

Lineamientos para la conservación de *Quercus humboldtii* (Fagaceae) en la provincia del Guavio, Cundinamarca

Guidelines for the conservation of *Quercus humboldtii* (Fagaceae) in the province of Guavio, Cundinamarca

Raúl Bossa Cárdenas*^{ID}, Beatriz Amalia Garavito Guerrero^{ID} y
Rene López-Camacho^{ID}

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal, Grupo de Investigación Uso y Conservación de la Diversidad Forestal, Bogotá, Colombia

Resumen. El roble *Quercus humboldtii* es una especie endémica de las tierras altas de los Andes, al norte de Sudamérica, en Colombia está clasificada en estado de amenaza vulnerable (VU-A2-cd). En este estudio determinamos la ubicación espacial, el estado actual y los factores de amenaza que presentan las poblaciones de roble en la provincia del Guavio, definiendo lineamientos de conservación para esta especie. La recolección de los datos se realizó mediante el levantamiento de 30 transectos de 50 x 2 m, registrando la altura, el diámetro a la altura de pecho (DAP) y el estado fitosanitario de 411 individuos. Simultáneamente, se realizaron 90 encuestas a la comunidad para evaluar el conocimiento acerca de la especie. Se obtuvo una estructura poblacional con cinco categorías etarias (juvenil-I, juvenil-II, adulto-I, adulto-II, adulto-III). El mayor porcentaje de individuos se agrupó en las categorías juvenil-I (44 %) y juvenil-II (23 %). Además, se identificaron los principales aspectos de presión que afectan a la especie en la provincia, determinando un valor de amenaza alto para la especie. Finalmente, se estructuraron los lineamientos de conservación en cinco ejes de acción: investigación y monitoreo, conservación in situ y ex situ, manejo sostenible de la biodiversidad, educación y concienciación, y conexiones interinstitucionales.

Palabras Claves. Bosques andinos; conservación; especie vulnerable; estructura poblacional; roble.

Abstract. The oak tree *Quercus humboldtii* Bonpl is an endemic species of the Andean highlands, north of South America, in Colombia it is classified in a vulnerable state of threat (VU-A2-cd). In this study, we determined the spatial location, current status, and threat factors of the oak populations in Guavio Province, defining conservation guidelines for this species. Data was collected by surveying 30 transects of 50 x 2 m, recording the height, diameter at breast height (DAP), and phytosanitary status of 411 individuals. Simultaneously, 90 community surveys were conducted to evaluate knowledge about the species. A population structure was obtained with five age categories (juvenile-I, juvenile-II, adult-I, adult-II, adult-III). The highest percentage of individuals was grouped in the categories juvenile-I (44 %) and juvenile-II (23 %). Also, the main pressure aspects affecting the species in the province were identified, determining a high threat value for the species. Finally, the conservation guidelines were structured in five lines of

* e-mail: rfbossac@correo.udistrital.edu.co

action: research and monitoring, in situ and ex situ conservation, sustainable management of biodiversity, education, and awareness, and inter-institutional connections.

Keywords. Andean forests; conservation endemic species; oak; population structure.

Como Citar. R. Bossa Cárdenas, B. A. Garavito Guerrero y R. L. Camacho, "Lineamientos para la conservación de *Quercus humboldtii* (Fagaceae) en la provincia del Guavio, Cundinamarca", *Jou. Cie. Ing.*, vol. 12, no. 1, pp. 33-47, 2020. doi:10.46571/JCI.2020.1.4

í
Recibido: 13/08/2019 **Revisado:** 15/03/2020 **Aceptado:** 12/07/2020

1. Introducción

Colombia es un país de vocación forestal, cuya cobertura de bosques naturales corresponde al 52.6 % del área total nacional [1]. Estos bosques representan una fuente de bienestar para el ser humano, puesto que proveen una amplia oferta de bienes y servicios ambientales, dentro de los cuales se destacan: el abastecimiento de agua, la fertilidad de los suelos, la regulación hídrica, el almacenamiento de carbono, la producción de madera, el aprovechamiento de semillas, la extracción de raíces, la obtención de frutos y los productos de origen animal [2]. Pese a ello, se han identificado claros procesos de transformación del territorio colombiano, enmarcados principalmente por la deforestación, este proceso se evidencia en la pérdida de aproximadamente 6,889,816 ha de bosque desde el año 1990 al 2018 [3]. Este panorama es muy preocupante tratándose de pérdida de bosques tropicales en los cuales se encuentra la mayor biodiversidad a nivel mundial [4]. Los bosques colombianos han sido talados y reemplazados principalmente por coberturas de pastos (praderización), cuyos fines están relacionados con el crecimiento del sector agropecuario, el acaparamiento de tierras y la preparación del terreno para establecer cultivos ilícitos [5], [6] Sin embargo, las causas que impulsan la deforestación pueden ser muy variadas y específicas tanto para las diferentes regiones del país como para cada tipo de bosque [7].

Algunos de los impactos asociados a la deforestación y fragmentación de los ecosistemas boscosos, corresponden a la alteración de los aspectos biofísicos del ambiente, la perturbación en la dinámica de las poblaciones biológicas y la variación e incluso pérdida de las funciones ecológicas en dichos lugares [8]. En consecuencia, se tiene un panorama desalentador a causa de los cambios en la composición y abundancia de las especies, lo cual claramente incrementa la vulnerabilidad y riesgo de pérdida de la biodiversidad [9].

La situación de los bosques andinos colombianos (ecosistemas de montaña y alta montaña) no discrepan del contexto expuesto. Las perturbaciones a estos ecosistemas ocasionan además del deterioro de los servicios ambientales, problemas asociados a la erosión y degradación del territorio. Las causas principales de la explotación de los recursos naturales en los bosques andinos son asociadas con la extracción de especies forestales, las quemadas, plantaciones de especies exóticas, zonas de pastoreo y agricultura intensiva [10].

Una especie que se ha visto afectada por la expansión de la frontera agrícola, la explotación forestal desmedida y las diferentes perturbaciones en los bosques andinos es *Quercus humboldtii* [11, 12]. Esta especie es casi endémica de las regiones montañosas de Colombia, se encuentra en un rango de altitud entre los 780 y 3600 m s. n. m. [13]. Los bosques típicos de roble conocidos comúnmente como robledales se encuentran por encima de los 2500 m s. n. m. y es allí donde la especie domina ecológicamente [14].

