 zonas del área de estudio. El paisaje rural delimitado dentro del área de la zona de este estudio presenta la mayor oportunidad de aportar a la conservación de los ecosistemas boscosos del sector, debido a la alta riqueza de árboles, arbustos y orquídeas en comparación con las otras dos zonas; además, por ser el área donde se encuentran predios con habitantes que por sus características socioeconómicas responderían de mejor forma a un posible plan de conservación.

Palabras clave: bosque altoandino; desarrollo sostenible; grado de amenaza; riqueza; viabilidad socioeconómica.

ABSTRACT

With the objective of contributing to the conservation of the biodiversity of the rural landscape of the southwestern part of Tunja, areas with optimal socioeconomic and ecological characteristics were identified for the implementation of tree, shrub and orchid conservation programs. A conservation value index, which integrates the alpha diversity and endemism of the groups to be conserved, and a socioeconomic viability index, which considers the information on the use and management of natural resources by the inhabitants, were used. The results of the indexes were integrated to identify conservation opportunities in each of the 3 zones of the study area. The rural landscape delimited within the area of this study

presents the greatest opportunity to contribute to the conservation of forest ecosystems in the sector, due to the great diversity of trees, shrubs and orchids compared to the other two zones. In addition, because it is the area where there are properties with inhabitants that, due.

Keywords: high Andean Forest; sustainable development; degree of threat; diversity; socio-economical viability.

Introducción

Los sistemas comunitarios y pequeños productores aprovechan y mantienen la mayoría de las zonas boscosas del mundo, generando un impacto ecológico sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de estas (Mayer, 2019). Los predios rurales andinos son, en su mayoría, minifundios dedicados a actividades ganaderas y agrícolas, lo cual facilita la deforestación, reducción de área y pérdida de conectividad entre los remanentes (Armenteras y Rodríguez, 2014; Mayer, 2019). Las características socioeconómicas de los habitantes rurales andinos han transformado el patrón del paisaje, donde las coberturas antrópicas son el elemento predominante, con una matriz conformada por actividades productivas campesinas, a lo cual se le denomina paisaje rural (Lozano-Zambrano, 2009; Boron *et al.*, 2016).

La conservación biológica en los paisajes rurales andinos es una necesidad apremiante, ya que los remanentes de bosque que aún existen están bajo amenaza de desaparición y se destacan a nivel mundial por su elevada riqueza de especies (Myers *et al.*, 2000), por lo que la real consecución de objetivos de conservación de los remanentes de bosque requiere integrar asuntos socioeconómicos de las personas que ejercen presión sobre ellos (TEEB, 2010). La planificación territorial y los esfuerzos estatales para la conservación en el paisaje rural puede fallar cuando se asume que los intereses y necesidades de los ocupantes son los mismos, lo cual puede generar detrimento presupuestal y desconfianza en la comunidad sobre la efectividad de las actividades, impidiendo la llegada de nuevos proyectos (Jacobs *et al.*, 2016; Vadell *et al.*, 2016; Ota *et al.*, 2020).

Según Brown *et al.* (2019), existen tres puntos claves a la hora de establecer cualquier programa de conservación: el potencial ecológico, la aceptabilidad social y la viabilidad económica. En el contexto colombiano se pueden ejemplificar tres casos donde un plan de conservación sin un enfoque integral que analice y combine los tres puntos claves, tiene enormes posibilidades de fracaso: i) una plantación forestal de especies maderables exóticas que, gradualmente, alteraron las interacciones bióticas y las características fisicoquímicas del suelo, pero existe una iniciativa para su conservación (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, [CAR], 2016); ii) un remanente de bosque de niebla que alberga individuos de Puma, *Puma concolor* (Linnaeus, 1771), los cuales, ante la disminución de su hábitat y disponibilidad de recursos, han optado por cazar semovientes de los campesinos aledaños, causando rechazo y miedo entre la población humana (Botero-Cruz *et al.*, 2018); iii) un páramo habitado por campesinos en condiciones de pobreza, cuyo única opción de sostenimiento económico es la producción de papa o ganadería para fabricación de derivados lácteos (Rubiano-Galvis, 2015).

En ese sentido, Lozano-Zambrano (2009) propone un esquema metodológico para la planeación de paisajes rurales, que incorpora los puntos clave

mencionados anteriormente y tiene como fases el reconocimiento del territorio, la búsqueda de oportunidades de conservación, el diseño de estrategias de conservación, la implementación de herramientas de manejo del paisaje y una última fase de seguimiento y evaluación. La segunda fase es la más novedosa y central en el proceso de planeación de paisajes rurales porque identificará los sitios con mayor oportunidad de ser conservados y será la base para aplicar de manera prioritaria programas o planes para la protección de dichas áreas, teniendo en cuenta el valor para la conservación de los elementos y criterios socioeconómicos de las fincas con alta viabilidad social (Lozano-Zambrano, 2009).

En el sector suroccidental del municipio de Tunja se encuentra un claro ejemplo de paisaje rural andino con cultivos de tubérculos y pastizales para la ganadería que rodean parches de bosques dominados por *Weinmannia tomentosa* L.f. y en donde la población rural se dedica al trabajo agropecuario como fuente de ingresos (Álvaro *et al.*, 2006; Ramos-Franco & Armenteras, 2019). El objetivo de este trabajo es identificar las oportunidades de conservación de árboles, arbustos y orquídeas en el paisaje rural en un sector del sur occidente de Tunja, como un aporte para la consecución de objetivos de conservación y recuperación de los ecosistemas boscosos de la zona.

