Entramado
ISSN: 1900-3803, e-ISSN: 2539-0279
Volumen 23, número 1, enero-junio 2027

Editorial Universidad Libre

Diversidad florística en agroecosistemas andinos del municipio de Pesca, Boyacá

https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.13922

Yamit Gregorio García-Carvajal
Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

Deisy Katherine Fernández-García
Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

Dixon Fabián Flórez-Delgado
Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

Resumen

La diversidad florística de los agroecosistemas andinos refleja la manera en que las prácticas agrícolas y el manejo del paisaje moldean la vegetación leñosa, un vínculo poco documentado a escala municipal en Boyacá. Este estudio caracterizó la composición, la diversidad y la estructura de la vegetación leñosa en doce predios agroproductivos de Pesca, mediante un inventario de campo y un análisis de similitud florística entre predios. Los resultados muestran una comunidad vegetal diversa, sustentada principalmente por especies nativas, cuya estructura está no obstante dominada por especies forestales introducidas asociadas a la vocación productiva del municipio, lo que es consistente con decisiones de manejo diferenciadas entre productores, más allá de las condiciones ambientales. La baja similitud florística entre predios refleja además una heterogeneidad asociada a prácticas de manejo diferenciadas entre fincas vecinas. Estos hallazgos aportan evidencia para orientar estrategias de conservación y restauración con especies nativas en los agroecosistemas de Pesca, y sugieren ampliar el muestreo para precisar la relación entre el manejo agrícola y la diversidad florística en el territorio.

Palabras clave

Árboles y arbustos; Especies introducidas; Índice de valor de importancia; Similitud florística; Andes colombianos; Disimilitud de Bray-Curtis; *Eucalyptus globulus*; Vegetación leñosa.

Registro

Artículo de investigación
Recibido: 29/07/2026
Aceptado: 08/10/2026
Publicado: 21/11/2026

Floristic diversity in Andean agroecosystems of the municipality of Pesca, Boyacá

Abstract

The floristic diversity of Andean agroecosystems reflects how agricultural practices and landscape management shape woody vegetation, a relationship that remains poorly documented at the municipal scale in Boyacá. This study characterized the composition, diversity, and structure of woody vegetation on twelve agroproductive farms in Pesca, through a field inventory and a floristic similarity analysis among farms. The results show a diverse plant community, sustained mainly by native species, whose structure is nevertheless dominated by introduced forest species associated with the municipality's productive orientation, consistent with differentiated management decisions among producers, beyond environmental conditions alone. The low floristic similarity among farms further reflects heterogeneity associated with differentiated management practices among neighboring farms. These findings provide evidence to guide conservation and restoration strategies using native species in the agroecosystems of Pesca, and suggest expanding the sampling to better clarify the relationship between agricultural management and floristic diversity in the territory.

Keywords

Trees and shrubs; Introduced species; Importance value index; Floristic similarity; Colombian Andes; Bray-Curtis dissimilarity; *Eucalyptus globulus*; Woody vegetation.

License

CC BY NC SA

Cómo citar este artículo

GARCÍA–CARVAJAL, Yamit Gregorio; FERNÁNDEZ–GARCÍA, Deisy Katherine; FLÓREZ–DELGADO, Dixon Fabián. Diversidad florística en agroecosistemas andinos del municipio de Pesca, Boyacá. En: Entramado. Enero - junio, 2027. vol. 23, no. 1. p. 1-16. e-13922
https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.13922

1. Introducción

La diversidad florística de los agroecosistemas, entendida como la variedad de especies vegetales que coexisten con los cultivos y las pasturas, condiciona la provisión de servicios ecosistémicos, la conectividad del paisaje y la sostenibilidad de los sistemas productivos. Los elementos leñosos del paisaje agropecuario, como las cercas vivas, pueden albergar una diversidad vegetal mayor que las áreas abiertas de pastoreo (Ruiz-Guerra, Velázquez Rosas y López-Acosta, 2014), y los índices de diversidad se emplean de forma habitual para comparar fincas y modelos de manejo (Flórez Delgado, Capacho Mogollón y Castellanos González, 2023).

En la región Andina, los agroecosistemas ocupan una parte sustancial del territorio rural y son, con frecuencia, la matriz donde subsiste la vegetación leñosa nativa fuera de las áreas protegidas. En ellos, los árboles y arbustos son el componente vegetal al que suele darse prioridad en los inventarios, porque definen la estructura vertical del sistema y porque la agroforestería se ha propuesto como una alternativa para conciliar la producción con la conservación (Castillo Rojas, 2020).

Con todo, un valor alto de un índice de diversidad no equivale por sí mismo a una vegetación de valor para la conservación, pues puede sustentarse en especies foráneas más que en la flora nativa de la región. En fincas del valle interandino del norte de Ecuador se han descrito plantaciones de eucalipto, ciprés y pino (Franco, Peñafiel, Cerón y Freire, 2016), y en sistemas de pequeños agricultores de Etiopía los árboles exóticos, en particular *Eucalyptus*, predominan (Haile, Lemenih, Senbeta e Itanna, 2017). Caracterizar la diversidad florística exige, por tanto, examinar qué especies la componen, cuáles son nativas y cuáles introducidas, y cuáles concentran la abundancia y el área basal.

En Boyacá, la vegetación leñosa de fincas productivas se ha estudiado de forma conjunta en seis municipios, entre ellos Pesca, mediante un inventario de 72 predios (García-Carvajal y Hormaza Martínez, 2021). Ese estudio previo incluye, para los mismos doce predios de Pesca retomados en este manuscrito, la abundancia, la riqueza específica y los índices de Margalef, Shannon-Wiener y Simpson por predio, además de un agrupamiento jerárquico de los predios a partir de estos índices. El presente estudio parte del mismo levantamiento de campo y no presenta esos resultados como un hallazgo propio; se centra, en cambio, en tres análisis que el estudio de 2021 no realizó: la clasificación de cada especie según su origen, nativa o introducida, y su uso predominante en el predio; la estructura de la vegetación mediante el diámetro a la altura del pecho, el área basal y el índice de valor de importancia; y la similitud florística entre predios a partir de la disimilitud de Bray-Curtis sobre la matriz de abundancias por especie, un análisis de composición distinto del agrupamiento por índices resumen empleado en 2021. Los valores de abundancia, riqueza y diversidad se retoman en la sección de Resultados como antecedente directo, con la referencia a su publicación original.

El uso y la composición de las especies leñosas en fincas de Boyacá también se han documentado mediante recorridos etnobotánicos con productores: en 24 fincas se registraron 142 especies, de las cuales 88 fueron nativas y 54 exóticas, con una riqueza por finca que aumentó con el tamaño del predio (García, Peñaranda y Sarmiento, 2021).

Las preguntas que orientan el estudio son: (i) ¿cuál es la composición florística, en especies, géneros y familias, de la vegetación leñosa de los predios agroproductivos de Pesca y qué proporción corresponde a especies nativas e introducidas?; (ii) ¿cuál es la diversidad de estas comunidades y qué especies definen su estructura?; y (iii) ¿qué tan similares son los predios entre sí en su composición? En consecuencia, el objetivo fue caracterizar la composición, la diversidad, la estructura y la similitud florística de los árboles y arbustos de doce predios agroproductivos del municipio de Pesca, Boyacá.

El artículo se organiza así: el segundo apartado presenta el marco teórico y una síntesis de estudios previos; el tercero describe el área de estudio, el muestreo y el análisis de datos; el cuarto expone los resultados

sobre composición, diversidad y estructura, y similitud; el quinto los discute frente a los antecedentes; y el sexto presenta las conclusiones y las recomendaciones.

2. Marco teórico

2.1. Diversidad florística en agroecosistemas andinos

Los agroecosistemas andinos se entienden como sistemas socioecológicos, en los que las decisiones de manejo del productor interactúan con los procesos ecológicos del paisaje (Cerón, Fernández y Restrepo, 2019). La heterogeneidad del paisaje, la conectividad ecológica y las prácticas agropecuarias condicionan la composición florística local (Alfonso Martínez, Carrillo Vitale, Monzón Aldama, Priego-Santander y Boudet Rouco, 2024), del mismo modo que la variación altitudinal, edáfica y climática moldea los escenarios de vegetación disponibles en cada finca (Morales-Arias, Olvera-Vargas, Cuevas-Guzmán, Figueroa-Rangel y Sánchez-Rodríguez, 2018). Las prácticas agroecológicas orientadas a la conservación del suelo pueden favorecer, además, una estructura vegetal más compleja (Montenegro-Gómez, Nieto-Gómez y Giraldo-Díaz, 2022; Giraldo-Díaz, Nieto-Gómez y Victorino-Ramírez, 2021).