La baja iluminación (20-30 %) y alta humedad (50-80 %) que se presenta en los diferentes estratos de los robledales que son proporcionadas por la densidad de su dosel, y la particularidad de su corteza fuertemente fisurada, favorecen la acumulación de nutrientes y agua, y ello permite que se encuentre gran diversidad de plantas epífitas [15]. Bajo ese contexto, al interior de los robledales se conciben funciones de conservación de la diversidad no solo de

epifitas (musgos, líquenes, bromelias, orquídeas, entre otros), sino que también se beneficia el establecimiento y tránsito de mamíferos, aves y organismos invertebrados, ello debido al rol de *Q. humboldtii* como especie sombrilla [16]. Otro aspecto que denota la importancia de los robledales se centra en la provisión de productos forestales no maderables, que beneficia a comunidades que habitan en estos bosques. Productos como el agraz (*Vaccinium meridionale*), y de hongos como *Pleurotus ostreatus* son algunos ejemplos, así como la obtención de especies de uso medicinal; adicionalmente estos bosques representan una fuente para el desarrollo de la apicultura, donde las comunidades logran obtener mieles con características únicas de estos bosques [17]. Adicionalmente en algunas regiones de Colombia se utilizan los frutos tostados de *Q. humboldtii* para obtener una bebida que sustituye el consumo de café, ello debido a que sus bellotas presentan propiedades sensoriales similares a las del café sin poseer cafeína [18].

A pesar de ser una especie con un alto potencial, no se han adelantado acciones o programas que logren la propagación e incorporación de esta especie a una economía dentro del sector forestal, hoy las Corporaciones Autónomas Regionales del país reportan al *Q. humboldtii* como una especie con alto grado de amenaza, debido a la disminución en la abundancia de sus poblaciones, calculada en un 42 %, consecuencia de ello el roble se ha categorizado como una especie Vulnerable (VU A2 cd) [19]. Aún cuando los robledales representan gran importancia a nivel biológico y socioeconómico, y debido a la continua fragmentación de su hábitat, posee enormes retos de restauración, manejo y uso sostenible [20].

Una de las alternativas para prevenir y mitigar las consecuencias de la deforestación y perturbación de los bosques que albergan a esta especie en estado de amenaza es plantear estrategias de conservación que incluyan el beneficio y conocimiento de las comunidades locales [21]. Así mismo, es pertinente realizar estudios en los cuales se haga un diagnóstico de sus poblaciones y se genere conocimiento acerca de su dinámica y sus potencialidades [22]. Entendiendo por población al conjunto de individuos de la misma especie que se reproducen entre sí en un área determinada.

El objetivo de este estudio es definir los lineamientos de conservación para las poblaciones de *Q. humboldtii* en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio) a partir de la evaluación del estado, la identificación de presiones y las correspondientes acciones de respuesta.

2. Material y Métodos

2.1. Área de estudio:

La jurisdicción de Corpoguavio se ubica sobre la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, en el departamento de Cundinamarca (Figura 1). De ella hacen parte ocho municipios (Medina, Ubalá, Guasca, Gacheta, Gama, Junín, Fómeque y Gachalá). Las coordenadas que enmarcan los puntos extremos de la jurisdicción son (73°37'- 73°28'- 73°12'- 73°58'O y 4°54' - 4°16'- 4°32'- 4°47'N). La región presenta una precipitación monomodal, con un solo periodo de lluvias de marzo a noviembre.

2.2. Muestreo:

La toma de datos se realizó en el año 2014 entre los meses de septiembre y diciembre. Para la selección de los municipios a ser muestreados se priorizaron Gachalá, Ubalá, Junín y Gama, a partir de reportes de los funcionarios de campo adscritos a la Corporación en los cuales se registró la presencia de *Q. humboldtii*. Se empleó como marco de referencia la metodología Presión, Estado, Respuesta (PER) propuesta por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos -OCDE- [23], en el cual se identifican las actividades humanas que ejercen presión sobre la especie, el estado actual de las poblaciones de *Q. humboldtii* y las acciones de respuesta con el fin de mitigar, prevenir y/o reducir los efectos de estas presiones.

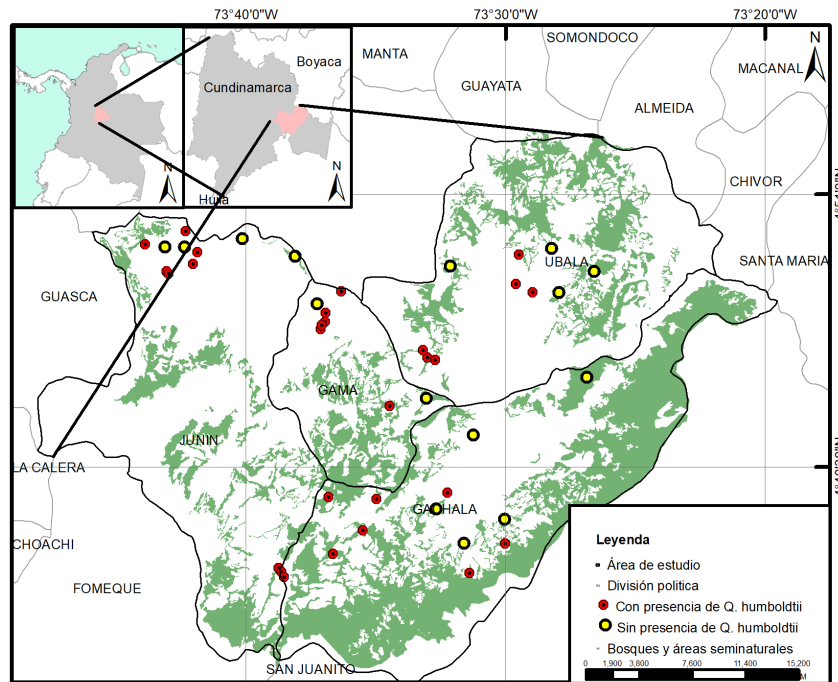


Figura 1: Mapa de localización y puntos de muestreo.

2.3. Presión:

Con el fin de establecer las acciones propicias para la conservación de la especie y teniendo en cuenta el manual de planificación para la conservación de áreas elaborado por Granizo [24], se realizó la identificación de las presiones (daños en los atributos propios del objeto de conservación), sus fuentes (actividades humanas no sostenibles que causan las presiones) y el orden de importancia de las fuentes de presión. Para lo anterior se realizaron encuestas a la comunidad cercana a las poblaciones de roble muestreadas, además de la inspección visual en cada uno de los puntos.

Para la identificación de las principales presiones que afectan a la especie se tuvo en cuenta dos factores claves: la severidad y el alcance. La severidad entendida como la intensidad del daño que presenta nuestro objeto de conservación y el alcance como la extensión geográfica de dicha presión. Una vez definidas y clasificadas las presiones se procedió a realizar la identificación de las fuentes de presión y su respectiva valoración, bajo los factores de contribución e irreversibilidad siguiendo los parámetros de Granizo [24].