Materiales y métodos

Área de estudio y población objeto

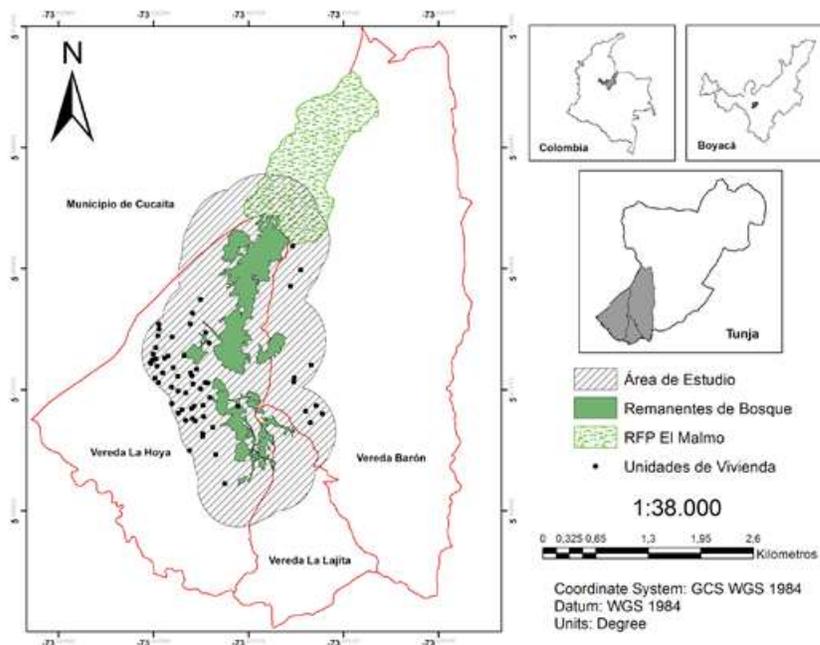
Los bosques de las veredas¹ La Hoya, Barón y La Lajita se ubican en el suroccidente de Tunja (Boyacá, Colombia) y junto con la Reserva Forestal Protectora El Malmo constituyen los mayores remanentes de bosque altoandino del municipio, los cuales se encuentran inmersos en una matriz predominantemente agrícola, de la cual dependen económicamente los habitantes de estas veredas (Universidad Nacional de Colombia, 2013). El sector se comunica con la ciudad por la vía que conduce al municipio de Samacá, a unos 15 km del casco urbano, posee altitudes desde los 2 770 hasta los 3 280 m.s.n.m., un promedio anual de precipitación entre 800-1000 mm, temperaturas entre los 6-12 °C y dos picos lluviosos comprendidos de abril a mayo y de octubre a noviembre (Ramos-Franco y Armenteras, 2019).

En salidas previas al desarrollo de la metodología se encontró que solo un pequeño porcentaje de habitantes era propietario legal de área boscosa; sin embargo, todos los habitantes que circundan el bosque lo usan de alguna forma: paso obligatorio entre viviendas, delimitación de propiedades no legalizadas por sucesiones patrimoniales, sombra para ganado en época seca o como lugar de esparcimiento. Teniendo en cuenta lo anterior, se decidió dividir el ecosistema en tres zonas de acuerdo con la topografía y los límites imaginarios que los campesinos utilizan en su diario vivir. Asimismo, con ayuda del software ArcGis (2016) se delimitó el área de influencia del bosque, marcando un buffer exterior de 0,5 km alrededor de los polígonos de vegetación detectados en las imágenes satelitales más recientes (SASPlanet, 2018); sobre este se marcaron los puntos visualizados como edificaciones, enumerándolos para llevar un orden estricto en las entrevistas realizadas posteriormente. De esta forma, se lograron seleccionar aquellos predios

¹ En Colombia, vereda hace referencia a una división político-administrativa inferior a municipio.

límites directos con el remanente de bosque y otros predios aledaños, con el fin alcanzar una muestra representativa (figura 1).

Figura 1. Delimitación de zonas para el levantamiento de información biótica de acuerdo con la topografía y los límites imaginarios que los campesinos utilizan en su diario vivir.



Fuente: elaboración propia.

Caracterización biológica del paisaje rural

La búsqueda de oportunidades de conservación inició con la caracterización biológica de los bosques de las 3 zonas. Se tuvieron en cuenta los árboles y los arbustos por ser los grupos directamente afectados por la ampliación de la frontera agrícola en la zona y particularmente a las orquídeas debido a que la diversidad de epífitas vasculares puede responder al manejo forestal del bosque y además porque se contaba con la ayuda del especialista de la zona de estudio (Lozano-Zambrano, 2009, Krömer *et al.*, 2014; Susan-Tepetlan *et al.*, 2015).

Toma de datos: en cada zona se trazaron dos transectos paralelos de 150 m de longitud, marcados a cada 50 m y separados a 5 m de distancia. El muestreo de los grupos biológicos se realizó desde el inicio de cada uno de los transectos (metro 0) hasta los 50 m y luego de los 100 m hasta el final (150 m), para un total de 4 subtransectos. La toma de datos de riqueza de los diferentes grupos fue así:

- Árboles: se tomaron los datos de los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) superior o igual a 5 cm, medido a 1,3 m del suelo, que se encontraran hasta a 2 metros de distancia a lado y lado de los 4 subtransectos.

- Arbustos: se tomaron los datos de los individuos con DAP entre 0,5 y 2,5 cm, con crecimiento secundario en sus tallos, medido a 0,5 m del suelo que se encontraran hasta a 0,5 metros de distancia a lado y lado de los 4 subtransectos.

-Orquídeas: se tomaron los datos de las orquídeas epífitas en la base del tronco hasta la primera ramificación de todos los forófitos de hábito arbóreo de acuerdo con lo propuesto por Johansson (1974).

Tratamiento del material vegetal: el material vegetal colectado fue descrito en campo y el secado se realizó en instalaciones de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) en Tunja. El material se depositó y determinó taxonómicamente en el Herbario Nacional Colombiano-COL con ayuda de especialistas, comparando el material con la colección de referencia, con la guía de campo para las familias y géneros de plantas leñosas de Gentry (1996) y las guías de Rubiaceae y Melastomataceae de Colombia (Mendoza *et al.*, 2004; Mendoza y Ramírez, 2006). La delimitación de las familias se realizó de acuerdo con el sistema de clasificación de APG IV (2016). La correcta escritura de los nombres científicos se revisó en la base de datos Trópicos del Jardín Botánico de Missouri.

Análisis de datos: la categoría de amenaza de las especies se asignó de acuerdo con los criterios de la UICN y su endemismo se revisó en el catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Bernal *et al.*, 2019). Se clasificaron en endémicas de Colombia, endémicas del bosque andino colombiano y endémicas del bosque andino de la cordillera oriental.