La diversidad de una comunidad se describe mediante dos componentes: la riqueza, o número de especies, y la equidad, o uniformidad con que los individuos se reparten entre ellas (Mulya, Santosa y Hilwan, 2021). Ambos componentes dependen del esfuerzo de muestreo, de modo que las comparaciones entre estudios requieren considerar el tamaño y el número de las unidades muestreadas. Además, la diversidad no informa sobre el origen de las especies: una comunidad puede ser diversa y estar formada en buena parte por especies introducidas, que se distinguen de las nativas por haber llegado a la región por intervención humana. Esta distinción es central en los agroecosistemas andinos, donde conviven vegetación silvestre, plantaciones forestales, árboles frutales y plantas ornamentales, y donde el uso predominante de cada especie condiciona su abundancia.

En los predios agroproductivos andinos coexisten cultivos y pasturas con vegetación leñosa de origen y uso diverso: remanentes de vegetación silvestre, cercas vivas, árboles frutales y plantaciones forestales. Esta mezcla hace que la composición de las parcelas dependa de decisiones de manejo de cada productor, de modo que dos predios cercanos pueden diferir marcadamente en su flora. Por ello, además de los índices globales, es pertinente describir qué especies componen cada predio, cuáles concentran la abundancia y el área basal y cuáles son compartidas entre predios.

2.2. Medidas de diversidad, estructura y similitud

La riqueza de especies se cuantifica con el número de especies (S) y con el índice de Margalef, que la relaciona con el número de individuos y es sensible a la presencia de especies raras (Mulya, Santosa y Hilwan, 2021); la diversidad y la equidad se expresan con el índice de Shannon-Wiener (Stamn y Cosmolescu, 2025) y la dominancia con el índice de Simpson (Manzanilla et al., 2020). La estructura de la vegetación se resume con la densidad, el área basal y el índice de valor de importancia (IVI), que integra la abundancia, la dominancia y la frecuencia relativas de cada especie. La similitud entre unidades de muestreo se evalúa con la disimilitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis, 1957), que considera las abundancias de las especies, y su representación jerárquica se valora mediante la correlación cofenética entre la matriz de disimilitud original y la derivada del dendrograma.

2.3. Antecedentes

La Tabla 1 sintetiza estudios de diversidad de árboles y arbustos en fincas y paisajes rurales de Colombia, Ecuador, Perú y otros países tropicales. Los estudios difieren en unidad de muestreo, en talla mínima de inclusión y en la forma de reportar el origen de las especies, por lo que la comparación de valores se hace con cautela y se retoma en la Discusión.

Tabla 1.
Síntesis de estudios de diversidad de vegetación leñosa en agroecosistemas y paisajes rurales.

Estudio	País / región	Unidad de estudio	Riqueza y diversidad	Composición y origen
Flórez Delgado et al. (2023)	Norte de Santander, Colombia	15 fincas en tres modelos agroecológicos	S=54; N=523; H′=3,47; D=0,040	Predominan Fabaceae y Melastomataceae; baja dominancia y distribución uniforme
Villamizar-Gómez, Castellanos-Gonzales y Montañez-Acevedo (2022)	Norte de Santander, Colombia	60 fincas de pequeños agricultores en cuatro municipios	S por municipio: 16 a 42	Una sola especie común a los cuatro municipios; la riqueza se asocia con el pH y la materia orgánica del suelo
García-Carvajal y Hormaza Martínez (2021)	Boyacá, Colombia (seis municipios, incluido Pesca)	72 fincas (12 por municipio)	76 especies, 62 géneros y 34 familias	Predominan Rosaceae, Solanaceae y Myrtaceae; diversidad intermedia
García et al. (2021)	Boyacá, Colombia	24 fincas; recorridos etnobotánicos y entrevistas	142 especies; riqueza por finca 4–40 (media 25,2)	88 especies nativas y 54 exóticas; la riqueza aumenta con el tamaño de la finca
Sardi, Torres y Corredor (2018)	Valle del Cauca, Colombia (1.100–1.250 m)	Paisaje rural; 24 parcelas de 200 m² (árboles con DAP ≥ 5 cm)	140 especies; exp(H′) de 9,1 a 20,7	Pocas especies introducidas
Cabrera-Amaya (2021)	Bogotá, Colombia (zona rural)	22 parcelas	247 especies	Mayor diversidad en bosque altoandino y matorral o pastizal de páramo
Franco et al. (2016)	Valle interandino norte, Ecuador (2.700–3.200 m)	17 fincas más una estación experimental	46 especies cultivadas y 41 silvestres asociadas	Se reportan plantaciones de eucalipto, ciprés y pino y una alta proporción de especies nativas
Goñas, Rubio, Rojas Briceño, Pariente-Mondragón y Oliva-Cruz (2022)	Amazonas, Perú	15 parcelas de 50 × 20 m en sistemas agroforestales de cacao	17 especies; H′ de 0,89 a 1,45	6 especies nativas y 11 exóticas
Haile et al. (2017)	Etiopía central	39 hogares y 115 parcelas	166 especies, 101 leñosas	Los árboles exóticos, en particular Eucalyptus, predominan
Este estudio	Pesca, Boyacá, Colombia (2.891–3.229 m)	12 predios; una parcela de 100 m² por predio	S=28; N=257; H′=2,85; D=0,085	18 especies nativas y 10 introducidas; las introducidas aportan el 74,5 % del área basal

Nota: S: riqueza; N: individuos; H′: Shannon-Wiener; D: dominancia de Simpson; DAP: diámetro a la altura del pecho; "—": valores no verificados por los autores en la fuente consultada.
Elaboración propia con base en los estudios citados.

3. Metodología

3.1. Área de estudio

El estudio se desarrolló en el municipio de Pesca, provincia de Sugamuxi, departamento de Boyacá (Colombia), localizado en la Cordillera Oriental a 108 km de Tunja y con una extensión de 247 km² (Plan de Desarrollo Municipal, 2020-2023). El municipio pertenece a la cuenca del río Chicamocha, subcuenca del río Pesca, y presenta las zonas de vida bosque muy húmedo montano bajo, bosque húmedo montano bajo, bosque subhúmedo y páramo subandino (Alcaldía de Pesca, 2021). Su economía se basa en la agricultura (papa, trigo, maíz, cebada y arveja), la ganadería y la explotación forestal de pino y eucalipto (Plan de Desarrollo Municipal, 2020-2023). Los doce predios muestreados se ubican entre 2.891 y 3.229 m s. n. m. (Figura 1, Tabla 2).

El clima de Pesca es templado frío, con una temperatura media anual cercana a 14 °C y una precipitación aproximada de 900 mm al año, de comportamiento bimodal y mayores registros en los periodos de abril-mayo y octubre-noviembre (IDEAM, 2023). En el área predominan suelos clasificados como andosoles e inceptisoles, de textura franco-arcillosa, fertilidad moderada y pendientes entre el 10 % y el 40 %, características propias de los paisajes montañosos del altiplano boyacense (IGAC, 2021).