2.4. Estado:

Una vez identificados los fragmentos de bosque se realizó el levantamiento de información con un muestreo dirigido no probabilístico [25], [26]; se realizaron transectos en los lugares donde se tenía certeza de la presencia de la especie. Se modificó la metodología propuesta por Rangel [27], por lo cual se tomaron transectos de 100 m² (50 x 2m) y se censaron todos los individuos de la especie con DAP \geq 1 cm [28]; para ello se utilizaron variables como: DAP, altura total y altura comercial [29], adicionalmente se evaluó el estado fitosanitario de cada individuo muestreado de acuerdo a las categorías propuestas por Baez [30] y Aguirre [31], en las cuales clasifican los individuos en tres categorías, un árbol con estado fitosanitario bueno será aquel que no tiene sus raíces expuestas ni tampoco tiene cavidades o grietas en su fuste, además de tener una estructura natural fuerte, estable, bien distribuida y un follaje vigoroso; el estado fitosanitario clasificado

como regular es aquel que tiene una condición media de vigor, con daños menores producidos por insectos o enfermedades las cuales se reflejan en la calidad de su follaje, estos pueden presentar daños mecánicos menores de plagas y enfermedades pero su muerte no es inminente. Por último, un árbol en estado fitosanitario malo es aquel que presenta alguna fitopatología en su madera de más del 51 %, o que se encuentre con un anclaje débil y una inclinación mayor al 45°.

Posteriormente, se dividió la población en categorías etarias para establecer el estado de desarrollo que presentaba la especie en la jurisdicción. Para ello se realizó una correlación entre las variables de altura y dimámetro a la altura del pecho (DAP) con el fin de determinar el porcentaje de relación existente entre ellas y definir la variable principal [32,33]. Basados en la altura se establecieron las categorías etarias de la población de *Q. humboldtii*, para lo cual se utilizó la regla de Sturges 1:

$$m = 1 + 3,3 * (\log n), \quad (1)$$

donde m = número de categorías y n = número total de individuos.

Esta regla establece el número propicio de categorías a considerar, ello con el fin de analizar la estructura poblacional de la especie en la jurisdicción [27].

Se establecieron diez rangos, los cuales se redujeron a cinco para un mejor manejo de los datos [33]. Para aceptar las categorías definidas anteriormente se evaluó la existencia de diferencias significativas entre categorías contiguas, se aplicó el test no paramétrico de U de Mann-Whitney con un 95 % de confianza [34].

Posterior a la definición y análisis de las categorías etarias para las poblaciones de *Q. humboldtii* en la jurisdicción de Corpoguvavio se procedió a realizar el análisis de la estructura poblacional de la especie, para lo cual se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) y clúster jerárquico con el software R Project versión 3.1.2 [35]. En dicho análisis se evaluaron los 30 transectos frente a las categorías previamente definidas, el análisis de clúster permite clasificar los sitios de acuerdo a su similitud en términos de su estructura poblacional [36].

Adicionalmente, se realizó un mapa de densidad Kernel bajo el software ArcGIS 10.5, teniendo en cuenta dos parámetros, el primero comprende la distribución geográfica de las poblaciones muestreadas con sus respectivos valores de abundancia y el segundo, comprende las diferentes coberturas registradas en el área de estudio [37]. En el proceso se analizan los puntos muestreados a una resolución de salida de 55m/pixel. Teóricamente, esta herramienta se ajusta a una superficie curva uniforme sobre cada punto. El valor de superficie es más alto en la ubicación del punto y disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto, alcanzado el valor cero en la distancia radio de búsqueda [38]. El radio de búsqueda empleado en el presente estudio fue de 1784,12 metros, lo que equivale a un área de 10 km².

2.5. Respuesta:

Se realizaron encuestas estructuradas a la comunidad adyacente a las zonas donde se encontró la mayor representatividad de fragmentos de bosques de roble dentro de la jurisdicción. Un total de 90 encuestas diligenciadas fueron enfocadas al uso, manejo sostenible y percepción del roble como especie de importancia ecológica y en peligro de extinción [39]. Posteriormente, se formularon los lineamientos a seguir en la jurisdicción, que fueron organizadas a partir de varios ejes de acción, los cuales se fundamentan principalmente en la estrategia nacional para la conservación de plantas [40] ajustándose a las características propias de la región del Guavio y de la especie en cuestión. Estos ejes estratégicos recogen aspectos naturales, sociales, técnicos, ambientales, económicos y legales para constituir un instrumento de acción donde se divisen en su totalidad los elementos a manejar para lograr la conservación, uso y manejo sostenible de la especie.

3. Resultados

3.1. Presión:

Las principales presiones que afectan a *Q. humboldtii* son: fragmentación de hábitat, disminución de sus poblaciones y alteración de la estructura poblacional. Las fuentes de presión identificadas corresponden a: avance de la frontera agrícola (cultivos y ganadería), tala selectiva de árboles e introducción y uso de especies invasoras (pastos como: *Pennisetum clandestinum* y *Holcus lanatus*) [41, 42]; las cuales fueron valoradas en términos de la contribución y de la irreversibilidad [24]. Al evaluar dichas presiones bajo los parámetros de severidad y alcance se obtuvo en todos los casos un valor de amenaza alto (Tabla 1).

Tabla 1: Valoración de la amenaza total sobre el *Q. humboldtii* de acuerdo a la metodología de TNC [24]

Fuente de presión	Parámetros		* Fragmentación de hábitat	* Disminución de las poblaciones	* Alteración de la estructura poblacional	*Valor jerárquico de la amenaza		
Avance de la frontera agrícola (cultivos y ganadería)	Contribución	Muy Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto
	Irreversibilidad	Alto						
	Valor global fuente	Alto						
Tala selectiva de árboles	Contribución	Medio	Bajo	Medio	Medio	Muy Alto	Alto	Alto
	Irreversibilidad	Bajo						
	Valor global fuente	Bajo						
Introducción y uso de especies invasoras (pasto)	Contribución	Muy alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto
	Irreversibilidad	Muy alto						
	Valor global fuente	Muy alto						

*Presiones identificadas

3.2. Estado:

Un total de 411 individuos fueron censados, los cuales fueron clasificados en dos grandes categorías (juveniles y adultos) y en cinco categorías específicas (juvenil I, juvenil II, adulto I, adulto II y adulto III) (Tabla 2 y Figura 2). Se encontraron diferencias significativas entre las categorías contiguas obteniendo valores de $p < 0.01$ (U de Mann-Whitney).

Tabla 2: Clasificación de los individuos de *Q. humboldtii* en las categorías etarias

Categorías	Amplitud de las categorías (m)	Número de individuos	Porcentaje	Media (m)	Desviación estándar (m)
Juvenil I	1,4 - 6,12	181	44.04	3.81	1.45
Juvenil II	6,13 - 10,85	98	23.84	8.14	0.99
Adulto I	10,86 - 15,58	69	16.79	13.4	1.38
Adulto II	15,59 - 20,31	59	14.36	17.75	1.34
Adulto III	20,32 - 25,04	4	0.97	22.5	1.73
Total	—	411	100	—	—

El conjunto de individuos evaluados no presenta una distribución a la típica J invertida que suele encontrarse para muchas poblaciones vegetales, sin embargo, no se establece en el conjunto de individuos censados que se establezca una distribución etaria típica de muchas poblaciones naturales de especies forestales. En total se encontraron 183 individuos en la categoría juvenil I (44,5 %), 96 individuos en la categoría juvenil II (23,35 %), 69 individuos en la categoría adulto I (16,7 %), 59 individuos en la categoría adulto II (14,35 %) y tan solo 4 individuos en la categoría adulto III (0,97 %).