Los datos de diversidad alfa y el endemismo de las especies de los grupos seleccionados se tuvieron en cuenta para la construcción de un índice de valor de conservación (IVC). Una especie se considera endémica si su distribución está restringida al bosque andino (> 2400 m.s.n.m según Cuatrecasas, 1958) de la cordillera oriental colombiana. La construcción del IVC se realizó mediante el método de percentiles (Osaragi, 2002) para los datos tabulados de cada variable (diversidad alfa y endemismo), generando 3 rangos (alto, medio, bajo) por especie en cada una de las zonas. A estos 3 rangos se les asignó un peso relativo de cinco, tres y uno, respectivamente, obteniendo valores de 15 puntos (= 3 criterios X 5 puntos/criterio). Para detalles de la construcción del índice ver Lozano-Zambrano (2009).

Además de la construcción del IVC, se comparó la riqueza de especies de las 3 zonas usando el índice de Jaccard calculado con el software libre PAST 4.02.

Identificación de viabilidad socioeconómica

Se caracterizó la población aledaña al bosque mediante entrevistas semiestructuradas realizadas a los propietarios y/o tomadores de decisiones de los predios seleccionados. Se recopiló información sobre las condiciones socioeconómicas de los habitantes, tomando en cuenta nivel educativo y fuentes de ingreso; dependencia de la finca sobre los recursos agua, leña, suelo, carbón y plantas; conocimiento de la flora nativa aledaña con ayuda de láminas a color de los árboles más representativos del sector (Álvaro *et al.*, 2006); conocimiento de alternativas de producción sostenibles; actividades de protección del medio ambiente; percepción del cuidado del medio ambiente y formas de agrupación

social revisando la concurrencia del tema de conservación en la agenda de las mismas.

Se tabularon los datos obtenidos en las entrevistas, cruzando las variables de uso de recursos naturales (agua, leña, carbón, suelo y plantas) con el manejo de dichos recursos; entendido como las acciones de protección, conservación, restauración o similares. En el caso del carbón, el criterio de manejo se modificó a partir de lo propuesto por Lozano-Zambrano (2009), así:

- Agua, leña, suelo y plantas:
 - o Realiza actividades de protección en áreas de bosque en el predio.
 - o Realiza actividades de protección de fuentes agua del predio.
 - o Presencia de cercas vivas en el predio.
 - o Realización de actividades de reforestación en la zona.

- Carbón:
 - o Realiza extracción de carbón de la zona.
 - o Planea cambiar el tipo de combustible para cocinar.
 - o Realización de actividades de reforestación en la zona.

La relación entre ambos factores (uso y manejo) arroja los siguientes puntajes (Lozano-Zambrano, 2009):

- No usa el recurso natural / No hace manejo = Puntaje cero (0)
- No usa el recurso natural / Hace manejo = Puntaje uno (1)
- Usa el recurso natural / Hace manejo = Puntaje uno (1)
- Usa el recurso natural / No hace manejo = Puntaje menos uno (-1)

Puntaje cero (0) cuando la acción de manejo no tiene impacto o influencia sobre el uso en particular.

Finalmente, se calculó el índice de viabilidad socioeconómica (IVS) que permite a los administradores del territorio y tomadores de decisiones, entender cuál es la posibilidad que tiene el campesino de mantener los remanentes de bosque en su predio sin llegar a afectar su manutención o supervivencia (Lozano-Zambrano, 2009). El IVS se obtuvo sumando los puntajes de cada uno de los recursos consultados y se totalizó por cada predio, posteriormente se obtuvieron los percentiles 0.33, 0.66 y 0.99, donde: bajo P0, 33= -4, medio P0, 66= -1,2 y alto P 0,99= 3. Para detalles de la construcción del índice ver Lozano-Zambrano (2009).

Oportunidad de conservación

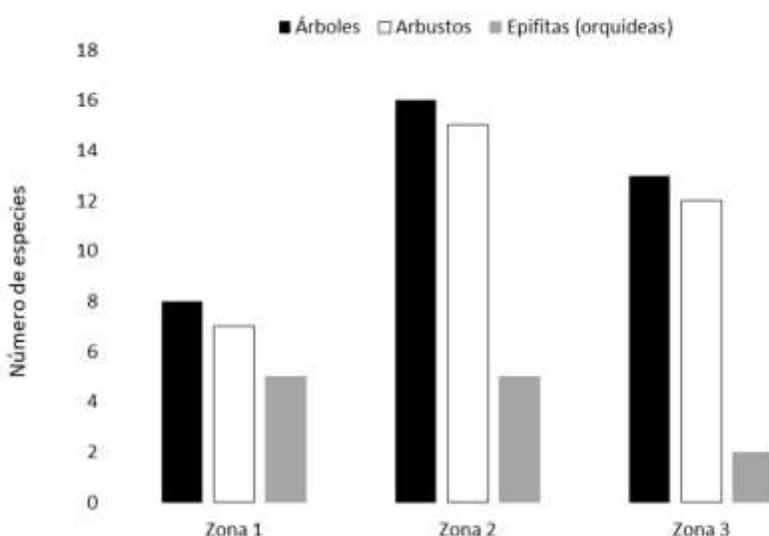
Para definir las oportunidades de conservación se cruzaron los resultados del IVC y el IVS así: una oportunidad de conservación alta se da cuando el IVS e IVC son altos; es media cuando el IVS o el IVC tienen un valor medio o cuando en alguno es alto y en el otro bajo, finalmente una oportunidad de conservación baja ocurre cuando el IVS e IVC son bajos. Para detalles de la construcción del índice ver Lozano-Zambrano (2009).

Resultados y discusión

Caracterización biológica del paisaje rural

Se registraron 1 074 individuos, pertenecientes a 50 especies, 40 géneros y 26 familias. La zona 2 es la que tiene más especies, seguida de la zona 3 y la zona 1 (anexo 1). En total, se encontraron 19 especies de árboles, 21 de arbustos y 10 de orquídeas; las familias que registraron el mayor número de géneros y especies fueron *Orchidaceae* (7 géneros, 10 especies), *Asteraceae* (5, 5), *Melastomataceae* (2, 4) y *Ericaceae* (3, 4) (figura 2).