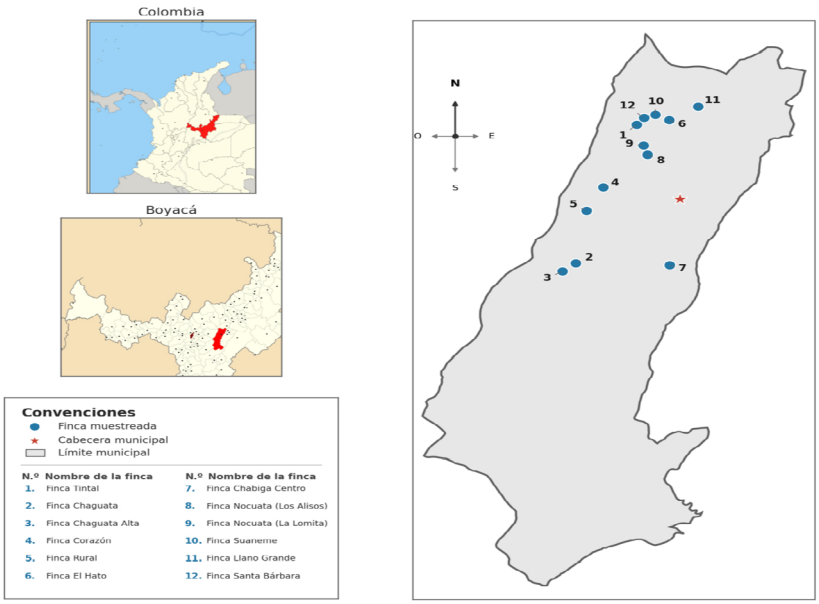


Figura 1. Ubicación de los predios muestreados en el municipio de Pesca, Boyacá.
Nota: Los números corresponden a los predios de la Tabla 2.
Elaboración propia con base en el Marco Geoestadístico Nacional (DANE, 2024) y coordenadas de campo.

3.2. Unidades de estudio

Las unidades de estudio fueron doce predios agroproductivos de pequeños productores, ubicados en once veredas del municipio (Tabla 2), vinculados al proyecto descrito en la sección de Financiación. Los predios se seleccionaron mediante un muestreo intencional o no probabilístico, con tres criterios: (1) diversidad de coberturas vegetales, determinada por la presencia de especies arbóreas y arbustivas y de sistemas de cultivo mixtos; (2) condiciones de accesibilidad y disponibilidad del personal de campo; y (3) variabilidad altitudinal y diferencias en las prácticas de manejo agroproductivo. Se estableció una parcela por predio, de modo que el número de unidades de muestreo coincide con el de predios (n = 12) y el esfuerzo de muestreo es de 0,12 ha en total. El tamaño de parcela empleado es comparable con el utilizado en otros estudios de vegetación leñosa en ecosistemas andinos y bosques secundarios de Colombia, en los que unidades de muestreo de dimensiones similares han permitido registrar de forma adecuada la variación estructural de la vegetación (Cabrera-Amaya, 2021; Cuéllar-Cardozo, Nossa-Silva y Vallejo, 2022).

Tabla 2.
Predios muestreados en el municipio de Pesca.

N.º	Predio	Vereda	Latitud (°N)	Longitud (°O)	Altitud (m.s.n.m.)
1	Tintal	Saus	5,5993	73,0703	2.891
2	Chaguata	Matademora	5,5231	73,0967	3.229
3	Chaguata Alta	La Yerbabuena	5,5184	73,1025	3.207
4	Corazón	La Esperanza	5,5648	73,0848	3.161
5	Rural	Corazón	5,5518	73,0922	3.115
6	El Hato	El Aliso	5,6019	73,0563	3.081
7	Chabiga Centro	La Planada	5,5219	73,0561	2.897
8	Nocuata (Los Alisos)	Los Alisos	5,5828	73,0656	3.032
9	Nocuata (La Lomita)	La Lomita	5,5877	73,0672	2.999
10	Suaneme	El Aliso	5,6049	73,0623	2.947
11	Llano Grande	Pueblo de Piedra	5,6093	73,0436	2.941
12	Santa Bárbara	Comunidad	5,6030	73,0671	2.932

Nota: Elaboración propia (datos de campo, julio de 2021).

3.3. Instrumentos y determinación taxonómica

El trabajo de campo se realizó en julio de 2021. En cada predio se georreferenció un punto mediante GPS y se delimitó una parcela de 10 × 10 m (100 m²). Dentro de cada parcela se inventariaron todos los individuos leñosos presentes, es decir, árboles y arbustos, sin aplicar un tamaño mínimo de inclusión por DAP o altura; se registró, por tanto, todo individuo leñoso enraizado dentro del área delimitada, independientemente de su tamaño. Para cada individuo se registraron el nombre común, el perímetro a la altura del pecho (CAP), medido con cinta métrica, y la altura total, estimada por observación directa. El diámetro a la altura del pecho (DAP) se obtuvo con la Ecuación 1 y el área basal individual (AB) con la Ecuación 2. El inventario se complementó con registro fotográfico. Las herbáceas no forman parte del análisis, que se limita al componente leñoso.

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \qquad (1)$$

$$AB = \frac{\pi}{4} \times DAP^2 \qquad (2)$$

La determinación taxonómica se basó en el registro fotográfico comparativo, en claves y descripciones de la flora de Colombia y en la base de datos de nombres científicos de la flora de Boyacá del Herbario de la Universidad Nacional de Colombia, y los autores de los nombres se asignaron con The Plant List; el uso conjunto de estas fuentes contribuye a mejorar la confiabilidad y la precisión del inventario florístico (Rodríguez, 2023; Santillán-Fernández, Escobar-Castillo, Ireta-Paredes, Espinosa-Grande, Bautista-Ortega y Chávez-Vergara, 2021). La identificación no estuvo respaldada por la colecta de material de herbario, de modo que el estudio no cuenta con números de voucher para los individuos inventariados. Las familias se presentan según el sistema APG IV (Angiosperm Phylogeny Group et al., 2016). Cada especie se clasificó según su origen (nativa o introducida en Colombia) y su uso predominante en los predios (silvestre, forestal, frutal, ornamental o cultivada como cerco), con base en la literatura botánica; esta clasificación está pendiente de validación con el Catálogo de plantas y líquenes de Colombia.

3.4. Análisis de datos

Composición florística y estructura. Se contabilizaron los individuos, las especies, los géneros y las familias, y se calcularon la densidad (individuos por hectárea), la altura media, el DAP medio y el área basal por especie, esta última con el DAP promedio registrado por especie y predio. La importancia ecológica de cada especie se expresó con el índice de valor de importancia (Ecuación 3), suma de la abundancia relativa (Ar), la dominancia relativa (Dr, con base en el área basal) y la frecuencia relativa (Fr, con base en el número de predios en que la especie está presente), con un valor máximo de 300.

$$IVI = Ar + Dr + Fr \qquad (3)$$

Índices de diversidad. Para cada parcela y para el conjunto de las doce parcelas se calcularon la abundancia (N; Woll, Reynel, Ramos, Hermoza y Chávez, 2022), la riqueza específica (S; Prieto-Duarte, Sánchez-Santana, Pérez-Rodríguez, Carpio-Quintana y Mateo-Rodríguez, 2024), el índice de Margalef (Ecuación 4), el índice de Shannon-Wiener con logaritmo natural (Ecuación 5), la equidad de Pielou (Ecuación 6), la dominancia de Simpson (Ecuación 7) y los números efectivos de especies de orden 1 (exp(H′)) y 2 (1/D) (Mulya, Santosa y Hilwan, 2021), donde pi es la proporción de individuos de la especie i. Se calcularon la media y la desviación estándar de cada índice entre parcelas y el coeficiente de correlación de Pearson entre N y S. Estos cálculos se realizaron en SPSS 24.

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N} \qquad (4)$$

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i \quad (5)$$

$$J' = \frac{H'}{\ln S} \quad (6)$$

$$D = \sum_{i=1}^{S} p^2 \quad (7)$$

Similitud florística. La similitud entre predios se evaluó con la disimilitud de Bray-Curtis (Ecuación 8), calculada sobre la matriz de abundancias de especies por predio, donde xij y xik son las abundancias de la especie i en los predios j y k. La matriz se agrupó con el método jerárquico de ligamiento promedio (UPGMA) y la calidad del dendrograma se valoró con el coeficiente de correlación cofenética entre la matriz de disimilitud original y la derivada del agrupamiento. Este análisis, distinto de los índices descritos en el apartado anterior, se realizó en Python 3 (NumPy, pandas y SciPy).

$$BC_{jk} = \frac{\sum_i |x_{ij} - x_{ik}|}{\sum_i x_{ij} + x_{ik}} \quad (8)$$

4. Resultados

4.1. Composición florística

En las doce parcelas se registraron 257 individuos pertenecientes a 28 especies, 26 géneros y 17 familias botánicas (Tabla 3). Las familias con mayor número de especies fueron Rosaceae (cinco), Solanaceae (cuatro) y Myrtaceae (tres); en número de individuos predominaron Myrtaceae (66; 25,7 %), Rosaceae (38; 14,8 %), Pinaceae (30; 11,7 %) y Betulaceae (29; 11,3 %). Las especies más abundantes fueron *Eucalyptus globulus* (51 individuos; 19,8 %), *Pinus patula* (30; 11,7 %) y *Alnus acuminata* (29; 11,3 %), presentes en diez, nueve y once predios, respectivamente. Once especies (39,3 %) se registraron en un solo predio y tres en dos. Dos especies estuvieron representadas por un único individuo (*Euphorbia pulcherrima y Psammisia penduliflora*) y cinco por dos individuos. Según su origen, 18 especies fueron nativas (144 individuos; 56,0 %) y 10 introducidas (113 individuos; 44,0 %). Por su uso predominante en los predios, 14 especies fueron silvestres (130 individuos), cinco forestales (97), seis frutales (25), dos ornamentales (3) y una cultivada como cerco (2). Las cinco especies de uso forestal (*Eucalyptus globulus, Pinus patula, Cupressus lusitanica, Acacia melanoxylon y Fraxinus chinensis*) son introducidas, mientras que *Alnus acuminata* se clasificó como silvestre nativa.

