

**Análisis de la diversidad florística asociada a sistemas agropecuarios en el municipio de Belén,
Boyacá, Colombia**

Yamit Gregorio García Carvajal¹  

Deisy Katherine Fernández García²  

Dixon Fabián Flórez Delgado³  

Diana Carolina Cediel Devia⁴  

Dubel Reinaldo Cely Leal⁵  

Recibido: 18/10/2025 Aceptado: 6/03/2026 Actualizado: 04/08/2026

DOI: 10.17151/luaz.2026.63.7

Resumen

La biodiversidad arbórea y arbustiva en agroecosistemas desempeña un papel fundamental en la sostenibilidad ecológica y productiva de los paisajes rurales andinos. El objetivo de este estudio fue caracterizar la diversidad florística presente en doce fincas agropecuarias del municipio de Belén, Boyacá, Colombia, mediante el uso de índices ecológicos y técnicas de análisis multivariado. Se realizó un inventario florístico registrando todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) $\geq 2,5$ cm en un área de muestreo de dos hectáreas por finca. A partir de la matriz de abundancia por especie se calcularon los índices de riqueza específica, Margalef, Shannon-Wiener, dominancia de Simpson y Números de Hill ($q = 0, 1$ y 2). Asimismo, se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) y un análisis de conglomerados jerárquicos para identificar patrones de similitud entre agroecosistemas. Se registraron 36 especies y 344 individuos, con una riqueza promedio de $6,67 \pm 2,99$ especies por finca. El índice de Margalef presentó una media de $1,69 \pm 0,84$, mientras que el índice de Shannon-Wiener alcanzó un valor promedio de $1,61 \pm 0,53$, lo que indica una diversidad florística moderada con marcada heterogeneidad entre predios. La dominancia de Simpson mostró una media de $0,27 \pm 0,15$, evidenciando la presencia de agroecosistemas con fuerte concentración de individuos en pocas especies. El ACP permitió identificar gradientes contrastantes de diversidad y dominancia, diferenciando fincas con comunidades vegetales estructuralmente complejas de aquellas con procesos de simplificación florística. El análisis de clúster clasificó las fincas en grupos con características ecológicas similares. Estos resultados resaltan la importancia de integrar estrategias de conservación y restauración en

sistemas productivos rurales para fortalecer la sostenibilidad y los servicios ecosistémicos en paisajes agrícolas andinos.

Palabras clave: agroecosistema, biodiversidad, estructura y composición florística, inventario de especies

Analysis of Floristic Diversity Associated with Agricultural and Livestock Systems in the Municipality of Belén, Boyacá, Colombia

Abstract

Tree and shrub biodiversity in agroecosystems plays a fundamental role in the ecological and productive sustainability of Andean rural landscapes. The objective of this study was to characterize the floristic diversity present on twelve agricultural and livestock farms in the municipality of Belén, Boyacá, Colombia, using ecological indices and multivariate analysis techniques. A floristic inventory was conducted by recording all individuals with a diameter at breast height (DBH) ≥ 2.5 cm within a two-hectare sampling area per farm. Based on the species abundance matrix, the following indices were calculated: species richness, Margalef, Shannon-Wiener, Simpson's dominance, and Hill's numbers ($q = 0, 1$, and 2). Additionally, Principal Component Analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis were applied to identify patterns of similarity among agroecosystems. A total of 36 species and 344 individuals were recorded, with an average species richness of 6.67 ± 2.99 species per farm. The Margalef index had a mean of 1.69 ± 0.84 , while the Shannon-Wiener index reached a mean value of 1.61 ± 0.53 , indicating moderate floristic diversity with marked heterogeneity among farms. Simpson's dominance index averaged 0.27 ± 0.15 , indicating the presence of agroecosystems with a high concentration of individuals in just a few species. PCA allowed for the identification of contrasting gradients of diversity and dominance, distinguishing farms with structurally complex plant communities from those undergoing floristic simplification. Cluster analysis classified the farms into groups with similar ecological characteristics. These results highlight the importance of integrating conservation and restoration strategies into rural production systems to strengthen sustainability and ecosystem services in Andean agricultural landscapes.