Figura 2. Riqueza de especies por grupo biológico en cada zona del remanente de bosque altoandino del suroccidente de Tunja (Boyacá, Colombia).



Fuente: elaboración propia.

Las tres zonas del remanente boscoso presentan la vegetación propia del bosque altoandino, con formaciones típicamente dominadas por el género *Weinmannia* (Cunoniaceae) y especies de Asteraceae, Melastomataceae, Ericaceae, Araliaceae, Clusiaceae y Lauraceae (Cuatrecasas, 1958; Cleef, 1983; Galindo *et al.*, 2003; Bohórquez *et al.*, 2011; Gil-Leguizamón *et al.*, 2020). Se encontraron poblaciones de Aliso (*Alnus acuminata* Kunth) y el Cedro (*Cedrela montana* Moritz ex Turcz.) creciendo de forma equidistante formando una cuadrícula, por lo que se presume que fueron plantadas. De las 9 especies reportadas como endémicas para Colombia, 8 son únicas de los bosques andinos y 6 únicamente se encuentran en los bosques andinos de la cordillera oriental (Bernal *et al.*, 2019; anexo 1), por lo cual este remanente de bosque altoandino estaría contribuyendo a la conservación de estas especies.

Según el libro rojo de plantas de especies maderables, el Cedro (*Cedrela montana* Moritz ex Turcz.) se encuentra en categoría casi amenazada y como endémicas para Colombia están *Clusia alata* Planch. y *Triana* (Clusiaceae); *Diplostephium tenuifolium* Cuatrec (Asteraceae); *Hesperomeles goudotiana* (Decne.); Killip (Rosaceae); *Miconia biappendiculata* (Naudin) L. Uribe; *Miconia denticulata* Naudin (Melastomataceae);

Pentacalia corymbosa (Benth.); Cuatrec (Asteraceae); *Oreopanax aff. killipii* Harms (Araliaceae); *Palicourea lineariflora* Wernham (Rubiaceae) y *Styrax lasiocalyx* Perkins (Styracaceae), todas ellas características de los bosques andinos colombianos. El ivc fue alto únicamente para la zona 2 que, a pesar de tener la misma cantidad de especies endémicas que la zona 3, presenta mayor riqueza de especies (tabla 1).

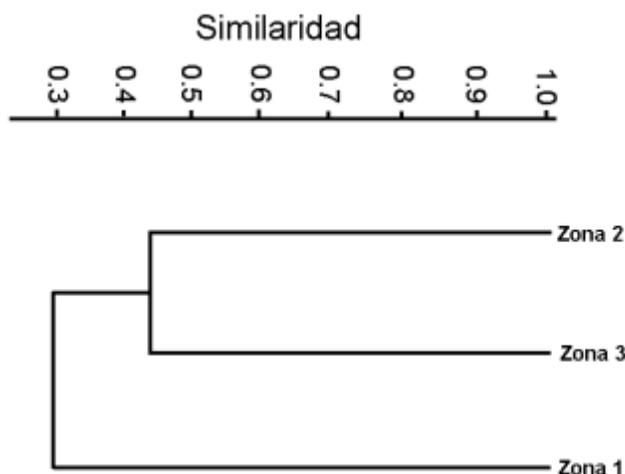
Tabla 1. Índice de valor de conservación en cada zona del remanente de bosque altoandino del suroccidente de Tunja (Boyacá, Colombia).

Sitios	Riqueza de especies	Número de especies endémicas	Índice de valor de conservación
Zona 1	20	4	Bajo
Zona 2	42	5	Alto
Zona 3	27	5	Bajo

Fuente: elaboración propia

Las zonas 2 y 3 son más similares, con un valor más o menos de 0.45, y la zona 1 es la menos similar a esas dos (figura 3). La similitud entre las zonas estaría explicada por la contigüidad y conectividad ecológica-espacial de estas (Anderson *et al.*, 2011).

Figura 3. Dendrograma de similitud entre las zonas del remanente de bosque altoandino del suroccidente de Tunja (Boyacá – Colombia).



Fuente: elaboración propia.

Identificación de viabilidad socioeconómica

Se entrevistaron 35 personas entre los 18 y 82 años. A la hora de aplicar las entrevistas, se pudo observar que la mujer tiene el papel preponderante en el hogar, mientras que el hombre sale a su jornada de trabajo durante el día. A su vez, ellas cumplen un papel importante en las labores agrícolas y cuidado de los animales domésticos como ovejas, gallinas, vacas, entre otros. El 97 % de los encuestados se dedica a las labores del hogar y del campo como la siembra de cultivos de papa y la ganadería, y el 6 % ha estudiado alguna carrera profesional. Por otro lado, el 3 % de los encuestados son personas mayores de los 80 años que se encuentran sobreviviendo con ayudas de la comunidad. Recursos como la leña y el

carbón son comprados, pero ninguno se extrae de la zona, puesto que el uso de maderas finas y otras especies de plantas de la flora local está regulado (Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015), lo que ha llevado a obtener recursos como la leña y el carbón en el casco urbano de Tunja.

El uso de plantas para la elaboración de remedios caseros y alimentos son cultivadas en huertos y corresponden a especies introducidas. El 90 % de la población encuestada tiene algún tipo de conocimiento sobre la vegetación y algunos animales (como la caica y el armadillo) que pertenecían a las zonas de estudio; la mayoría de ellos son los adultos mayores que solían practicar la caza de animales silvestres, pero actualmente se cuenta con restricciones legales que han hecho que el consumo de carne de monte se haya reducido significativamente (Decreto 2811 de 1974). El 60 % de las personas asocian el bosque con la presencia de recursos básicos como el agua y aseguran no tener contacto directo con plantas o animales que se encuentren dentro de los relictos.

El 54 % de los encuestados manifestaron tener conocimiento y haber asistido a campañas de cuidado y buen uso del agua, las cuales son impartidas por funcionarios del acueducto rural; sin embargo, no hay instrucción sobre los procesos ecosistémicos que ocurren allí. Por otro lado, se han hecho planes de reforestación en la zona respecto a los cuales el 54 % de los encuestados han tenido conocimiento y algunos han sido partícipes de estas actividades. Teniendo en cuenta la información anterior, se calculó el IVS para cada predio (tabla 2).