Tabla 3.
Especies leñosas registradas en los doce predios de Pesca.

Especie	Familia	Origen	Uso	Individuos	Predios
Eucalyptus globulus Labill.	Myrtaceae	Introducida	Forestal	51	10
Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pinaceae	Introducida	Forestal	30	9
Alnus acuminata Kunth	Betulaceae	Nativa	Silvestre	29	11
Rubus eriocarpus Liebm.	Rosaceae	Nativa	Silvestre	14	5
Myrcia popayanensis Hieron.	Myrtaceae	Nativa	Silvestre	13	8
Passiflora mollis Kunth	Passifloraceae	Nativa	Frutal	13	4
Hesperomeles goudotiana (Decne.) Killip	Rosaceae	Nativa	Silvestre	11	7

Continúa en la página siguiente.

Especie	Familia	Origen	Uso	Individuos	Predios
Salix humboldtiana Willd.	Salicaceae	Nativa	Silvestre	11	4
Sambucus peruviana Kunth	Adoxaceae	Nativa	Silvestre	10	6
Vallea stipularis L.f.	Elaeocarpaceae	Nativa	Silvestre	8	4
Fraxinus chinensis Roxb.	Oleaceae	Introducida	Forestal	7	3
Rubus ulmifolius Schott	Rosaceae	Introducida	Silvestre	7	2
Solanum nigrum L.	Solanaceae	Nativa	Silvestre	7	3
Acacia melanoxylon auct. non R.Br.	Fabaceae	Introducida	Forestal	6	2
Bucquetia glutinosa (L. f.) DC	Melastomataceae	Nativa	Silvestre	6	3
Cestrum buxifolium Kunth	Solanaceae	Nativa	Silvestre	6	3
Dodonaea viscosa (L.) Jacq.	Sapindaceae	Nativa	Silvestre	4	1
Cupressus lusitanica Mill.	Cupressaceae	Introducida	Forestal	3	1
Malus pumila Mill.	Rosaceae	Introducida	Frutal	3	1
Miconia squamulosa Triana	Melastomataceae	Nativa	Silvestre	3	1
Pyrus communis L.	Rosaceae	Introducida	Frutal	3	1
Acca sellowiana (O.Berg) Burret	Myrtaceae	Introducida	Frutal	2	1
Brugmansia sanguinea (Ruiz & Pav.) D.Don	Solanaceae	Nativa	Ornamental	2	1
Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze	Fabaceae	Nativa	Cultivada (cerco)	2	1
Solanum betaceum Cav.	Solanaceae	Nativa	Frutal	2	1
Vasconcellea pubescens A.DC.	Caricaceae	Nativa	Frutal	2	2
Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch	Euphorbiaceae	Introducida	Ornamental	1	1
Psammisia penduliflora (Dunal) Klotzsch	Ericaceae	Nativa	Silvestre	1	1

Nota: Origen y uso según clasificación propuesta, pendiente de validación.

Elaboración propia (datos de campo, julio de 2021).

4.2. Diversidad y estructura

La abundancia por parcela varió entre 10 y 38 individuos (media 21,4 ± 8,6) y la riqueza entre 4 y 12 especies (media 8,1 ± 2,5) (Tabla 4); estos valores de abundancia y riqueza, así como los índices de Margalef, Shannon-Wiener y Simpson por predio que se presentan a continuación, corresponden al mismo levantamiento de campo reportado para estos doce predios en García-Carvajal y Hormaza Martínez (2021) y se retoman aquí como antecedente directo, no como hallazgo nuevo. El índice de Margalef osciló entre 1,17 y 3,23 (media 2,32), el de Shannon-Wiener entre 1,33 y 2,39 (media 1,93), la equidad de Pielou entre 0,90 y 0,99 (media 0,94) y la dominancia de Simpson entre 0,10 y 0,28 (media 0,17). El predio Corazón presentó la mayor riqueza (12 especies, 10 de ellas nativas), el mayor índice de Margalef (3,23), el mayor de Shannon-Wiener (2,39) y la menor dominancia (0,100), mientras que Nocuata (Los Alisos) registró la menor riqueza (4 especies) y la mayor dominancia (0,278). Para el conjunto de las doce parcelas, la riqueza fue de 28 especies, con un índice de Margalef de 4,87, un índice de Shannon-Wiener de 2,84, una equidad de Pielou de 0,85, una dominancia de Simpson de 0,085 y números efectivos de especies de 17,2 (orden 1) y 11,8 (orden 2). La riqueza por parcela se asoció positivamente con la abundancia (r = 0,86; n = 12).

Tabla 4.
Índices de diversidad por predio y para el conjunto de las parcelas.

Predio	N	S	Margalef	H'	J'	D	Introducidas (% ind.)
Tintal	38	10	2,47	2,07	0,90	0,155	55,3
Chaguata	13	5	1,56	1,59	0,99	0,207	23,1
Chaguata Alta	22	10	2,91	2,17	0,94	0,128	54,5
Corazón	30	12	3,23	2,39	0,96	0,100	23,3
Rural	22	9	2,59	2,01	0,92	0,157	63,6
El Hato	13	6	1,95	1,67	0,93	0,207	23,1

Continúa en la página siguiente.

Predio	N	S	Margalef	H'	J'	D	Introducidas (% ind.)
Chabiga Centro	28	10	2,70	2,23	0,97	0,115	53,6
Nocuata (Los Alisos)	13	4	1,17	1,33	0,96	0,278	46,2
Nocuata (La Lomita)	17	7	2,12	1,89	0,97	0,156	29,4
Suaneme	22	8	2,26	2,05	0,99	0,132	40,9
Llano Grande	29	10	2,67	2,10	0,91	0,146	48,3
Santa Bárbara	10	6	2,17	1,61	0,90	0,240	40,0
Total (12 parcelas)	257	28	4,87	2,84	0,85	0,085	44,0

Nota: N: abundancia; S: riqueza; H′: Shannon-Wiener (ln); J′: equidad de Pielou; D: dominancia de Simpson.
Elaboración propia (datos de campo, julio de 2021).

Calculados por separado, la comunidad de especies nativas (18 especies; 144 individuos) tuvo un índice de Shannon-Wiener de 2,59 y la de especies introducidas (10 especies; 113 individuos) de 1,61. La proporción de individuos de especies introducidas por predio varió entre 23,1 % (Chaguata y El Hato) y 63,6 % (Rural) (Tabla 4); superó el 50 % en Rural, Tintal, Chaguata Alta y Chabiga Centro, y fue inferior al 25 % en Chaguata, Corazón y El Hato.

La densidad total fue de 2.142 individuos por hectárea y el área basal estimada de 7,76 m² en 0,12 ha (64,7 m² ha⁻¹). Tres especies concentraron el 78,4 % del área basal: *Eucalyptus globulus* (49,0 %), *Pinus patula* (21,0 %) y *Alnus acuminata* (8,4 %). Estas mismas especies presentaron los mayores valores del IVI (79,2; 42,0 y 31,0, respectivamente), seguidas por *Hesperomeles goudotiana* (16,1), *Myrcia popayanensis* (14,7) y *Sambucus peruviana* (12,8) (Tabla 5). Las 10 especies introducidas aportaron el 74,5 % del área basal y 150,5 puntos del IVI (50,2 % del máximo de 300), frente a 25,4 % del área basal y 149,4 puntos de las 18 nativas.