Keywords: agroecosystem, biodiversity, floristic structure and composition, species inventory

Introducción

La biodiversidad constituye uno de los pilares fundamentales para el funcionamiento y estabilidad de los ecosistemas, dado que asegura la provisión de servicios ambientales, el mantenimiento de procesos ecológicos y la resiliencia frente a cambios ambientales o antrópicos (Maigua-Taípe et al., 2025). En los diferentes sistemas agrícolas, la presencia de especies arbóreas y arbustivas cumple un papel esencial en la regulación del microclima, la conservación de suelos, la oferta de hábitats para fauna silvestre y la provisión de recursos como leña, frutos y forraje (Narváez-Herrera et al., 2023). En este sentido, el análisis de la diversidad de especies florísticas en fincas de vocación agrícola se convierte en una herramienta indispensable para comprender la interacción entre la producción rural y la conservación ambiental (Jurado Mejía y Hernández Londoño, 2023).

El departamento de Boyacá, y en específico el municipio de Belén, cuenta con una clara vocación de producción agrícola y ganadera en la que coexisten diversas formas de prácticas de manejo productivo con la persistencia de relictos de vegetación arbórea y arbustiva (Federación Colombiana de Productores de Papa [FEDEPAPA], 2022). Aunque sumergidos en diferentes ambientes modificados, los fragmentos representan reservas de diversidad biológica que requieren ser caracterizados para poder dimensionar su aporte a la sostenibilidad de los sistemas productivos locales. Al tiempo, el conocimiento de la estructura y composición de estas comunidades de especies vegetales permite orientar acciones de planificación en el territorio y estrategias de conservación que involucren a los productores rurales (Morales et al., 2020).

El estudio de la biodiversidad en estos entornos agrícolas se ha visto fortalecido a través del uso de los índices ecológicos que cuantifican la riqueza, la abundancia y la distribución de las especies (Flórez Delgado et al., 2023). Entre ellos, el índice de Margalef que mide la riqueza específica (Guerrero Rubio et al., 2020), el índice de Shannon-Wiener el cual refleja la equidad en la distribución de los individuos (Manzanilla Quijada et al., 2020), mientras que el índice de Simpson evidencia la dominancia de determinadas especies en el entorno (Ati- Ati-Cuitiupala et al., 2021). Estos indicadores, complementados con herramientas estadísticas como el análisis de componentes principales (ACP) y los clústeres jerárquicos, permiten clasificar oportunamente las fincas en función de su similitud florística, generando un panorama comparativo de los niveles de diversidad presentes en un territorio.

En este marco, este estudio se orientó a caracterizar la diversidad arbórea y arbustiva de doce fincas del municipio de Belén, Boyacá, mediante el uso de índices de biodiversidad y técnicas de análisis multivariado.

Materiales y métodos

Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Belén, provincia de Tundama, Boyacá, Colombia, localizado a una altitud promedio de 2 400 m s. n. m., en un paisaje caracterizado por topografía montañosa y clima templado-frío. La región presenta una marcada vocación agropecuaria, predominando cultivos de papa y pasturas para ganadería, en interacción con relictos de vegetación arbórea y arbustiva propios del bosque andino (Morales et al., 2020). Este escenario constituye un mosaico productivo donde la matriz agrícola coexiste con fragmentos de vegetación secundaria, que cumplen un rol clave como reservorios de biodiversidad y prestadores de servicios ecosistémicos (Álvarez-Montalván et al., 2021).

Las doce fincas seleccionadas representan distintos grados de intervención antrópica y prácticas de manejo productivo, lo que permitió contrastar escenarios de conservación, uso agropecuario intensivo y sistemas mixtos agroforestales, constituyendo un marco adecuado para analizar la heterogeneidad florística local (Jiménez González et al., 2023).

Las fincas seleccionadas para el estudio corresponden a unidades productivas rurales representativas del municipio de Belén, localizadas en un paisaje agrícola andino caracterizado por sistemas mixtos de producción agropecuaria. Los predios presentan tamaños variables y están destinados principalmente a actividades ganaderas y agrícolas de pequeña y mediana escala, combinadas con la presencia de árboles y arbustos dispersos, cercas vivas y remanentes de vegetación secundaria ([Figura 1](#)).

Figura 1. *Vista general del paisaje agroecosistémico con elementos de vegetación arbórea y arbustiva asociados a sistemas productivos rurales en Belén, Boyacá, Colombia*



Nota. Elaboración propia.

En términos de manejo productivo, las fincas muestran distintos niveles de intervención antrópica, que van desde sistemas con mayor intensificación agrícola hasta predios con prácticas más conservacionistas, donde se mantiene una mayor cobertura arbórea. Esta variabilidad permitió evaluar agroecosistemas con diferentes grados de complejidad estructural y funcional.