Con respecto al estado fitosanitario de la población se encontró que en todas las categorías etarias los individuos presentaron un estado fitosanitario bueno con porcentajes que oscilan entre 44 % y 50 % a excepción de adulto I, cuyo mayor porcentaje se registró en un estado regular

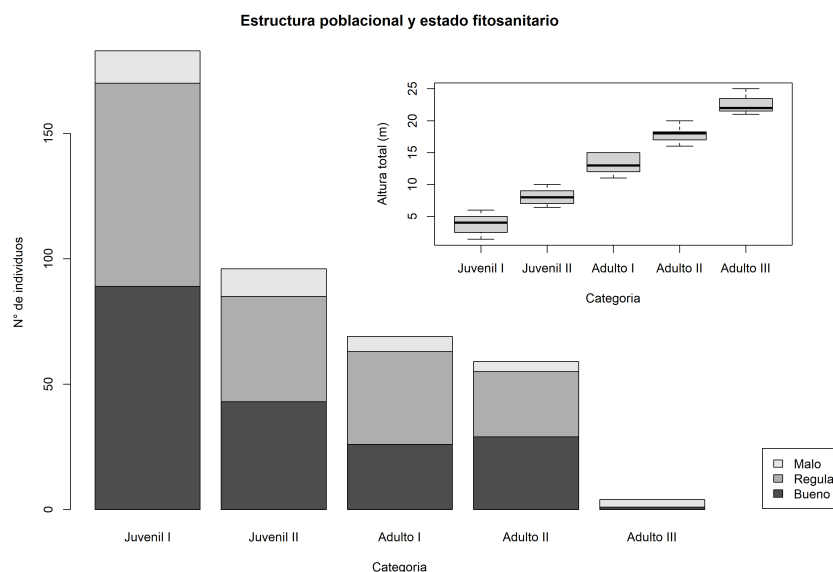


Figura 2: Estructura poblacional y estado fitosanitario de las poblaciones muestreadas de *Q. humboldtii*.

(53,6 %) y adulto III en donde el 75 % de los individuos se encontraba en un estado fitosanitario malo. El ACP realizado (Figura 3) explica el 55,3 % de la varianza total, en donde la primera dimensión expone el 30,31 % y la segunda el 25,1 % del comportamiento de los datos. Se encontró que las categorías juvenil I y juvenil II están relacionadas entre sí, al igual que las categorías adulto I y adulto II, sin embargo, la categoría adulto III no se relaciona con ninguna otra categoría. Los transectos se clasificaron en cuatro grandes grupos, los cuales se establecieron con base en las similitudes que presentan las zonas con respecto a las categorías etarias estudiadas (clúster jerárquico).

El análisis clúster permitió definir cuatro (4) grandes grupos los cuales se describen a continuación:

Grupo 1: Se encuentran los transectos 4, 12 y 15 que corresponden a los municipios de Gachalá (vereda Cruces de Río Negro) y Junín (veredas San José y Nemusten). Su agrupación dentro del mismo grupo es debida a que se encuentran individuos de *Q. humboldtii* con una representatividad grande en la categoría etaria de adulto III.

Grupo 2: Los transectos 2, 10, 13, 24, 27, 28 y 29 son aquellos con presencia marcada de individuos de las categorías juvenil I y juvenil II. Este comportamiento se observa en los municipios de Gachalá (veredas Chinchorro, Cruces de Río Negro), Junín (vereda San José), Gama (vereda Naranjos) y Ubalá (vereda Betania).

Grupo 3: Se asocian los transectos 1, 5, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26 y 30 los cuales pertenecen a los municipios de Gachalá (veredas Chinchorro, Providencia, El Escobal, Los Andes, Cruces de Río Negro y San Isidro), Junín (veredas San Francisco, El Carmen y San Rafael), Ubalá (veredas El Robledal, Betania y San Isidro) y Gama (vereda Palenque I). Este conglomerado se caracteriza porque ninguna categoría etaria tiene mayor representatividad sobre otra, por ello sus poblaciones se distribuyen de manera equitativa en las cinco categorías etarias.

Grupo 4: Comprende los transectos 11, 14, 23 y 25 los cuales se realizaron en los municipios de Junín (veredas San José y Nemusten) y Gama (vereda Palenque I), estos lugares se

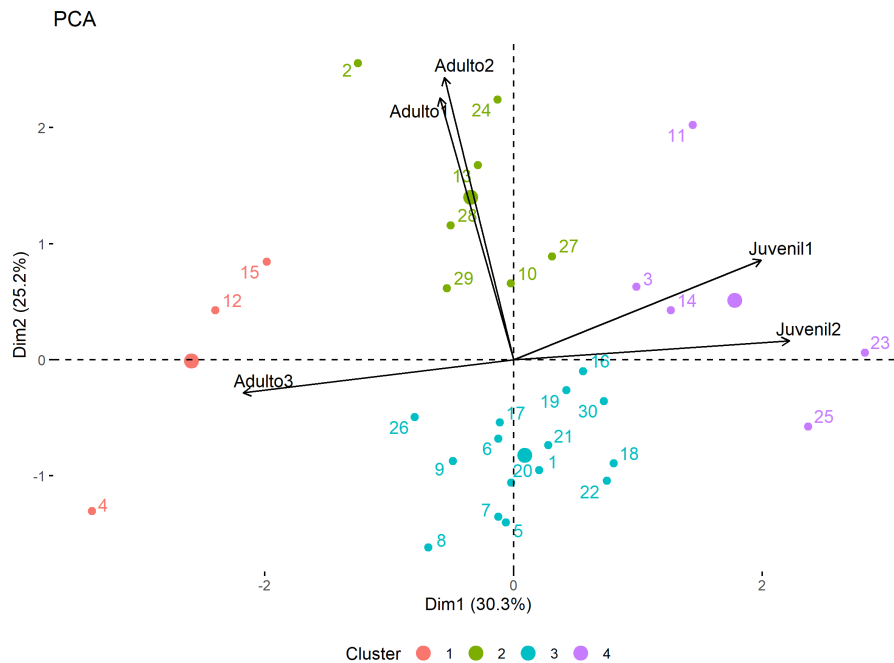


Figura 3: Análisis de componentes principales y clúster de la estructura poblacional de *Q. humboldtii*.

caracterizan por tener una estructura vertical con mayor representatividad en las categorías etarias de adulto I y adulto II, lo cual no se evidencia en las otras asociaciones.