Tabla 5.
Estructura y valor de importancia de las diez especies con mayor IVI.

Especie	N	Dens. (ind ha⁻¹)	DAP (cm)	Alt. (m)	AB (m²)	Ar (%)	Dr (%)	Fr (%)	IVI
Eucalyptus globulus	51	425	30,6	7,6	3,805	19,8	49,0	10,3	79,2
Pinus patula	30	250	26,2	6,2	1,633	11,7	21,0	9,3	42,0
Alnus acuminata	29	242	16,8	4,0	0,650	11,3	8,4	11,3	31,0
Hesperomeles goudotiana	11	92	20,0	4,5	0,357	4,3	4,6	7,2	16,1
Myrcia popayanensis	13	108	10,3	2,9	0,109	5,1	1,4	8,2	14,7
Sambucus peruviana	10	83	16,3	4,1	0,214	3,9	2,8	6,2	12,8
Salix humboldtiana	11	92	17,7	4,3	0,287	4,3	3,7	4,1	12,1
Rubus eriocarpus	14	117	0,3	1,0	0,000	5,4	0,0	5,2	10,6
Passiflora mollis	13	108	1,0	1,2	0,001	5,1	0,0	4,1	9,2
Vallea stipularis	8	67	13,6	3,4	0,078	3,1	1,0	4,1	8,2

Nota: DAP, altura y área basal (AB) estimados con los promedios por especie y predio; Ar: abundancia relativa; Dr: dominancia relativa; Fr: frecuencia relativa.
Elaboración propia (datos de campo, julio de 2021).

4.3. Análisis de similitud

La disimilitud media de Bray-Curtis entre pares de predios fue de 0,63 (mínimo 0,36; máximo 0,94), lo que indica una composición florística en general poco compartida. El dendrograma (Figura 2; correlación cofenética = 0,84) separa dos predios del resto: Chaguata y El Hato, que se unen al conjunto restante a disimilitudes de 0,77 y 0,79, respectivamente. Chaguata (cinco especies) careció de *Eucalyptus globulus* y *Pinus patula* y estuvo compuesto por *Alnus acuminata, Bucquetia glutinosa, Hesperomeles goudotiana, Vallea stipularis y Rubus ulmifolius;* El Hato (seis especies) tampoco registró estas dos forestales y se

distinguió por los frutales *Passiflora mollis, Pyrus communis y Vasconcellea pubescens*, junto con *Alnus acuminata, Myrcia popayanensis y Sambucus peruviana*. La Tabla 6 presenta la abundancia de cada especie por predio, base del análisis de similitud.

Tabla 6.
Abundancia (individuos) de cada especie por predio.

Especie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eucalyptus globulus	11	·	5	3	6	·	5	3	3	3	8	4
Pinus patula	5	·	3	4	4	·	4	3	2	2	3	·
Alnus acuminata	1	3	·	3	1	2	3	5	3	3	4	1
Rubus eriocarpus	6	·	2	·	·	·	2	·	3	·	1	·
Myrcia popayanensis	·	·	2	1	1	1	·	·	2	2	2	2
Passiflora mollis	·	·	·	5	·	4	2	·	·	2	·	·
Hesperomeles goudotiana	2	2	1	2	2	·	·	·	1	·	·	1
Salix humboldtiana	2	·	3	·	·	·	3	·	·	·	3	·
Sambucus peruviana	2	·	·	·	·	2	1	·	3	·	1	1
Vallea stipularis	·	2	1	·	2	·	·	·	·	3	·	·
Fraxinus chinensis	2	·	2	·	·	·	3	·	·	·	·	·
Rubus ulmifolius	·	3	·	·	·	·	·	·	·	4	·	·
Solanum nigrum	·	·	·	3	2	·	·	2	·	·	·	·
Acacia melanoxylon	3	·	·	·	·	·	·	·	·	·	3	·
Bucquetia glutinosa	·	3	1	·	·	·	2	·	·	·	·	·
Cestrum buxifolium	·	·	·	2	·	·	·	·	·	3	·	1
Dodonaea viscosa	4	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Cupressus lusitanica	·	·	·	·	3	·	·	·	·	·	·	·
Malus pumila	·	·	·	·	·	·	3	·	·	·	·	·
Miconia squamulosa	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	3	·
Pyrus communis	·	·	·	·	·	3	·	·	·	·	·	·
Acca sellowiana	·	·	2	·	·	·	·	·	·	·	·	·
Brugmansia sanguinea	·	·	·	2	·	·	·	·	·	·	·	·
Caesalpinia spinosa	·	·	·	2	·	·	·	·	·	·	·	·
Solanum betaceum	·	·	·	2	·	·	·	·	·	·	·	·
Vasconcellea pubescens	·	·	·	1	·	1	·	·	·	·	·	·
Euphorbia pulcherrima	·	·	·	·	1	·	·	·	·	·	·	·
Psammisia penduliflora	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	1	·

Nota: Los números de columna corresponden a los predios de la Tabla 2; "·": especie no registrada en el predio. Elaboración propia (datos de campo, julio de 2021).

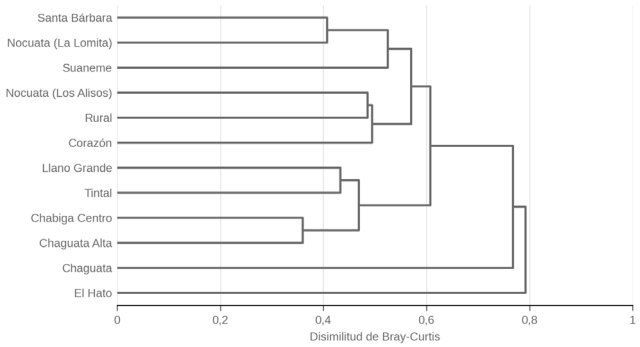


Figura 2. Dendrograma de similitud florística entre predios (Bray-Curtis, UPGMA)
Nota: Elaboración propia (datos de campo, julio de 2021).

Los diez predios restantes se fusionaron entre 0,36 y 0,61 en dos ramas. La primera reúne cuatro predios (Chabiga Centro, Chaguata Alta, Tintal y Llano Grande), con entre 48 y 55 % de individuos introducidos (media 52,9 %); en ella aparecieron de forma exclusiva *Salix humboldtiana, Fraxinus chinensis y Acacia melanoxylon*, y estuvo presente en los cuatro predios *Rubus eriocarpus*. La segunda agrupa seis predios (Santa Bárbara, Nocuata La Lomita, Suaneme, Nocuata Los Alisos, Rural y Corazón), con entre 23 y 64 % de individuos introducidos (media 40,6 %); en ella se concentraron *Alnus acuminata* (16 de 29 individuos), *Myrcia popayanensis* (8 de 13) y aparecieron de forma exclusiva *Solanum nigrum y Cestrum buxifolium*. Dado que el diseño consta de una parcela por predio, estas ramas se interpretan de manera descriptiva y no como grupos florísticos discretos.

5. Discusión

5.1. Composición florística

Las familias con más especies en Pesca (Rosaceae, Solanaceae y Myrtaceae) son las mismas que García-Carvajal y Hormaza Martínez (2021) reportan como predominantes en fincas de seis municipios de Boyacá, lo que sugiere un patrón florístico compartido en los agroecosistemas de la región. Difieren de las familias dominantes en fincas de un bosque seco premontano de Norte de Santander (Fabaceae y Melastomataceae; Flórez Delgado et al., 2023), diferencia esperable por el contraste de piso altitudinal y de tipo de cobertura. La proporción de especies introducidas en Pesca (10 de 28; 35,7 %) es sustancial y coherente con la vocación forestal del municipio, que combina flora nativa con plantaciones de pino y eucalipto (Plan de Desarrollo Municipal, 2020-2023), un patrón de plantación forestal que en otros paisajes rurales andinos ha avanzado sobre la cobertura de bosque natural en favor de pasturas y cultivos extensivos (Otavo y Echevarrya, 2017).