Desde el punto de vista ecológico, los predios se caracterizan por albergar una mezcla de especies nativas y exóticas con usos maderables, alimenticios, medicinales y de protección del suelo, lo que configura sistemas agropecuarios multifuncionales. La presencia de elementos como árboles dispersos en potreros, bordes de cultivos y corredores vegetales contribuye a la conectividad ecológica a escala local y al mantenimiento de procesos ecosistémicos básicos dentro de la matriz productiva.

Diseño experimental

La investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental, descriptivo y de corte transversal, con enfoque cuantitativo. Se realizó un inventario florístico en doce fincas del municipio de Belén (Boyacá), con el fin de caracterizar la diversidad arbórea y arbustiva mediante índices ecológicos y técnicas de análisis multivariado. El estudio es de tipo observacional, dado que no se manipularon las variables, sino que se registraron las comunidades vegetales tal como se encuentran en los sistemas productivos.

Diseño de muestreo

La unidad de muestreo correspondió a cada finca agropecuaria evaluada. En cada una se estableció un área de muestreo de dos hectáreas, para un total de 24 hectáreas muestreadas en el municipio de Belén (Boyacá). Se registraron todos los individuos arbóreos y arbustivos con diámetro a la altura

del pecho (DAP) $\geq 2,5$ cm, criterio ampliamente utilizado en estudios de estructura y diversidad vegetal (Mena-Mosquera et al., 2020). Cada individuo fue identificado taxonómicamente hasta nivel de especie o morfotipo, y se registró su abundancia por finca. Esta información permitió calcular los índices de biodiversidad y analizar la variación florística entre unidades productivas (Woll et al., 2023). Este enfoque metodológico garantizó una caracterización precisa de la composición florística y de los patrones de dominancia o equidad en los agroecosistemas evaluados (Trujillo y Henao, 2018).

Índices de biodiversidad

Con base en los registros de abundancia y riqueza, se calcularon los principales índices ecológicos utilizados en estudios de diversidad vegetal:

- *Abundancia (N)*: número total de individuos registrados en cada finca (Mena-Mosquera et al., 2020).
- *Abundancia relativa (%)*: proporción de individuos de cada especie frente al total (Woll et al., 2023).
- *Riqueza específica (S)*: número de especies presentes por finca (Trujillo y Henao, 2018).
- *Índice de Margalef (DMg)*: indicador de riqueza calculado como $(S-1)/\ln(N)$ (Guerrero et al., 2020).
- *Índice de Shannon-Wiener (H')*: medida de equidad en la distribución de los individuos (Mulya et al., 2021).
- *Índice de Simpson (D)*: refleja la dominancia de determinadas especies dentro de la comunidad (Sharashy, 2022).

Se empleó el número de Hill para medir la biodiversidad unificada y representar el número efectivo de especies del municipio de la siguiente manera:

$q = 0$ (Riqueza de especies): Ignora abundancias, cuenta solo el total de especies presentes.

$q = 1$ (Diversidad de Shannon): Pondera las especies según su abundancia relativa, siendo el exponencial del índice de Shannon.

$Q = 2$ (Diversidad de Simpson): Pondera fuertemente las especies dominantes, siendo el recíproco del índice de Simpson.

Análisis estadístico

Se aplicó estadística descriptiva para estimar medias, desviaciones estándar y rangos de variación de cada índice. Posteriormente, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con el fin de identificar las variables con mayor contribución a la variación de los datos. Asimismo, se utilizó un análisis de conglomerados jerárquico (clúster) para clasificar las fincas en grupos de similitud florística, empleando como variables de entrada la abundancia, riqueza, Margalef, Shannon-Wiener y Simpson.

El procesamiento estadístico se efectuó en el software SPSS v.25, siguiendo protocolos ampliamente documentados para estudios de diversidad ecológica y clasificación multivariada en agroecosistemas (Mata-Balderas et al., 2020; Rendón-Sandoval et al., 2024).

Resultados

En total se registraron 36 especies y 344 individuos. El índice de Margalef fue 5,99, el de Shannon-Wiener 2,89 y el de Simpson 0,091, lo cual indica una comunidad con diversidad relativamente alta y distribución equitativa de individuos ([Tabla 1](#)).