El análisis de densidad Kernel (Figura 4) permitió apreciar la probabilidad de concentración de poblaciones de *Q. humboldtii* en el área de estudio. Se puede apreciar que se encuentran cinco principales áreas en las que la especie cuenta con una probabilidad de concentración de media a alta (7 a 22 individuos en 10 km²), teniendo en cuenta la posición geográfica de los transectos y la abundancia en cada uno de ellos. En la parte superior de la figura se encuentran de tonalidad verde aquellas áreas en donde se presentó la especie con alta densidad de individuos (19 a 22 individuos en 10 km²) y con una cobertura apropiada para su desarrollo; las áreas de tonalidad roja son aquellas en donde es muy baja (menor a 2 individuos en 10 km²) o nula la presencia de la especie.

A pesar de la alta fragmentación de la cobertura boscosa que presenta la jurisdicción en general, el análisis de Kernel también evidencia en la parte central de la figura áreas con potencialidad de conexión entre cuatro de las principales áreas diferenciadas.

3.3. Respuesta:

Las encuestas permitieron establecer la percepción de la comunidad respecto a la especie y las acciones de manejo de la especie. En términos generales la comunidad percibe la especie como escasa o poco abundante (93,5%), un 58,7% la clasificó como benéfica y un 23,9% como una especie perjudicial; lo anterior confirma que existe una percepción dividida frente a los robledales, ello debido al conflicto de uso del suelo y a la falta de información que se presenta en la zona frente a temas ecológicos y/o ambientales. La comunidad relató una disminución de las poblaciones de la especie y de su área de ocupación en la mayoría de los municipios de la región a excepción del municipio de Gama, en el cual se registró que la especie se mantiene igual a lo largo del tiempo. Frente a las causas que han generado esta disminución se responsabiliza

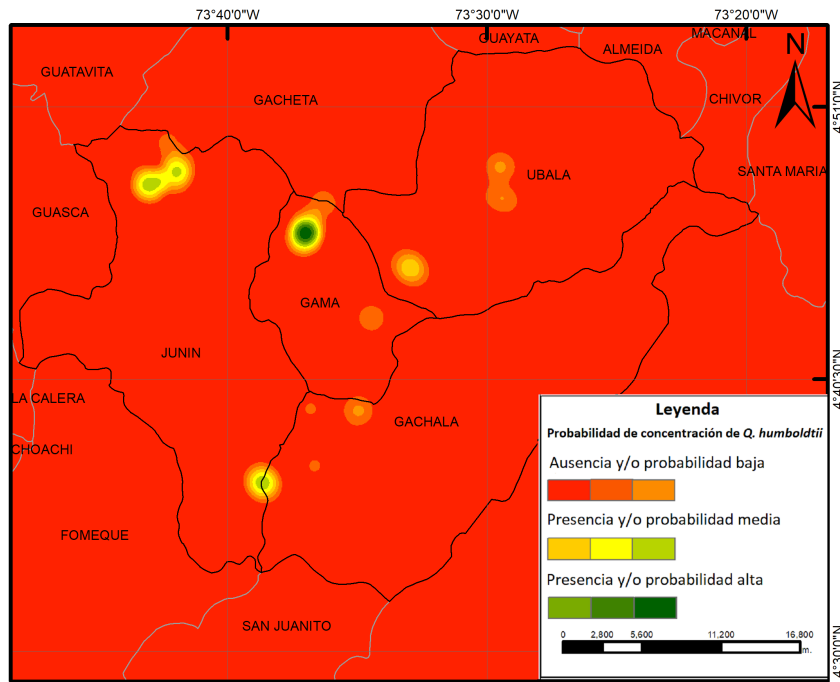


Figura 4: Zonas de concentración de poblaciones de *Q. humboldtii*. (Análisis de densidad Kernel).

principalmente a la tala (50 %) y a la ganadería (17,4 %). Las acciones de manejo en las que se registró mayor interés de la comunidad para participar fueron: recolección de semillas (45,7 %), establecimiento de viveros (26,1 %) y labores de control (8,7 %). Sin embargo, aquellas acciones relacionadas con el monitoreo de las poblaciones actuales no tuvieron acogida para la comunidad. Al analizar lo obtenido en el marco de referencia de PER se formulan mecanismos de manejo y recuperación para la especie, con los cuales se puede frenar su extinción en la región y mejorar las características ecológicas de la zona.

4. Análisis de resultados

La clasificación de presiones, fuentes de presión y amenaza global que presentó la especie en la región, indica el estado en el que se encuentra no solo el roble como especie objetivo del presente estudio, sino de su hábitat (ecosistema andino) que a lo largo del tiempo ha enfrentado procesos de fragmentación, degradación y deforestación lo cual coincide con investigaciones realizadas en el corredor de conservación Guantivita – la Rusia – Iguaque, Santander y Boyacá, Colombia [19]. Por lo tanto, es necesario estudiar, restaurar y recuperar el hábitat de la especie, de manera que se contrarresten los efectos de las presiones identificadas anteriormente, no obstante, con ello no se asegura la presencia ni tampoco la densidad de individuos en la región.

En general la distribución etaria que presentó la especie en el muestreo realizado mostró una tendencia ideal de plantas tropicales y bosques naturales disetaneos, en la cual las categorías jóvenes presentan mayor abundancia de individuos y menor abundancia a medida que aumenta la edad, tendencia comúnmente conocida como exponencial negativa “J invertida” [43]. Sin embargo al analizar la estructura poblacional por cada transecto se evidencia que no todos siguen esta distribución.

La distribución etaria que presentó la especie difiere de la encontrada por Barrera [32], en donde las poblaciones de *Q. humboldtii* en el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque no presentan una tendencia definida, por el contrario, los individuos se clasifican indiscriminadamente en cada

una de las categorías, dicha diferencia se debe principalmente al estado de sucesión en el que se encuentran las poblaciones lo cual es reportado por los mismos autores.

La distribución de las poblaciones encontradas, así como la densidad de individuos en cada uno de los 30 transectos realizados estaría indicando una baja cantidad individuos, razón por la cual proponer un uso, extracción y/o aprovechamiento de la especie en la región resultaría una medida errada y conllevaría a la desaparición de estas poblaciones en la zona.

5. Lineamientos de conservación

A continuación, se abordarán uno a uno los lineamientos de conservación en cinco ejes estratégicos, los cuales son planteados para su ejecución por parte de la autoridad ambiental competente en la región.