La distinción entre origen nativo e introducido cambia la lectura de los índices. Las especies nativas aportaron la mayor parte de la riqueza (18 de 28 especies) y una diversidad de Shannon-Wiener (2,59) claramente mayor que la de las introducidas (1,61), pero la estructura de la vegetación dependió de estas últimas: *Eucalyptus globulus* y *Pinus patula* concentraron el 70,0 % del área basal y los dos mayores IVI, y las introducidas en conjunto alcanzaron la mitad del valor máximo del IVI con menos de la mitad de los individuos. Este resultado es coherente con la vocación forestal del municipio, que incluye la explotación de pino y eucalipto (Plan de Desarrollo Municipal, 2020-2023), y con el predominio de árboles exóticos descrito para sistemas de pequeños agricultores de otras regiones (Haile et al., 2017; Franco et al., 2016). La única especie nativa entre las tres de mayor IVI fue *Alnus acuminata*, presente en once de los doce predios, con un área basal (8,4 %) muy inferior a la de las forestales introducidas, y las siguientes nativas (*Hesperomeles goudotiana, Myrcia popayanensis, Sambucus peruviana y Salix humboldtiana*) tuvieron IVI entre 12,1 y 16,1. En términos de conservación de flora nativa, estas cinco especies constituyen el núcleo identificado en el estudio.

Los grupos de uso distintos del forestal tuvieron un peso estructural pequeño. Los seis frutales (25 individuos) y las dos ornamentales (3 individuos) registraron valores de IVI inferiores a 3,1, con la excepción de *Passiflora mollis* (9,2), y su presencia refleja el manejo de los predios más que la estructura del dosel. Por otra parte, *Rubus eriocarpus y Passiflora mollis*, con DAP medios de 0,3 y 1,0 cm, ocuparon los lugares octavo y noveno del IVI por su abundancia y frecuencia y no por su área basal; su inclusión en el análisis es consistente con el criterio de muestreo empleado, que no fijó un tamaño mínimo (véase la sección 3.3), aunque difiere de estudios que solo consideran individuos por encima de un DAP mínimo (por ejemplo, Sardi et al., 2018, con DAP ≥ 5 cm), lo que limita la comparación directa de la riqueza y los índices de diversidad con esos antecedentes.

5.2. Diversidad

Los valores de diversidad de Pesca deben leerse a la luz del esfuerzo de muestreo. El índice de Shannon-Wiener del conjunto (2,85) es menor que el de 15 fincas del bosque seco premontano de Norte de

Santander (3,47; S = 54; N = 523; Flórez Delgado et al., 2023) y mayor que el intervalo de 0,89 a 1,45 reportado para sistemas agroforestales de cacao en Perú (Goñas et al., 2022). El número efectivo de especies de orden 1 (17,2) cae dentro del intervalo de 9,1 a 20,7 que Sardi et al. (2018) obtuvieron con 24 parcelas de 200 m² en un paisaje rural del Valle del Cauca, aunque con un esfuerzo de muestreo cuatro veces mayor (0,48 ha frente a 0,12 ha). En el bosque tucumano-boliviano de Tarija, la riqueza y la diversidad caen con fuerza por encima de 1.700-2.000 m de altitud (Gallegos et al., 2019); las doce parcelas de Pesca, todas por encima de 2.800 m, no muestran ese descenso y mantienen una riqueza y un Shannon-Wiener comparativamente altos, lo que sugiere que el manejo agroproductivo de los predios, con árboles frutales, forestales y remanentes de vegetación silvestre, sostiene una heterogeneidad de hábitats que compensa, al menos en parte, la pérdida de diversidad esperada a esta altitud.

Estas diferencias no permiten afirmar que la diversidad de Pesca sea mayor o menor, porque las unidades de muestreo, la talla mínima de inclusión y el número de individuos difieren entre estudios; con todo, la comparación entre sistemas productivos de distintas regiones geográficas resulta pertinente porque facilita valorar la diversidad y la organización de las comunidades vegetales bajo manejos y contextos diversos (Oberleitner, Egger, Oberdorfer, Dullinger, Wanek y Hietz, 2021). El índice de Margalef obtenido para el conjunto de Pesca (4,87) es cercano al reportado para un bosque de encino del centro de México, donde valores altos de este índice se han asociado con una mayor intensidad de las actividades agrícolas del entorno (Mora, Burbano, Méndez y Castro, 2017), mientras que la baja dominancia de Simpson registrada en la mayoría de los predios de Pesca contrasta con estudios en los que la agricultura intensiva y el cambio climático reducen la diversidad y la cobertura arbórea (Reyes-Palomino Smith y Cano Ccoa, 2022).

Dos características del diseño condicionan la interpretación. Primero, cada predio se representó con una sola parcela de 100 m², y la riqueza por parcela se asoció de forma fuerte con la abundancia (r = 0,86), de modo que las diferencias de riqueza entre predios reflejan en buena medida diferencias en el número de individuos contados; el índice de Margalef corrige solo en parte este efecto. Segundo, la equidad de Pielou fue alta en todos los predios (0,90 a 0,99), un resultado esperable cuando cada parcela contiene pocas especies y pocos individuos, y que no debe interpretarse por sí solo como evidencia de comunidades equilibradas. Tampoco se midieron variables ambientales ni de manejo, por lo que el estudio no permite atribuir las diferencias entre predios a las prácticas agrícolas ni a los servicios ecosistémicos; esas relaciones requieren diseños específicos.

5.3. Similitud florística

La disimilitud media de 0,63 indica que los predios comparten una fracción reducida de su composición. Dos elementos explican la mayor parte de esta heterogeneidad. Por un lado, once de las 28 especies aparecieron en un solo predio, entre ellas las tres especies exclusivas de Corazón (*Brugmansia sanguinea, Caesalpinia spinosa y Solanum betaceum*), lo que eleva la disimilitud entre pares. Por otro, las especies forestales introducidas y Alnus acuminata se repiten en la mayoría de los predios y aportan la similitud de fondo, de modo que los predios que se separan primero, Chaguata y El Hato, son los que carecen de eucalipto y pino. Las dos ramas que agrupan los diez predios restantes se distinguen más por especies acompañantes (*Salix humboldtiana, Fraxinus chinensis y Acacia melanoxylon* en la primera; *Solanum nigrum, Cestrum buxifolium* y una mayor presencia de *Myrcia popayanensis* en la segunda) que por rasgos ambientales conocidos, pues la relación con la altitud u otras variables no se analizó.

La correlación cofenética de 0,84 indica que el dendrograma representa de manera aceptable la matriz de disimilitud. Agrupar fincas o predios con patrones florísticos semejantes es una estrategia recurrente para sintetizar la heterogeneidad de sistemas productivos, más allá del método de agrupamiento empleado (Moreno, Álvarez y Orozco, 2021; Guerrero, Tasambay, Cofre, Jácome, Valverde y Jiménez, 2020), y responde, como en Pesca, a condiciones ambientales y de manejo que no siempre son homogéneas dentro de un mismo municipio (Mena, Andrade y Torres, 2019).

5.4. Alcances y limitaciones

El estudio permitió caracterizar la composición florística, diversidad, estructura y similitud de la vegetación leñosa presente en doce predios agroproductivos del municipio de Pesca, considerando especies arbóreas y arbustivas, su origen, uso predominante, abundancia, área basal e importancia ecológica. La integración de estos componentes proporciona una aproximación a la organización de la vegetación leñosa en agroecosistemas altoandinos y constituye una base de referencia para el manejo de la diversidad vegetal y la planificación de sistemas productivos con criterios de conservación.

El diseño de muestreo, basado en una parcela de 100 m² por predio y en la selección intencional de unidades con diferentes condiciones de cobertura, altitud y manejo, permitió establecer comparaciones entre las unidades evaluadas. En consecuencia, los resultados deben interpretarse principalmente como una caracterización descriptiva y comparativa de los predios estudiados, sin pretender constituir estimaciones poblacionales para la totalidad del municipio. La inclusión de todos los individuos leñosos presentes, sin un umbral mínimo de DAP o altura, favoreció una caracterización amplia de la vegetación arbórea, arbustiva y juvenil, mientras que los indicadores estructurales y de similitud permitieron complementar la descripción de la composición florística.