Tabla 2. Índice de viabilidad socioeconómica de los predios de estudio.

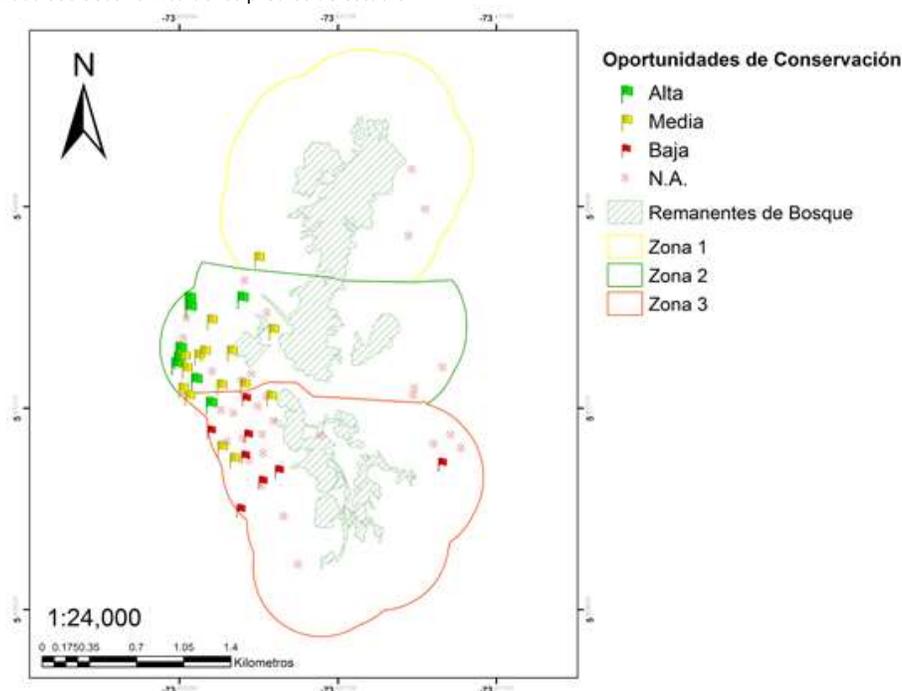
Zona	Predio	Agua	Leña	Carbón	Plantas	Suelo	Total	Índice de valor socioeconómico
1	10	-1	0	-1	0	0	-2	Medio
2	12	-1	0	3	0	-1	1	Alto
	14	-1	-2	2	0	0	-1	Medio
	15	-1	-2	-1	0	0	-4	Bajo
	16	-1	-2	-1	0	-1	-5	Bajo
	17	-1	0	1	0	1	1	Alto
	18	-1	0	1	0	1	1	Alto
	21	-1	-2	1	0	-1	-3	Medio
	22	-1	-2	-1	0	0	-4	Bajo
	23	-1	0	3	0	1	3	Alto
	24	-1	-2	-1	0	0	-4	Bajo
	25	-1	0	1	0	1	1	Alto
	26	-1	0	1	0	0	0	Alto
	27	-1	-2	-1	0	-1	-5	Bajo
	31	-1	-2	1	0	-1	-3	Medio
	32	-1	-2	1	0	-1	-3	Medio
33	-1	0	1	0	1	1	Alto	
34	-1	-2	-1	0	0	-4	Bajo	
36	-1	0	1	0	0	0	Alto	
3	39	-1	-2	-1	0	-1	-5	Bajo

42	-1	-2	1	0	0	-2	Medio
44	-1	-2	-1	0	-1	-5	Bajo
47	-1	0	3	0	0	2	Medio
48	-1	-2	-1	0	-1	-5	Bajo
49	-1	0	3	0	1	3	Alto
50	-1	-2	-1	0	0	-4	Bajo
53	-1	-2	-1	0	-1	-7	Bajo
54	-1	-2	-1	0	0	-4	Bajo
56	-1	-2	-1	0	0	-4	Bajo
61	-1	-2	-1	0	-1	-5	Bajo
35	-1	0	1	0	0	-2	Medio

Fuente: elaboración propia.

Las respuestas de la comunidad indican la poca o nula disposición y capacidad de cambiar el modo en el que realizan su actividad ganadera, de tipo intensiva, la cual afecta directamente el sotobosque de los remanentes. Por esta razón, la regeneración de las especies se ve afectada transformando la estructura del bosque, reduciendo la capacidad de captación y retención de agua, produce pérdida de materia orgánica por el incremento de la erosión, cambios en las corrientes de agua y potencia la ocurrencia de invasiones biológicas (Ataroff & Rada, 2000; Velasco y Vargas, 2007).

Figura 4. Índice de viabilidad socioeconómica de los predios de estudio.



Fuente: elaboración propia.

Oportunidad de conservación

La zona 1 tiene un predio con una oportunidad de conservación media; la zona 2 tiene 8 y 10 predios con oportunidades de conservación alta y media respectivamente y la zona 3 tiene 4 y 8 predios con oportunidades de conservación media y baja respectivamente. Es decir, en orden de importancia para la conservación, se encuentra las zonas 2, 3 y 1 (tabla 3).

Tabla 3. Resultados de la identificación de zonas con valor de conservación y fincas con viabilidad socioeconómica para la identificación de oportunidades de conservación en el paisaje rural

Zona	Predio	IVC	IVS	Oportunidad de conservación
1	10	Bajo	Medio	Medio
2	12	Alto	Alto	Alto
	14	Alto	Medio	Medio
	15	Alto	Bajo	Medio
	16	Alto	Bajo	Medio
	17	Alto	Alto	Alto
	18	Alto	Alto	Alto
	21	Alto	Medio	Medio
	22	Alto	Bajo	Medio
	23	Alto	Alto	Alto
	24	Alto	Bajo	Medio
	25	Alto	Alto	Alto
	26	Alto	Alto	Alto
	27	Alto	Bajo	Medio
	31	Alto	Medio	Medio
	32	Alto	Medio	Medio
	33	Alto	Alto	Alto
34	Alto	Bajo	Medio	
36	Alto	Alto	Alto	
3	39	Bajo	Bajo	Bajo
	42	Bajo	Medio	Medio
	44	Bajo	Bajo	Bajo
	47	Bajo	Medio	Medio
	48	Bajo	Bajo	Bajo
	49	Bajo	Alto	Medio
	50	Bajo	Bajo	Bajo
	53	Bajo	Bajo	Bajo
54	Bajo	Bajo	Bajo	

	56	Bajo	Bajo	Bajo
	61	Bajo	Bajo	Bajo
	35	Bajo	Medio	Medio

Fuente: elaboración propia.