Tabla 1. *Índices de biodiversidad del municipio de Belén, Boyacá, Colombia*

Índices	Valor
Índice de Riqueza específica: S= número de especies	36
Índice de diversidad de especies de Margalef (D_{Mg})= $(S-1)/ \ln (N)$.	5,99
Índice de equidad de abundancia: (Shannon-Wiener) $H' = - \sum (p_i) \ln (p_i)$	2,89
Índice de dominancia de Simpson $D = \sum p_i^2$	0,091
N= total de individuos de todas las especies (abundancia total)	344

Nota. Elaboración propia.

El perfil de diversidad basado en los números de Hill ([Tabla 2](#)) evidencia una disminución progresiva desde $q = 0$ (35 especies) hasta $q = 2$ (10,95 especies efectivas), lo que refleja una comunidad florística con alta riqueza específica, pero con una estructura dominada por un número reducido de especies con mayor abundancia relativa.

Tabla 2. Perfil de diversidad basado en número de Hill del municipio de Belén, Boyacá

q	Diversidad
q = 0 (0D = riqueza de especies)	35
q = 1 (1D = Shannon efectivo)	18,051
q = 2 (2D = Simpson efectivo)	10,953

Nota. Elaboración propia.

La [Tabla 3](#) presenta las especies identificadas evidenciando que los agroecosistemas del municipio de Belén (Boyacá), albergan una diversidad florística con alto valor ecológico y productivo, integrada por especies nativas y exóticas con múltiples usos asociados a los sistemas agropecuarios. Se registraron especies destinadas principalmente a fines maderables, alimenticios, medicinales, ornamentales y de conservación del suelo, lo que demuestra el carácter multifuncional de la vegetación arbórea y arbustiva presente en las fincas evaluadas.

Las especies maderables, como *Alnus acuminata*, *Cedrela odorata*, *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*, cumplen un papel relevante en la provisión de recursos forestales y en la regulación microclimática dentro de los sistemas productivos. Por su parte, especies con uso alimenticio como *Prunus persica*, *Solanum betaceum*, *Feijoa sellowiana* y *Prunus serotina* contribuyen directamente a la seguridad alimentaria de las familias rurales, además de favorecer la diversificación productiva (Roy et al., 2025).

Asimismo, varias especies cumplen funciones ecológicas estratégicas relacionadas con la restauración y conservación de suelos, tales como *Weinmannia fagaroides*, *Morella pubescens*, *Myrcianthes leucoxyla* y *Vallea stipularis*, las cuales fortalecen la estabilidad estructural de los agroecosistemas y reducen los procesos de erosión. La presencia de especies medicinales como *Sambucus nigra*, *Laurus nobilis* y *Baccharis prunifolia* refleja también la importancia del conocimiento tradicional en el aprovechamiento de la biodiversidad local (García-Carvajal et al., 2024).

La composición florística registrada muestra que las fincas del municipio de Belén funcionan como sistemas agroecológicos complejos, donde la biodiversidad no solo cumple un rol de conservación, sino que se integra a los procesos productivos mediante el suministro de bienes directos y servicios ecosistémicos como la protección del suelo, la regulación hídrica y la provisión de hábitat para la

fauna asociada. Esta diversidad de usos confirma que los agroecosistemas evaluados poseen un potencial significativo para el fortalecimiento de estrategias de manejo sostenible, restauración ecológica y planificación territorial basada en la biodiversidad (Ramírez-Suárez et al., 2024).

Tabla 3. *Especies identificadas en el municipio de Belén, Boyacá, Colombia*

Nombre común	Nombre científico	Usos
Durazno	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Alimento, medicinal
Aliso	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Maderable, restauración ecológica
Garrocho	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Maderable, alimento fauna, cercas vivas
Urapan	<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb.	Maderable, fuente de sombra, ornamental
Mortiño	<i>Hesperomeles goudotiana</i> (Decne.) Killip	Alimento fauna, restauración ecológica
Cucharo	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Conservación suelo, cercas vivas, maderable, leña, alimento
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Madera, conservación suelo
Pino pátula	<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schltdl. y Cham.	Maderable, medicinal
Tobo	<i>Clusia</i> sp	Maderable, Ornamental
Uche	<i>Prunus buxifolia</i> Koehne	Conservación suelo
Chilco	<i>Baccharis prunifolia</i> Kunth	Restauración ecológica
Laurel	<i>Laurus nobilis</i> L.	Medicinal
Acacia	<i>Acacia melanoxylon</i> R.Br.	Madera
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Maderable, medicinal
Pino candelabro	<i>Pinus radiata</i> D.Don	Maderable
Cerezo	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Alimento, conservación suelo
Tomate de arbol	<i>Solanum betaceum</i> Cav.	Alimento, medicinal