La identificación taxonómica y la clasificación de las especies según origen y uso se sustentaron en registros fotográficos, literatura especializada y fuentes de referencia para la flora colombiana y de Boyacá. Como proyección, futuros estudios podrán ampliar la intensidad del muestreo, incorporar colecciones de referencia y considerar variables ambientales y de manejo que permitan profundizar en los factores asociados con los patrones de diversidad observados. Estas consideraciones delimitan el alcance de las inferencias, pero no afectan el valor descriptivo y comparativo de los resultados obtenidos, que aportan información relevante sobre la vegetación leñosa de agroecosistemas de alta montaña en Pesca.

6. Conclusiones y recomendaciones

La vegetación leñosa de los agroecosistemas de Pesca constituye un componente diverso pero estructuralmente condicionado por las decisiones productivas de cada predio, lo que es consistente con la hipótesis de que la diversidad florística en este territorio andino no depende únicamente de la oferta ambiental, sino también de las prácticas agrícolas y del manejo del paisaje que cada productor adopta. La coexistencia de una riqueza predominantemente nativa con una estructura dominada por especies forestales introducidas pone de manifiesto una tensión entre la vocación productiva maderera del municipio y la conservación de la vegetación nativa asociada a los sistemas agroproductivos, tensión que no había sido documentada previamente a esta escala municipal en Boyacá.

Este estudio aporta, respecto de investigaciones regionales previas que han abordado la diversidad florística de fincas de Pesca dentro de un conjunto más amplio de municipios, una caracterización específica y estructuralmente detallada de los predios del municipio, que permite identificar la heterogeneidad florística entre fincas vecinas como expresión de decisiones de manejo diferenciadas y no de una condición ambiental homogénea. Esta heterogeneidad resulta relevante para el diseño de estrategias de conservación y restauración ecológica a escala de paisaje, en la medida en que sugiere que dichas estrategias deben adaptarse a las particularidades de manejo de cada predio y no asumir un comportamiento uniforme del territorio.

En este sentido, se recomienda que las iniciativas de restauración y conservación en los agroecosistemas de Pesca prioricen la vegetación nativa remanente y consideren las diferencias de manejo entre predios como punto de partida, y que estudios futuros amplíen el muestreo para precisar con mayor solidez estadística la relación entre las prácticas agrícolas, el manejo del paisaje y la diversidad florística en este y otros municipios andinos de vocación similar.

Sobre los autores

Yamit Gregorio García–Carvajal
Maestría en Ciencias Agrarias. Docente Tiempo Completo Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.
yamit.garcia@unipamplona.edu.co https://orcid.org/0000-0002-6171-837X

Deisy Katherine Fernández–García
Maestría en Extensión y Desarrollo Rural. Docente Tiempo Completo Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.
deisy.fernandez@unipamplona.edu.co https://orcid.org/0000-0001-7564-2452

Dixon Fabián Flórez–Delgado
Doctorado en Proyectos . Docente Tiempo Completo Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.
dixon.florez@unipamplona.edu.co https://orcid.org/0000-0002-3915-8396

Agradecimientos

Los autores agradecen a los productores y al equipo técnico del proyecto de regalías BoyacáAgro, desarrollado en el marco del convenio interinstitucional entre la Universidad de Pamplona y la Gobernación de Boyacá, cuyo apoyo fue fundamental para las actividades de campo.

Disponibilidad de datos

Los autores declaran que el artículo contiene todos los datos necesarios y suficientes para la comprensión de la investigación.

Declaración de divulgación

Los autores declaran que no existe ningún potencial conflicto de interés relacionado con el artículo.

Descargo de responsabilidad

Los autores declaran que las expresiones, opiniones o interpretaciones presentadas en el artículo son sus puntos de vista personales y no representan la posición oficial de sus instituciones.

Fuentes de financiación

Los autores expresan su agradecimiento al proyecto “Implementación de modelos agrícolas asociativos con cultivos tradicionales para el manejo económico y ambiental en el departamento de Boyacá” cofinanciado por el Sistema General de Regalías con código BPIN2018000100058 y ejecutado por la Universidad de Pamplona.

Coautoría

Yamit Gregorio García–Carvajal: Conceptualización, investigación, redacción borrador – original.

Deisy Katherine Fernández–García: Curación de datos, análisis formal, redacción borrador – original.

Dixon Fabián Flórez–Delgado: Validación, análisis formal, redacción borrador – original.

Referencias bibliográficas

1. ALCALDÍA DE PESCA, BOYACÁ. Nuestro municipio [en línea]. 2021. http://www.pesca-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio.

2. ALFONSO MARTÍNEZ, Á. A.; CARRILLO VITALE, E. R.; MONZÓN ALDAMA, Y.; PRIEGO-SANTANDER, Á. G.; BOUDET ROUCO, D. La relación entre la heterogeneidad del paisaje y los servicios ecosistémicos en Santa María Huatulco, Oaxaca, México. En: Revista de Ciencias Ambientales. 2024. vol. 58, no. 2. e19906. https://doi.org/10.15359/rca.58-2.5

3. ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP; CHASE, Mark W.; CHRISTENHUSZ, Maarten J. M.; FAY, Michael F.; BYNG, James W.; JUDD, Walter S.; SOLTIS Doug; MABBERLEY, DJ; SENNIKOV, A. N.; SOLTIS, Pamela S.; STEVENS, P. F. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. En: Botanical Journal of the Linnean Society. 2016. vol. 181, no. 1. p. 1-20. https://doi.org/10.1111/boj.12385

4. BRAY, J. Roger; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. En: Ecological Monographs. 1957. vol. 27, no. 4. p. 325-349. https://doi.org/10.2307/1942268

5. CABRERA-AMAYA, Diego Mauricio. Riqueza, composición florística y estructura de la vegetación silvestre en la zona rural de las cuencas de las quebradas Yomasa y Fucha, Bogotá, Colombia. En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 2021. vol. 45, no. 176. p. 761-776. https://doi.org/10.18257/raccefyn.1255.

6. CASTILLO ROJAS, K. Melissa. Agroforestería como alternativa de desarrollo sostenible en el territorio indígena de Salitre, zona de amortiguamiento del Parque Internacional La Amistad. En: Revista Espiga. 2020. vol. 19, no. 39. p. 63-76. https://www.redalyc.org/journal/4678/467862244005/html/

7. CERÓN, V.; FERNÁNDEZ, G.; RESTREPO, I. El enfoque de sistemas socioecológicos en las ciencias ambientales. En: Investigación y Desarrollo. 2019. vol. 27, no. 2. p. 85-109. https://www.redalyc.org/journal/268/26864302004/html/

8. CUÉLLAR-CARDOZO, J. A.; NOSSA-SILVA, D.; VALLEJO, M. I. Diversidad y estructura florística en zonas riparias de un remanente de bosque seco tropical, Colombia. En: Colombia Forestal. 2022. vol. 25, no. 2. p. 70-84. https://doi.org/10.14483/2256201x.19029.

9. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Marco Geoestadístico Nacional (MGN) 2024, capa de departamentos.Bogotá: DANE, 2024. https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/datos-geoestadisticos/?cod=111

10. FLÓREZ DELGADO, Dixon Fabian; CAPACHO MOGOLLÓN, Alfonso Eugenio; CASTELLANOS GONZÁLEZ, Leónides. Floristic biodiversity indices in three agroecological models in the municipality of La Playa of Belén, North of Santander. En: INGE CUC. 2023. vol. 19, no. 1. p. 103-116. https://doi.org/10.17981/ingecuc.19.1.2023.09

11. FRANCO, W.; PEÑAFIEL, M.; CERÓN, C.; FREIRE, E. Biodiversidad productiva y asociada en el Valle Interandino Norte del Ecuador. En: Bioagro. 2016. vol. 28, no. 3. p. 181-192. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000300005

12. GALLEGOS, Silvia C.; ZENTENO-RUIZ, Freddy S.; BECK, Stephan G.; LÓPEZ, Ramiro P. Diversidad arbórea del bosque tucumano-boliviano en la alta cuenca del río Bermejo (Tarija, Bolivia). En: Ecología en Bolivia. 2019. vol. 54, no. 1. p. 18-39. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282019000100003&script=sci_abstract

13. GARCÍA, N.; PEÑARANDA, J.; SARMIENTO, N. Diversity and use of trees and shrubs in smallholder farming systems in the Colombian Andes. En: Caldasia. 2021. vol. 43, no. 1. p. 49-64. https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n1.84230

14. GARCÍA-CARVAJAL, Yamit Gregorio; HORMAZA MARTÍNEZ, Paola Andrea. Fincas productivas y su relación con especies forestales nativas e introducidas en seis municipios de Boyacá-Colombia. En: Conocimiento Global. 2021. vol. 6, no. 2. p. 429-448. https://doi.org/10.70165/cglobal.v6i2.409.