La zona 2 es la que posee características sociales, económicas y ecológicas más óptimas para implementar planes de conservación enfocados a la protección de los bosques del sector, por tener la mayor riqueza de especies, el mayor número de especies endémicas de la cordillera oriental y, además, por contar con la mayor cantidad de predios con alta viabilidad socioeconómica (figura 4). De acuerdo con Lozano-Zambrano (2009), es allí en donde el establecimiento de herramientas de manejo del paisaje tales como sistemas silvopastoriles y agroforestales, cercas vivas, árboles dispersos en potreros y enriquecimiento de los parches con especies nativas del bosque maduro, mediante viveros con las especies encontradas en este estudio, funcionarían de una manera más eficiente a mejorar el estado de conservación de la biodiversidad los grupos biológicos evaluados en este proyecto.

Como se ha visto en otros lugares de la región cundiboyacense, los bosques de la zona 3 podrían estar sufriendo una presión de uso muy fuerte (Velasco y Vargas, 2007; Armenteras *et al.*, 2018), lo cual se refleja en los resultados del IVS, en donde el 67 % de los predios de esta zona tienen una viabilidad socioeconómica baja. Se destaca la ausencia de servicios públicos básicos como el acceso a gas natural, empujando al uso de la leña como combustible de los hogares; así mismo, la dependencia de las actividades agrícolas y pecuarias ante la falta de educación técnica y profesional, expresada en el alto porcentaje del predio que se usa para cultivos, tanto de subsistencia como para el comercio local (tabla 2). La zona 1 debería ser foco de inversión en adquisición de predios para conservación, debido a la ausencia de hogares y su cercanía con la Reserva Forestal Protectora El Malmo, facilitando un proceso de expropiación con el fin de aumentar el tamaño del área protegida o, al menos, su inclusión como zona de función amortiguadora en el apenas en construcción Plan de Manejo Ambiental de la Reserva (Ramos-Franco, *et al.*, 2021).

Dentro del esquema de planeación de paisajes rurales, el paso siguiente a la identificación de oportunidades de conservación es el establecimiento de herramientas de manejo del paisaje, que implica un proceso de socialización de lo aquí encontrado y una negociación de las propuestas de conservación con los propietarios de los predios. Esto teniendo en cuenta que el acercamiento con las comunidades es reconocido como un paso inicial y definitivo en el éxito de los proyectos de conservación y/o restauración en todas las escalas temporales y espaciales en el bosque altoandino (Vargas, 2007; Riveros y Lozano, 2012).

Conclusiones

Las oportunidades de conservación del paisaje rural de Tunja de este estudio son diferenciales: por un lado existen áreas donde las condiciones bióticas de los remanentes de bosque y las condiciones socioeconómicas de los habitantes son favorables para el plausible establecimiento de planes de conservación; así

mismo, existen otras áreas que necesitarían actividades previas para lograr que los esfuerzos de conservación tengan el éxito esperado, evitando el desperdicio de tiempo y presupuesto.

Identificar las oportunidades de conservación es clave en el proceso de planificar el paisaje rural de este sector de Tunja, pues permitirá la implementación de herramientas de diseño del paisaje enfocadas a aumentar las posibilidades de supervivencia y conectividad de los fragmentos, mediante el diálogo entre actores a nivel local, regional y nacional, que posibiliten la realización de los aspectos técnicos que esto requiere. Además, es necesario un proceso de seguimiento y evaluación de las herramientas de diseño del paisaje para generar ajustes del proceso de planeación para la conservación y promover estrategias de réplica en otros paisajes rurales.

Para que exista oportunidad de conservación y recuperación de la unidad ecosistémica en cuestión, es necesario enfocarse previamente en brindar educación ambiental y alternativas de aprovechamiento rural a estos habitantes de esta área. Reconocer la importancia de este ecosistema para sus habitantes y beneficiarios implica generar una educación comprometida con su valoración, orientada hacia el aprendizaje, el desarrollo rural y la práctica de la sostenibilidad del campo.

La planeación de los paisajes rurales para la conservación de biodiversidad y la identificación de oportunidades de conservación constituye un paso determinante para lograr el éxito y no desperdicio de tiempo, dinero y esfuerzo. El haber identificado los predios con mayor oportunidad de contribuir en la conservación de los árboles, arbustos y orquídeas del bosque altoandino del suroccidente de Tunja es un paso clave. Sin embargo, la permanencia de estos bosques requiere una consecuente implementación de herramientas de diseño del paisaje, enfocadas en aumentar las posibilidades de supervivencia y conectividad de los fragmentos, lo cual se logra con el diálogo entre los diferentes actores a nivel local, regional y nacional que posibiliten la realización de los aspectos técnicos que esto requiera. Además, es necesario un proceso de seguimiento y evaluación de las herramientas de diseño del paisaje para generar ajustes del proceso de planeación para la conservación y promover estrategias de réplica en otros paisajes rurales.

Agradecimientos

Este es un proyecto autofinanciado que se debe en su totalidad a la ciudadanía que, con sus impuestos, contribuye a que la educación superior pública en Colombia siga existiendo y sea de calidad y de libre acceso para el pueblo. A todos ellos les entregamos el conocimiento generado en el Grupo de Investigación Biología para la Conservación y su Semillero (GAIA). Agradecemos a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia el secado del material vegetal, a los botánicos del instituto de ciencias naturales de la Universidad Nacional de Colombia que ayudaron en la determinación de algunos ejemplares, al Herbario Nacional Colombiano por permitirnos el acceso a la colección, al biólogo Cristan Castro por la determinación de las orquídeas y al biólogo Wilson Ricardo Ávaro Alba por inculcar su interés por las zonas rurales de la ciudad de Tunja y la Reserva Forestal Protectora El Malmo.