Encenillo	<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	Maderable, leña
Arrayan blanco	<i>Myrcianthes leucoxyla</i> (Ortega) McVaugh	Alimento, restauración ecológica, protección de suelos
Laurel de cera	<i>Morella pubescens</i> (Humb. y Bonpl. ex Willd.) Wilbur	Restauración ecológica, medicinal
Sauco	<i>Sambucus nigra</i> L.	Medicinal, conservación del suelo
Tilo	<i>Sambucus peruviana</i> Kunth	Medicinal, conservación del suelo
Roble	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	Conservación y restauración ecológica
Pino cipres	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Maderable
Raque	<i>Vallea stipularis</i> L.f.	Medicinal - Conservación suelo
Pomarroso	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Medicinal, maderable, alimento, Ornamental
Feijoa	<i>Acca sellowiana</i> O.Berg	Alimento, Ornamental, conservación
Curubas	<i>Passiflora tripartita</i>	Alimento
Borrachero	<i>Brugmansia arborea</i>	Medicinal, Ornamental
Arboloco	<i>Montanoa quadrangularis</i> Schultz Bip	Restauración ecológica
Zarza mora	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.	Alimento, conservación del suelo, medicinal
Chilco	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.) Pers.	Medicinal
Siete cueros	<i>Tibouchina lepidota</i> Bonpl	Conservación y restauración ecológica
Papayuela	<i>Vasconcellea pubescens</i> - Caricáceas	Alimento
Mora de castilla	<i>Rubus glaucus</i> Benth	Alimento, conservación del suelo, medicinal

Campanita	<i>Ipomoea indica</i> (Burm.) Merr.	Maderable, cortina rompe vientos, ornamental
-----------	-------------------------------------	--

Nota. Elaboración propia.

En la [Tabla 4](#), se presentan los resultados de los índices de biodiversidad Abundancia, Abundancia relativa (%), Riqueza específica (S), Diversidad Margalef (DMg), Equidad (Shannon-Wiener) y Dominancia (Simpson) de las especies presentes en los agroecosistemas evaluados en el municipio de Belén del departamento Boyacá.

Tabla 4. Índices de biodiversidad florística para cada agroecosistema del municipio de Belén, Boyacá, Colombia

N°	Finca	Abundancia (N)	Abundancia relativa (%)	Riqueza específica (S)	Diversidad Margalef (D _{Mg})	Equidad (Shannon-Wiener) H	Dominancia (Simpson)
1	El Guirre	39	11,9	11	2,73	2,34	0,1
2	Buenos Aires	15	4,6	3	0,74	0,73	0,58
3	La Meceta	30	9,1	10	2,65	2,01	0,18
4	El Cardon	24	7,3	3	0,63	1,06	0,36
5	El Morito	18	5,5	9	2,77	2,09	0,14
6	El Chital	30	9,1	6	1,47	1,61	0,23
7	Hoya	21	6,4	8	2,3	1,91	0,17
8	Puerto nuevo	25	7,6	4	0,93	1,26	0,31
9	Ojo de agua	48	14,6	9	2,07	2,04	0,15
10	El pino	22	6,7	3	0,65	0,82	0,53
11	La Primavera	26	7,9	5	1,23	1,46	0,26
12	Peña Colorada	46	14	9	2,09	1,93	0,17
Media		28,67	8,73	6,33	1,69	1,61	0,27
Desv. Estándar		10,58	3,21	2,99	0,84	0,53	0,15

Nota. Elaboración propia.

El análisis de los índices de biodiversidad florística evidenció una marcada heterogeneidad entre los agroecosistemas evaluados en el municipio de Belén (Boyacá), lo que confirma la existencia de gradientes contrastantes de composición y estructura vegetal a escala de finca. La riqueza específica osciló entre 3 y 11 especies por predio, con un promedio de $6,67 \pm 2,99$ especies, indicando que, aunque el paisaje agrícola mantiene una diversidad florística moderada a nivel municipal, existen unidades productivas con comunidades vegetales altamente simplificadas.