- Investigación y monitoreo: las actividades y proyectos de investigación y monitoreo son de vital importancia dentro de la planificación y administración de los recursos naturales, puesto que a partir de la información diagnóstica se establece un orden de importancia tanto de las principales estrategias como de la metodología para llevarlas a cabo. Para el caso específico del roble se parte de poca información a nivel regional, por tal razón surge la necesidad de profundizar en el conocimiento de las poblaciones de *Q. humboldtii* y de su entorno. Por lo anterior las acciones de investigación y monitoreo se definieron a partir de la organización jerárquica de la biodiversidad [44], la ecología del paisaje, la ecología de comunidades y características genéticas.
- Conservación *in situ* y *ex situ*: en este eje de acción se formulan los principales lineamientos que se deben realizar dentro del hábitat natural de las poblaciones de *Q. humboldtii* identificadas y en las zonas aledañas. La conservación *in situ* y *ex situ* permite la implementación de estrategias que propicien la conservación y dinámica de la especie; Este eje estratégico contempla variedad de recursos, técnicas y conocimiento especializado que contribuyen a la recuperación y sobrevivencia de individuos o poblaciones de la especie en la jurisdicción.
- Manejo sostenible de la biodiversidad: en el diagnóstico realizado a las poblaciones de *Q. humboldtii* a nivel nacional se identificó una tendencia de pérdida de hábitat, así mismo los muestreos realizados en la jurisdicción permitieron identificar la alteración de la estructura poblacional.
- Educación y concientización ambiental: en la información recolectada por medio de las entrevistas y diálogos con los pobladores del área de estudio se evidenció que la comunidad que habita en lugares aledaños a las poblaciones de la especie no cuenta con información de la importancia y beneficios que representa la conservación de *Q. humboldtii* en la jurisdicción. Por tal razón la educación y concientización ambiental es una herramienta que permite a la comunidad rural enterarse y comprender los principales beneficios de la especie a partir de incentivar el pensamiento crítico y reflexivo sobre la dinámica biofísica, social y cultural que interviene en las poblaciones de roble y generar así una amalgama de conocimientos que sirvan como base para su conservación.
- Conexiones interinstitucionales: las acciones en este sentido son muy importantes, puesto que crear espacios y canales de comunicación en los cuales la especie constituya un elemento ecológicamente estratégico entre los diferentes entes ambientales (fundaciones, organizaciones no gubernamentales, institutos de investigación y universidades), generará el aumento de posibilidades para asegurar la conservación de esta. Cabe resaltar que no solo se deben tener en cuenta aspectos interinstitucionales, sino que también es prioritaria la generación de dichos espacios de comunicación dentro de Corpogavio, de manera a que

a partir de los diferentes programas y proyectos se generen posibilidades de manejo para la especie.

En la tabla 3 se puede apreciar en detalle cada uno de los lineamientos propuestos, sus correspondientes indicadores de seguimiento, las metas propuestas y las zonas priorizadas para su ejecución.

Tabla 3: Lineamientos de conservación de *Q. humboldtii*

Ejes estratégicos	Lineamientos	N°	Indicadores de seguimiento	Meta	Observación
Investigación y monitoreo (1-10 años)	Realizar estudios genéticos de las poblaciones presentes en la jurisdicción.	1	(N° de estudios realizados/N° de estudios propuestos)*100	100 %	Priorizar las zonas muestreadas en el presente estudio (Figura 1).
	Completar los estudios de composición florística y estructural de las áreas en donde se presentó la especie, para establecer el estado de conservación de la zona.	30	(N° de estudios de caracterización florística y estructural realizados/N° de estudios de caracterización florística y estructural propuestos)*100	>70 %	
	Adelantar estudios en donde se realicen estimaciones de la viabilidad de las poblaciones de la especie, realizando entre otros análisis de viabilidad de semillas.	1	(N° de estudios realizados/N° de estudios propuestos)*100	100 %	
	Identificación anual de los focos de deforestación y cambios en el uso del suelo de los remanentes de bosques, los cuales afecten los lugares en donde se presentó la especie.	10	N° de análisis de deforestación y cambios en el uso de suelo realizados/ N° de análisis de deforestación y cambios en el uso de suelo propuestos.	>50 %	
	Establecer protocolos de monitoreo para el seguimiento de las poblaciones de Roble identificadas en la investigación.	1	(N° de protocolos realizados /N° de protocolos propuestos) * 100	100 %	
Conservación in situ y ex situ (1-10 años)	Realizar recorridos de recolección de semilla de cada una de las poblaciones identificadas (dos veces al año para cada zona)	600	(N° de recorridos realizados/N° de recorridos propuestos)*100	>90 %	Priorizar las zonas de concentración identificadas con el análisis Kernell (Figura 4)
	Establecer programas de reintroducción de individuos de la especie dentro de la jurisdicción (1 por municipio)	5	(N° de programas ejecutados /N° de programas propuestos)*100	>60 %	
	Fortalecer los instrumentos legales que reglamentan el manejo de especies en estado de amenaza y delitos ambientales. (Resolución o documento legal)	1	(N° de documentos aprobados /N° de documentos planteados)*100	100 %	
	Promover el establecimiento de colecciones vivas en jardines o viveros.	5	(N° de colecciones establecidas /N° de colecciones propuestas)*100	>80 %	
Manejo sostenible de la biodiversidad (1-6 años)	Promover e Implementar sistemas silvopastoriles, como cerca vivas, forrajero, cortina rompevientos y sombrío para bovino, en los que se utilice la especie. En zonas cercanas a las poblaciones de roble con alta concentración de individuos y una distribución poblacional apropiada.	20	(N° de sistemas implementados/N° de sistemas propuestos)*100	>50 %	Zonas aledañas a los grupos tres y cuatro (ver figura 3)
Educación y concientización ambiental (1-10 años)	Capacitar a funcionarios de CORPOGUAVIO (Principalmente los promotores ambientales) acerca de la importancia de la conservación de la especie y técnicas de manejo de la misma (una anual).	10	(N° de capacitaciones realizadas /N° de capacitaciones planteadas)*100	100 %	Priorizar los municipios de Gama y Junín en los cuales se presentó la mayor presencia de la especie.
	Elaborar elementos didácticos que permitan la sensibilización en torno a la situación actual del Roble en centros educativos de la región.	1	(N° de elementos didácticos realizados y socializados /N° de elementos propuestos)*100	100 %	

	Socializar las estrategias aquí planteadas a funcionarios de la Corporación, además de instruirlos en el reconocimiento de la especie por medio de caracteres dendrológicos y características macroscópicas de la madera.	5	(N° de socializaciones realizadas /N° de socializaciones propuestas)*100	100 %	
	Dar a conocer a la comunidad las estrategias desarrolladas para la conservación de la especie a través de diferentes medios de comunicación en la jurisdicción. (Ej: posters, cuñas radiales, folletos)	10	(N° de elementos de divulgación generados /N° de elementos de divulgación propuestos)*100	100 %	
Conexiones interinstitucionales	Crear un comité de gestión en torno a la conservación del Roble en la región, el cual realice reuniones semestrales.	20	(N° de reuniones realizadas /N° de reuniones propuestas)*100	>80 %	Incluir actores sociales y ambientales en todos los municipios.
	Capacitar a los directivos de las diferentes instituciones actores de la región, acerca de la situación actual de la especie y de la importancia de su conservación.	10	(N° de capacitaciones realizadas /N° de capacitaciones propuestas)*100	>70 %	