Referencias

Álvaro, W., Díaz, M. y Zabala, J. (2006). *Flórmula de la Reserva Forestal Protectora El Malmo*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Anderson, M. J., Crist, T. O., Chase, J. M., Vellend, M., Inouye, B. D., Freestone, A. L., Sanders, N. J., Cornell, H. V., Comita, L. S., Davies, K. F., Harrison, S. P., Kraft, N. J. B., Stegen, J. C. & Swenson, N. G. (2011). Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, 14, 19–28. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01552.x>

APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.

ArcGIS Desktop [programa de ordenador]. (2016). Versión 10.3.1. Redlans, California: Environmental System Research Institute.

Armenteras, D. y Rodríguez, N. (2014). Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latino américa: una revisión desde 1990. *Colombia Forestal*, 17, 233-246. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a07>.

Armenteras, D., González, TM., Meza, M., Ramírez-Delgado, J.P., Cabrera, E., Galindo, G. & Yepes, A. (Eds.). (2018). *Causas de Degradación Forestal en Colombia: una primera aproximación*. (pp. 105). Bogotá D.C., Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia-IDEAM, Programa ONU-REDD.

Ataroff, M. & Rada, F. (2000). Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan andean cloud forest. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(7), 440-444. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.7.440>

Bernal, R., Gradstein S.R. & Celis M. (2019). Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Bohórquez, A., Sanín, D. y Silva, N. (2011). Estructura y composición arbórea de los bosques del diablo (San Félix, Salamina, Caldas), selva altoandina de la cordillera central colombiana. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 16, 39-52.

Botero-Cruz, A. M., Bohórquez-Galindo, D. C., Mosquera-Guerra, F., Parra-Sandoval, C. A. y F. Trujillo (Eds.). (2018). *Protocolo para la atención y el manejo del conflicto con felinos por depredación de animales domésticos en el departamento del Meta*. Cormacarena y Fundación Omacha.

Boron, V., Payán, E., MacMillan, D. & Tzanopoulos, J. (2016). Achieving sustainable development in rural areas in Colombia: Future scenarios for biodiversity conservation under land use change. *Land Use Policy*, 59, 27-37. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.08.017>

Brown, G., McAlpine, C., Rhodes, J., Lunney, D., Goldingay, R., Fielding, K., Hetherington, S., Hopkins, M., Manning, C., Wood, M., Brace, A., Vass, L. & Swankie, L. (2019). Integration of social spatial data to assess conservation opportunities and priorities. *Biological Conservation*, 236, 452-463. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.002>.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR. (2016). Modificación al Plan de Manejo Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac7da95cbf3a.pdf>.

Galindo, R., Betancur, J. y Cadena, J. (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del santuario de flora y fauna Guanentá-Alto río Fonce, cordillera oriental colombiana. *Caldasia*, 25(2), 313-335.

Gentry, A. H. (1993). *A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru), with supplementary notes on herbaceous taxa* (pp. 985). Conservation International.

Gil-Leguizamón, P. A., Morales-Puentes, M. E. y Jácome, J. (2020). Estructura del bosque altoandino y páramo en el Macizo de Bijagual, Boyacá, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68, 765-776. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i3.34912>

Jacobs, S. et al. (2016). A new valuation school: Integrating diverse values of nature in resource and land use decisions. *Ecosystem Services*, 22, 213-220. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.11.007>

Johansson, D. (1974). Ecology of vascular epiphytes in West African Rain Forest. *Acta Phytogeographica Suecica*, 59, 1-129. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.11.007>

Krömer, T., García-Franco, J. y Toledo-Aceves, T. (2014). Epífitas vasculares como bioindicadores de la calidad forestal: impacto sobre su diversidad y composición. En Gozález-Zuart, C. A., Vallarino, A., Pérez-Jimenez, J. C., Low-Pfeng, A. M. (Ed.), *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp. 607). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) – El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

Lozano-Zambrano, F. (2009). Oportunidades de conservación en el paisaje rural. En F. Lozano, J. Mendoza, A. Vargas, M. Renjifo, E. Jimenez, P. Caycedo, W. Vargas, S. Aristizabal & D. Ramírez (Eds.), *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales* (pp. 39-83). Instituto Humboldt y CAR.

Mayer, A. L. (2019). Family forest owners and landscape-scale interactions: A review. *Landscape and Urban Planning*, 188, 4-18. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.10.017>

Mendoza, H. y Ramírez, B. (2006). *Guía ilustrada de géneros de 'Melastomataceae' y 'Memecylaceae' de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Mendoza, H., Ramírez, B. y Jiménez, L. C. (2004). *Rubiaceae de Colombia. Guía ilustrada de géneros* (pp. 351). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Myers, N., Mittermeier, A., Mittermeier, G., Da Fonseca, A. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>.

Osaragi, T. (2002). Classification methods for spatial data representation, Paper 40, Center for Advanced Spatial Analysis, London UK.

Ota, L., Chazdon, R., Herbohn, J., Gregorio, N., Mukul, S. & Wilson, S. (2020). Achieving quality forest and landscape restoration in the tropics. *Forests*, 11(8), 820. <https://doi.org/10.3390/f11080820>.

Ramos-Franco, A. y Armenteras-Pascual, D. (2019). Interceptación y escorrentía del bosque altoandino en la reserva forestal protectora "El Malmo". *Acta Biológica Colombiana*, 24(1), 97-108. <https://doi.org/10.15446/abc.v23n3.67039>.