15. GIRALDO-DÍAZ, R.; NIETO-GÓMEZ, L. E.; VICTORINO-RAMÍREZ, L. Inventarios e índices de diversidad vegetal en la Zona de Reserva Campesina de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca, Colombia. En: Libre Empresa. 2021. vol. 18, no. 2. p. 117-130. https://doi.org/10.18041/1657-2815/libreempresa.2021v18n2.9451

16. GOÑAS, M.; RUBIO, K. B.; ROJAS BRICEÑO, N. B.; PARIENTE-MONDRAGÓN, E.; OLIVA-CRUZ, M. Tree diversity in agroforestry systems of native fine-aroma cacao, Amazonas, Peru. En: PLOS ONE. 2022. vol. 17, no. 10. e0275994. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275994.

17. GUERRERO, J.; TASAMBAY, A.; COFRE, F.; JÁCOME, C.; VALVERDE, C.; JIMÉNEZ, Y. Evaluación y restauración ecológica “Lisan Wasi”, comunidad San Pedro, parroquia Tarqui, Cantón Pastaza. En: Ciencia, Tecnología y UTEQ. 2020. vol. 13, no. 1. p. 17-25. https://doi.org/10.18779/cyt.v13i1.344.

18. HAILE, G.; LEMENIH, M.; SENBETA, F.; ITANNA, F. Plant diversity and determinant factors across smallholder agricultural management units in Central Ethiopia. En: Agroforestry Systems. 2017. vol. 91, no. 4. p. 677-695. https://doi.org/10.1007/s10457-016-0038-5

19. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Climatología y escenarios de variabilidad climática en la región Andina colombiana. Bogotá D. C.: IDEAM, 2023.

20. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Boyacá. Bogotá D. C.: IGAC, 2021.

21. MANZANILLA, G.; MATA, J.; TREVIÑO, E.; AGUIRRE, O.; ALANIS, E.; YERENA, J. Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. En: Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 2020. vol. 11, no. 61. p. 94-123. https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.703.

22. MENA, V.; ANDRADE, H.; TORRES, J. Composición florística, estructura y diversidad del bosque pluvial tropical de la subcuenca del río Munguidó, Quibdó, Chocó, Colombia. En: Entramado. 2019. vol. 16, no. 1. p. 204-215. https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.6109.

23. MONTENEGRO-GÓMEZ, S. P.; NIETO-GÓMEZ, L. E.; GIRALDO-DÍAZ, R. Efecto de prácticas agroecológicas en la conservación del suelo de la Zona de Reserva Campesina de San Isidro, Pradera, Valle del Cauca. En: Entramado. 2022. vol. 18, no. 2. e210. https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.8002.

24. MORA, C.; BURBANO, O.; MÉNDEZ, C.; CASTRO, D. Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un bosque de encino (Quercus L.) en la Sierra Madre del Sur, México. En: Revista Forestal Mesoamericana Kurú. 2017. vol. 14, no. 35. p. 68-75. https://doi.org/10.18845/rfmk.v14i35.3154

25. MORALES-ARIAS, J. G.; OLVERA-VARGAS, M.; CUEVAS-GUZMÁN, R.; FIGUEROA-RANGEL, B. L.; SÁNCHEZ-RODRÍGUEZ, E. V. Variación ambiental y composición florística de especies arbóreas en un bosque húmedo de montaña del occidente de México. En: Revista Mexicana de Biodiversidad. 2018. vol. 89, no. 3. p. 769-783. https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2456

26. MORENO, A.; ÁLVAREZ, G.; OROZCO, M. Heterogeneidad ambiental y alteraciones antrópicas en comunidades de manglar en el Pacífico sur de México. En: Revista de Ciencias Ambientales. 2021. vol. 55, no. 1. p. 70-85. https://doi.org/10.15359/rca.55-1.4

27. MULYA, H.; SANTOSA, Y.; HILWAN, I. Comparación de cuatro índices de diversidad de especies en la comunidad. En: Biodiversitas. 2021. vol. 22, no. 9. p. 3648-3655. https://doi.org/10.13057/biodiv/d220906.

28. OBERLEITNER, F.; EGGER, C.; OBERDORFER, S.; DULLINGER, S.; WANEK, W.; HIETZ, P. Recuperación de la biomasa aérea, riqueza y composición de especies en bosques secundarios tropicales del suroeste de Costa Rica. En: Forest Ecology and Management. 2021. vol. 479. 118580. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118580

29. OTAVO, S.; ECHEVARRYA, C. Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. En: Revista Mexicana de Biodiversidad. 2017. vol. 88. p. 924-935. https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.041.

30. PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL. Pesca, Boyacá 2020-2023 https://pescaboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/pescaboyaca/content/files/000437/21814_plan-de-desarrollo-2020--2023.pdf

31. PRIETO-DUARTE, J. L.; SÁNCHEZ-SANTANA, T.; PÉREZ-RODRÍGUEZ, Y.; CARPIO-QUINTANA, D.; MATEO-RODRÍGUEZ, J. A. Caracterización de la biodiversidad florística de una finca del circuito sur en Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, Cuba. En: Pastos y Forrajes. 2024. vol. 47. e15. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942024000100015

32. REYES-PALOMINO SMITH, E.; CANO CCOA, D. M. Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. En: Revista de Investigación Altoandina. 2022. vol. 24, no. 1. p. 53-64. https://doi.org/10.18271/ria.2022.328

33. RODRÍGUEZ, S. Cambios en la estructura vertical y composición florística en la Reserva Natural Madre Verde, Costa Rica, tras 15 años de restauración ecológica. En: Revista de Ciencias Ambientales. 2023. vol. 57, no. 2. e18333. https://doi.org/10.15359/rca.57-2.9

34. RUIZ-GUERRA, B.; VELÁZQUEZ ROSAS, N.; LÓPEZ-ACOSTA, J. C. Plant diversity in live fences and pastures, two examples from the Mexican humid tropics. En: Environmental Management. 2014. vol. 54, no. 3. p. 656-667. https://doi.org/10.1007/s00267-014-0307-x

35. SANTILLÁN-FERNÁNDEZ, A.; ESCOBAR-CASTILLO, J.; IRETA-PAREDES, A. R.; ESPINOSA-GRANDE, E.; BAUTISTA-ORTEGA, J.; CHÁVEZ-VERGARA, B. M. Relación entre la riqueza de especies arbóreas y el cambio climático en el sureste de México. En: Madera y Bosques. 2021. vol. 27, no. 3. e2732124. https://doi.org/10.21829/myb.2021.2732124

36. SARDI, A.; TORRES, A. M.; CORREDOR, G. Diversidad florística en un paisaje rural del piedemonte de los Farallones de Cali, Colombia. En: Colombia Forestal. 2018. vol. 21, no. 2. p. 142-160. https://doi.org/10.14483/2256201X.10866.

37. STAMN, F.; COSMOLESCU, S. Evaluación de la diversidad de la vegetación en diferentes ecosistemas forestales del sur de Rumanía mediante índices de biodiversidad y coeficientes de similitud. En: Biology. 2025. vol. 14, no. 7. p. 869. https://doi.org/10.3390/biology14070869.

38. VILLAMIZAR-GÓMEZ, N.; CASTELLANOS-GONZALES, L.; MONTAÑEZ-ACEVEDO, G. Diversidad arbórea en fincas de pequeños agricultores en cuatro municipios de Norte de Santander, Colombia. En: Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático. 2022. vol. 8, no. 16. p. 1955-1968. https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i16.15043

39. WOLL, J. C.; REYNEL, C.; RAMOS, S. P.; HERMOZA, R. M.; CHÁVEZ, J. M. Diversidad y composición florística en un bosque con abundancia de nogal (Juglans neotropica Diels) en Chanchamayo, Junín, Perú. En: Ecología Aplicada. 2022. vol. 22, no. 1. p. 67-77. https://doi.org/10.21704/rea.v22i1.2027