El índice de diversidad de Margalef presentó valores comprendidos entre 0,63 y 2,77 (media = $1,69 \pm 0,84$), siendo mayores en las fincas El Morito, El Guirre y La Meceta, lo que sugiere una mayor complejidad florística asociada a sistemas con presencia de remanentes de vegetación arbórea y prácticas de manejo menos intensivas. En contraste, las fincas El Cardón, El Pino y Buenos Aires registraron los valores más bajos de este índice, reflejando procesos de empobrecimiento florístico y homogenización estructural, característicos de sistemas productivos con mayor presión antrópica (Flórez Delgado et al., 2023).

El índice de equidad de Shannon-Wiener varió entre 0,73 y 2,34 (media = $1,61 \pm 0,53$), lo que indica diferencias significativas en la distribución de los individuos entre especies. Las fincas El Guirre, El Morito, Ojo de Agua y Peña Colorada presentaron valores elevados de equidad, evidenciando comunidades vegetales con una distribución relativamente balanceada de individuos entre especies lo que puede asociarse con mayor complejidad estructural. Por el contrario, Buenos Aires y El Pino mostraron los valores más bajos de Shannon, lo que sugiere una dominancia marcada de pocas especies y una mayor vulnerabilidad frente a perturbaciones ambientales como plagas, sequías o cambios en el uso del suelo (Herrera et al., 2023).

La dominancia de Simpson osciló entre 0,10 y 0,58 (media = $0,27 \pm 0,15$), confirmando la presencia de agroecosistemas con estructuras florísticas altamente contrastantes. Los valores más altos de dominancia se registraron en Buenos Aires y El Pino, lo que indica concentración de individuos en un número reducido de especies, patrón típico de sistemas agrícolas intensivos o con bajo nivel de diversificación arbórea. En contraste, las fincas con menor dominancia coincidieron con aquellas que exhibieron mayores valores de riqueza y equidad, lo que refuerza la relación inversa entre diversidad y dominancia ecológica (Kitikidou et al., 2024).

En la [Tabla 5](#) se presentan los estadísticos descriptivos tales como el promedio, la desviación estándar y los valores mínimo y máximo de cada índice.

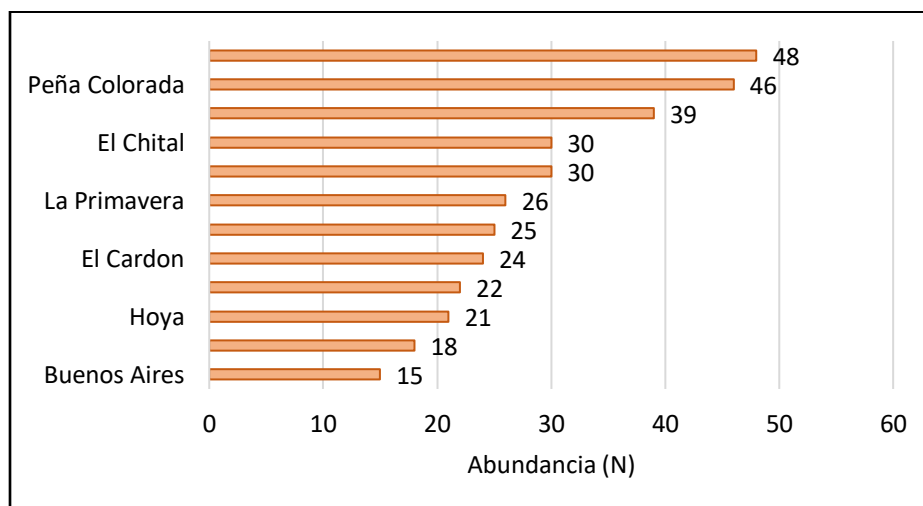
Tabla 5. *Índices de biodiversidad municipio de Belén, Boyacá, Colombia*

Índices de biodiversidad	n	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Estándar
Abundancia	12	6,00	52,00	28,67	12,98
Abundancia relativa (%)	12	2,09	18,12	8,73	4,21
Riqueza específica	12	3,00	11,00	6,33	2,76
Diversidad Margalef	12	0,63	2,77	1,69	0,75
Equidad	12	0,73	2,34	1,61	0,49
Dominancia	12	0,10	0,58	0,27	0,14

Nota. Elaboración propia.