6. Conclusiones

La distribución espacial de *Q. humboldtii* permite inferir que el hábitat de la especie ha sufrido grandes alteraciones debido a la fragmentación de las coberturas boscosas en la jurisdicción, este comportamiento está altamente influenciado por factores antrópicos, generando de esta manera la disminución de poblaciones, poca conectividad entre ellas y cambios en la estructura poblacional. *Q. humboldtii* no presenta variedad de usos ni comercialización alguna en la jurisdicción de Corpoguavio, sin embargo, fue reportado por parte de la comunidad un consumo doméstico moderado, por ello la tala desmedida del roble no se realiza para el desarrollo del mercado de madera, pero sí para la ampliación de la frontera agrícola. Las principales fuentes de presión a las que se someten las poblaciones de *Q. humboldtii* en la jurisdicción son el avance de la frontera agrícola, la tala selectiva de árboles y la introducción y uso de especies invasoras (pasto), lo cual se corroboró en los muestreos realizados en campo y las encuestas realizadas a la comunidad. Las poblaciones relictuales de roble encontradas en la jurisdicción no presentan una estructura poblacional definida, toda vez que el porcentaje de adultos que garantizan el abastecimiento de semillas de la especie es muy bajo. Si a lo anterior se suma el estado fitosanitario que presentan los individuos que en su mayor porcentaje fluctuó entre regular y malo, percepción de baja presencia de la especie percibida por la comunidad y el estado de amenaza alto, se hace vital la importancia de implementar inmediatamente los lineamientos referidos anteriormente. El aprovechamiento y uso de la especie no debe ser contemplado bajo ningún parámetro puesto que ello conllevaría a la desaparición de la misma en la región.

7. Recomendaciones

Realizar muestreos de las áreas que no fueron priorizadas en el presente estudio, para la identificación de otras posibles poblaciones de *Q. humboldtii* en la jurisdicción, se recomienda realizar estudios que incluyan el análisis de la fragmentación y conectividad de las poblaciones identificadas en el presente estudio. Realizar modelos de distribución potencial de la especie y las posibles implicaciones del cambio climático sobre esta.

8. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio) y a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas por el apoyo al desarrollo de esta investigación, la cual se realizó en el marco de Convenio de pasantía entre dichas entidades durante el 2014-2015.

Especial agradecimiento al ingeniero Marcos Urquijo por su colaboración en la planeación de las actividades realizadas y a la ingeniera Paola Beltrán por el apoyo técnico, a los promotores ambientales por su permanente acompañamiento en campo y colaboración en la toma de datos. Finalmente, a los evaluadores anónimos por sus comentarios y sugerencias al manuscrito.

Referencias

- [1] Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono – SMBYC/IDEAM. “Proporción de la Superficie Cubierta por Bosque Natural”, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://smbyc.ideam.gov.co/MonitoreoBC-WEB/reg/indexLog0n.jsp>. [Accedido: 03-jun-2020].
- [2] E. Vallejo, A. Benavides, N. Moreno, S. González, “Gestión y valorización de paisajes de Bosques Andinos para la mitigación y adaptación al Cambio Climático: Aprendizajes y desafíos” en Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia, Medellín, 2018, pp 29-35. [En línea]. Disponible en: <http://www.bosquesandinos.org/publicacion-bosques-andinos-estado-actual-y-retos-para-su-conservacion-en-antioquia/>. [Accedido: 04-jun-2020].
- [3] Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono – SMBYC/IDEAM. “Cambio de la Superficie Cubierta por Bosque Natural (Nacional)”, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://smbyc.ideam.gov.co/MonitoreoBC-WEB/reg/indexLog0n.jsp> [Accedido: 03-jun-2020].
- [4] M. Prem, S. Saavedra, J. Vargas, “End-of-conflict deforestation: Evidence from Colombia’s peace agreement”, World Development, vol. 129, 2020. Doi: 10.1016/j.worlddev.2019.104852
- [5] E. Cabrera, D. Vargas, G. Galindo, M. García, M. Ordoñez, L. Vergara, A. Pacheco, J. Rubiano y P. Giraldo, “Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional – escalas gruesa y fina”. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales -IDEAM-. Bogotá D.C, Rep. pp. 106, 2011.
- [6] G. Galindo, O. Espejo., J. Ramírez., C. Forero., C. Valbuena., J. Rubiano., R. Lozano., K. Vargas., A. Palacios., S. Palacios., C. Franco., E. Granados., L. Vergara y E. Cabrera, “Memoria técnica de la cuantificación de la superficie de bosque natural y deforestación a nivel nacional. Actualización Periodo 2012 – 2013”, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Bogotá D.C, Rep. pp. 56, 2014.
- [7] D. Armenteras, J. Espelta, N. Rodríguez, J. Renata, “Deforestation dynamics and drivers in different forest types in Latin America: Three decades of studies (1980–2010)”, Global Environmental Change, vol. 46, pp. 139-146, sep. 2017.
- [8] A. Sarmiento, F. Galán, C. Mesa, E. Castaño, C. Delgado y F. Ariza, “Metodología de índices sintéticos de estado de los ecosistemas y relación con índices de presión y respuesta antrópica” Programa Nacional de Desarrollo Humano - Departamento Nacional de Planeación, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C, Rep. pp. 69, 2002.
- [9] E. Galeano y N. Mancera, “Efectos de la deforestación sobre la diversidad y la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados en cuatro quebradas Andinas en Colombia”, Revista de Biología tropical, vol 66, no. 4, pp. 1421-1740, dic. 2018.
- [10] P. Bacca, y D. Burbano, “Restauración ecológica de disturbios antrópicos presentes en la zona alto andina”, Revista de Ciencias Agrícolas, vol. 35, no. 2, pp. 36-50, 2018.
- [11] E. Calderón, “Plantas colombianas en peligro, extintas o en duda”, Ed. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2001.
- [12] N. Salazar, M. Meza y J. Espelta, “Post-fire responses of *Quercus humboldtii* mediated by some functional traits in the forests of the tropical Andes”, Global Ecology and Conservation, vol. 22, mar.2020.
- [13] K. Nixon, “Global and Neotropical Distribution and Diversity of Oak (*Genus Quercus*) and Oak Forests” en Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests, M. Kapelle Eds. Ecological Studies no. 185, pp. 3-12, 2006.
- [14] G. Lozano, y J. Torres, “Aspectos generales sobre la distribución, sistemática, fitosociológica y clasificación ecológica de los bosques de Roble (*Quercus*) en Colombia” Ecología Tropical, vol. 1, no. 2, pp. 46-79, 1974.
- [15] J. Gil y M. Morales, “Catálogo de briofitos epífitos de Roble (*Quercus humboldtii*: Fagaceae), en el municipio de Tipacoque, Boyaca- Colombia”, Boletín científico del Centro de museos, Museo de historia Natural, vol. 20, no. 2, pp. 19-32, dic 2016.
- [16] D. Simijaca, B. Moncada, y R. Lüicking, “Bosque de roble o plantación de coníferas, ¿qué prefieren los líquenes epífitos?” Colombia Forestal, vol. 21 no. 2, 123-141, mar. 2018.
- [17] A. Potosí, J. Villalba y L. Arboleda, “Productos forestales no maderables asociados a bosques de roble *Quercus humboldtii* Bonpl en La Vega, Cauca”, Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, vol. 15, no. 2, pp. 22-29, feb. 2017. Doi: 10.18684/BSAA(15)22-29.
- [18] L. Díaz, N. Galan, D. Forero, E. Linares, J. Marín y C. Osorio, “Characterization of odour-active volatiles