Ramos-Franco, A., Alba-Vargas, I., Cabrera-Ruíz, L. y Díaz-Rojas, C. (2021). ¿Ganadería o conservación? Caracterización del conflicto ambiental en la Reserva Forestal Protectora "El Malmo" (Tunja-Boyacá). *Mutis*, 11(1), 37-47. <https://doi.org/10.21789/22561498.1638>

Riveros, A. y M. Lozano. (2012). Colectivo Rabanal, fuente de vida. Una experiencia de comunicación y apropiación ambiental. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Rubiano-Galvis, S. (2015). *Protección de páramos y derechos campesinos Tensiones, retos y oportunidades desde el marco jurídico, político e institucional aplicable*. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9604/14-14-008-251PS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Susan-Tepletan, T. M., Velázquez-Rosas, N. y Krömer, T. (2015). Cambios en las Características Funcionales de Epífitas Vasculares de Bosque Mesófilo de Montaña y Vegetación Secundaria en la Región Central de Veracruz, *Botanical Sciences*, 93(1), 153-163. <https://doi.org/10.17129/botsci.228>

TEEB (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. Earthscan. Pushpam Kumar.

Universidad Nacional de Colombia (2013). *Primera revisión POT de Tunja*. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Urbanos.

Velasco, P. y Vargas, O. (2007). Problemática de los bosques altoandino. En O. Vargas (ed.), *Estrategias para la restauración ecológica de los bosques altoandinos* (pp. 41-56). Universidad Nacional de Colombia.

Vadell, E., de-Miguel, S. & Pemán, J. (2016). Large-scale reforestation and afforestation policy in Spain: A historical review of its underlying ecological, socioeconomic and political dynamics. *Land Use Policy*, 55, 37-48. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.017>

Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración del bosque Alto Andino*. Universidad Nacional De Colombia. Grupo de Restauración Ecológica.

Anexos

Anexo 1. Listado de especies registradas en el remanente de bosque altoandino del suroccidente de Tunja, Boyacá (Colombia). Se muestra la presencia y ausencia de las especies por zona y el nivel de endemismo así: Colombia (Col), Bosque andino colombiano (BAC), bosque andino de la cordillera oriental de Colombia (BACO) o no endémica de Colombia (-).

Familia	Especie	Hábito	Presencia en cada zona			Endemismo
			Z1	Z2	Z3	
Adoxaceae	<i>Viburnum tinoides</i> L. f.	A	x	x	x	-
Araliaceae	<i>Oreopanax c.f. killipii</i> Harms	ar	x		x	BACO
	<i>Oreopanax bogotensis</i> Cuatrec.	A		x		-
Asteraceae	<i>Pentacalia corymbosa</i> (Benth.) Cuatrec.	ar	x	x		BACO
	<i>Diplostephium tenuifolium</i> Cuatrec.			x	x	BACO
	<i>Baccharis tricuneata</i> (L.f.) Pers.			x		-
	<i>Ageratina fastigiata</i> (Kunth) R.M. y H.Rob			x	x	-
	<i>Diplostephium rosmarinifolium</i> (Benth.) Wedd.			x		-
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	A		x		-
Campanulaceae	<i>Centropogon ferrugineus</i> (L.f.) Gleason	ar	x			-
Clusiaceae	<i>Clusia alata</i> Planch. y Triana	A	x	x	x	BACO
Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i> L.f.	A	x	x	x	-
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i> L.f.	A		x	x	-
Ericaceae	<i>Gaultheria anastomosans</i> (Mutis ex L.f.) Kunth	ar		x		-
	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C.Sm.			x	x	-
	<i>Gaultheria rigida</i> Kunth				x	-
	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz y Pav. Ex J.St.Hil.) Hoerold				x	-
Escalloniaceae	<i>Escallonia pendula</i> (Ruiz y Pav.) Pers.	A		x		-
Gentianaceae	<i>Chelonanthus alatus</i> (Aubl.) Pulle	ar		x		-
Lauraceae	<i>Ocotea calophylla</i> Mez	A	x			-
Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz y Pav.) G.Don	A		x	x	-
Melastomataceae	<i>Monochaetum myrtoideum</i>	ar	x	x	x	-

	Naudin					
	<i>Miconia biappendiculata</i> (Naudin) L. Uribe	A	x	x	x	BAC
	<i>Miconia denticulata</i> Naudin	ar	x	x	x	BACO
	<i>Miconia squamulosa</i> Triana	A		x	x	-
Meliaceae	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	A		x		-
Myricaceae	<i>Morella parvifolia</i> (Benth.) Parra-Os	A		x		-
Myrtaceae	<i>Myrcianthes leucoxylla</i> (Ortega) McVaugh	ar	x		x	-
Orchidaceae	<i>Elleanthus tovarensis</i> Ames	E	x	x		-
	<i>Fernandezia sanguinea</i> (Lindl.) Garay y Dunst.			x	x	-
	<i>Crocodylanthe sp1</i>		x			-
	<i>Crocodylanthe sp2</i>		x			-
	<i>Lepanthes gargantua</i> Rchb.f.		x			-
	<i>Epidendrum sp</i>			x		-
	<i>Epidendrum oxysepalum</i> Hagsater y E.Santiago		x			-
	<i>Pleurothallis coriacardia</i> Rchbn.f.				x	-
	<i>Scaphyglottis aurea</i> (Rchb.f.) Foldats			x		-
	<i>Crocodylanthe sp 3</i>		x		-	
Piperaceae	<i>Piper nubigenum</i> Kunth	ar	x	x	x	-
	<i>Piper barbatum</i> Kunth	A	x	x	x	-
Polygalaceae	<i>Monnina aestuans</i> (L.f.) DC.	ar		x		-
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. y Schult.	A		x	x	-
	<i>Myrsine dependens</i> (Ruiz y Pav.) Spreng.	A	x	x	x	-
Rhamnaceae	<i>Rhamnus goudotiana</i> Triana y Planch.	ar		x		-
Rosaceae	<i>Hesperomeles goudotiana</i> (Decne.) Killip	ar		x	x	BACO
Rubiaceae	<i>Palicourea lineariflora</i> Wernham	A		x	x	Col
Solanaceae	<i>Cestrum buxifolium</i> Kunth	ar		x		-
	<i>Solanum sp</i>	ar			x	-
Styracaceae	<i>Styrax lasiocalyx</i> Perkins	A			x	BAC
Tymelaceae	<i>Daphnopsis caracasana</i> Meins.	A	x		x	-
	Total		273	388	403	1064