Las fincas Ojo de Agua, Peña Colorada, El Guirre, El Chital y La Meceta superaron los 25 individuos, lo que indica mayor disponibilidad de hábitats y recursos. Buenos Aires y El Cardón reflejaron baja representatividad ([Figura 2](#)).

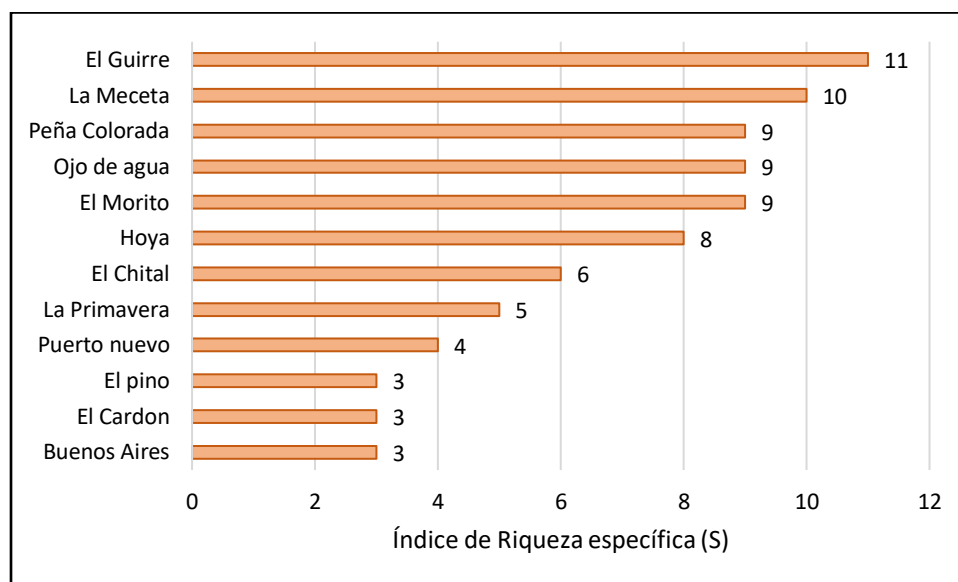
Figura 2. *Abundancia para cada agroecosistema del municipio de Belén, Boyacá, Colombia*



Nota. Elaboración propia.

En relación con la riqueza específica, El Guirre, La Meceta, Peña Colorada y Ojo de Agua albergaron entre 9 y 11 especies, en contraste con El Cardón, El Pino y Buenos Aires, que registraron solo tres ([Figura 3](#)).

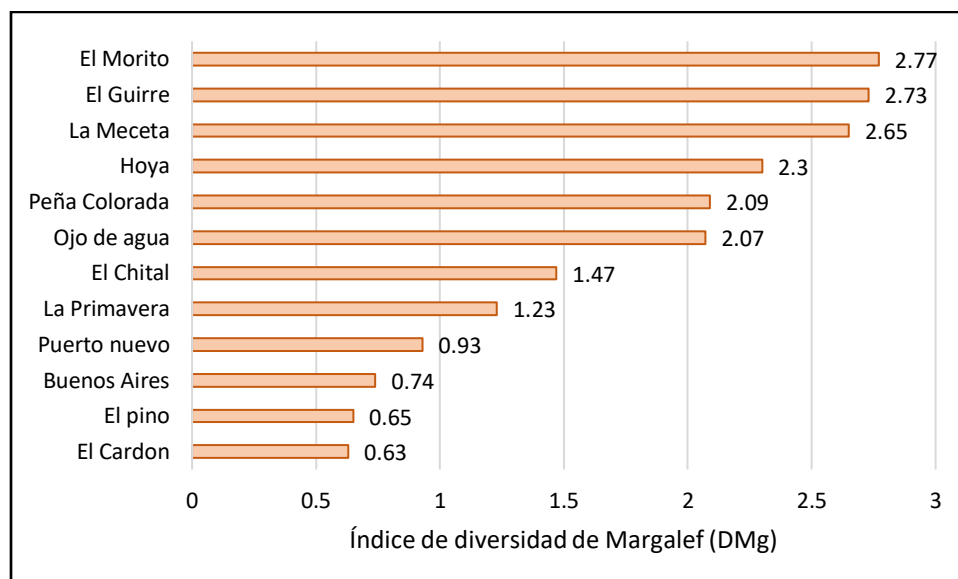
Figura 3. *Riqueza específica para cada agroecosistema del municipio de Belén, Boyacá, Colombia*



Nota. Elaboración propia.