- and sensory analyses of roasted oak (*Quercus humboldtii* Bonpl.) acorns, a coffee substitute”, Revista de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias, vol. 26 no. 1 pp. 44-50, 2019.
- [19] D. Cárdenas, D y N. Salinas. *Libro rojo de plantas de Colombia: especies maderables amenazadas*, Ed. Bogotá D.C: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), 2006, pp. 203.
- [20] A. Avella, y L. Cárdenas, “*Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en el corredor de conservación Guantiva- La Rusia- Iguaque, Departamentos de Santander y Boyacá*”, Colombia forestal vol. 13, no. 1, pp. 5-30, 2010.
- [21] A. Avella, “*Los bosques de robles (Fagáceas) en Colombia: composición florística, estructura, diversidad y conservación*”, tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D. C, 2016.
- [22] J. León y E. Giraldo, “*Crecimiento dimétrico en robledales del norte y centro de Antioquia, Colombia*” Crónica Forestal y del Medio Ambiente, vol. 15, no. 1, pp. 119-138, 2000.
- [23] “*OECD core set of indicators for environmental performance reviews: A synthesis report by the Group on the State of the Environment*”, Organisation For Economic Co-operation And Development, París, Francia, Rep. 83, 1993 [En línea]. Disponible en: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD\(93\)179&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=OCDE/GD(93)179&docLanguage=En).
- [24] T. Granizo, T. Molina, E. Secaira, B. Herrera, S. Benítez, O. Maldonado, M. Libby, P. Arroyo, S. Ísola y M. Castro, *Manual de planificación para la conservación de áreas*, PCA. Quito: TNC y USAID, Ed. Quito, Ecuador, 2006, pp. 204.
- [25] . Salinas, Metodología de la investigación científica, Ed. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes, 2007, pp. 182.
- [26] D. Cárdenas, N. Castaño, S. Sua y L. Quintero, *Planes de manejo para la conservación de abarco, caoba, cedro, palorosa, y canelo de los andaquíes*, Ed. Bogotá D. C: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), 2015, pp 202.
- [27] J. Rangel y A. Velásquez, “*Métodos de estudio de la vegetación*”, en Colombia diversidad biótica II, tipos de vegetación en Colombia, J. Rangel, P. Lowy y M. Aguilar, Ed. Bogotá D.C: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, 1997, pp. 59-87.
- [28] A. Dueñas, A. Betancur y R. Galindo, 2007, “*Estructura y composición florística de un bosque húmedo tropical del Parque Nacional Natural Catatumbo Barí, Colombia*” Revista Colombia Forestal, vol. 10, no. 20, pp. 26-39, 2007.
- [29] C. Parra, M. Díez y F. Moreno, “*Regeneración natural del roble negro (Colombobalanus Excelsa, Fagaceae) en dos poblaciones de la cordillera oriental de los Andes, Colombia*” Revista de la Facultad Nacional de Agronomía, vol. 64, no. 2, pp. 6175-6189, 2011.
- [30] A. Báez, B. Istlas y A. Trejo, *Diagnóstico fitosanitario del arbolado del parque Alameda Oriente. Procuraduría ambiental y del ordenamiento territorial del D.F México*, Ciudad de México: Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial del D.F, 2011, pp. 31.
- [31] F. Aguirre, *Evaluación de plantaciones forestales del proyecto bosques del Chinchipe*, Ed. Perú: Fundación de apoyo comunitario y social del Ecuador, 2009, pp. 66.
- [32] J. Barrera y M. Diaz, “*Aspectos estructurales de tres bosques de roble ubicados en el área de amortiguación del Santuario de Fauna y Flora de Iguaque (Boyacá)*”, en I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados, Fundación Natura, pp. 73-82, 2006.
- [33] C. Díaz, M. Puerto y J. Fernández, “*Evaluación del hábitat, las poblaciones y el estatus de conservación del “Barrigón” (Cavanillesia chicamochae, Malvaceae - Bombacoideae)*” Caldasia, vol. 33 no. 1, pp. 105-119. 2011.
- [34] V. Díaz “*Errores estadísticos frecuentes al comparar dos poblaciones independientes*”, Revista Chilena de nutrición, vol. 36, no. 4 pp. 1136-1138, 2009.
- [35] D. Borcard, F. Gillet y P. Legendre, Numerical Ecology with R, Ed. New York: Springer, 2011, pp. 306.
- [36] L. Thompson, M. Moraes y M. Baudoin., “*Estructura poblacional de la palmera endémica Parajubaea torallyi (Mart.) Burret en zonas aprovechadas del área natural de manejo integrado El Palmar (Chuquisaca, Bolivia)*”, Ecología en Bolivia, vol. 44, no. 1, pp. 17-35, 2009.
- [37] T. Hengl, H. Sierdsema, A. Radovic y A. Dilo, “*Spatial prediction of species’ distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging*” Ecological modelling, vol. 220, no. 24, pp. 3499-3511, 2009.
- [38] S. Otavo y U. Murcia, “*La Amazonia se quema: detección de áreas con mayor ocurrencia de incendios de vegetación como estrategia para la prevención y control*”, Revista Colombia Amazónica, vol. 11, no. 1, pp. 59-72, dic. 2018.
- [39] R. Bello, “*Expresiones culturales alrededor del roble en el corredor Guantiva - La Rusia -Iguaque*”, en I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados. Fundación Natura - Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., 2006, Pp: 225-234.
- [40] C. Samper y H. García, *Estrategia nacional para la conservación de plantas*, Ed. Bogotá, D. C: Instituto de

- Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, 2001.
- [41] A. Díaz, M. Bonilla y O. Vargas, “Competencia entre pastos exóticos y plantas nativas: una estrategia para la restauración del bosque alto andino” Acta Biológica Colombiana vol. 9, no. 2, pp. 103, 2004.
- [42] A. Díaz, A. Díaz y O. Vargas. *Catálogo de plantas invasoras de los humedales de Bogotá*. Ed. Bogotá D.C: Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia, 2012, pp. 248.
- [43] M. González, A. Parrado y R. López, “Estructura poblacional de la palma *Iriartea deltoidea*, en un bosque de tierra firme de la amazonia colombiana”, *Caldasia* vol. 34 no. 1, pp. 187-204, 2012.
- [44] R. Noss, 1990. *Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach*. Conservation Biology, vol 4, no. 4, pp. 355-364, 1990.
- [45] J. Palacio y J. Fernández, 2006. *Estado de la investigación en genética de la conservación de los robles (Fagácea)*, en I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados. Fundación Natura - Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., pp: 57-72, 2006.