En la diversidad de Margalef, los valores más altos (>2) se encontraron en El Morito, El Guirre, La Meceta y Hoya, mientras que El Cardón, El Pino y Buenos Aires registraron índices <1 , evidenciando comunidades empobrecidas ([Figura 4](#)).

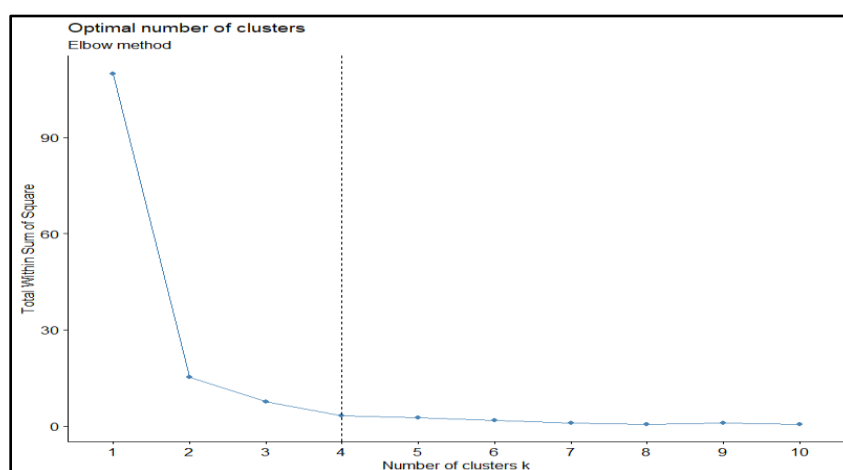
Figura 4. *Diversidad de Margalef para cada agroecosistema del municipio de Belén, Boyacá, Colombia*



Nota. Elaboración propia.

El análisis de agrupamiento permitió cuantificar la variación entre grupos de fincas o establecer el grado de semejanza. De acuerdo con la Figura 4, se recomiendan tres agrupaciones óptimas en función del grado de similitud de las variables de abundancia (N), riqueza específica (S), índice de diversidad de Margalef (DMg), índice de equidad (Shannon -Wiener) y dominancia (Simpson), con las 12 fincas del municipio de Belén ([Figura 5](#)).

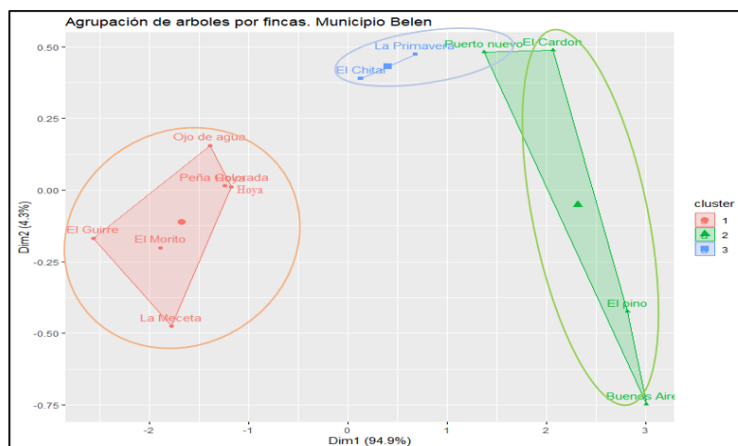
Figura 5. Agrupaciones recomendadas para los índices de biodiversidad florística del municipio de Belén, Boyacá, Colombia



Nota. Elaboración propia.

En la [Tabla 3](#), se registraron los resultados de los índices de biodiversidad para el municipio de Belén, y como se trata de un grupo de variables de tipo cuantitativo, se aplicó inicialmente un análisis de componentes principales (ACP) y posteriormente un análisis de clúster jerárquico. En la [Figura 6](#), a través del diagrama de óvalos como herramienta de clasificación, se observa la agrupación de las fincas en cada uno.

Figura 6. Diagrama de óvalos para agrupación de agroecosistemas



Nota. Elaboración propia.

Agrupación 1

Seis fincas: (Color naranja claro) (Hoya, Ojo de Agua, Peña Colorada, El Guirre, La Meceta y El Morito). En esta finca se destacan los índices de riqueza específica, diversidad y equidad muy similares y cercanos a 0,90, el índice de dominancia fue de (-0,73).

Agrupación 2

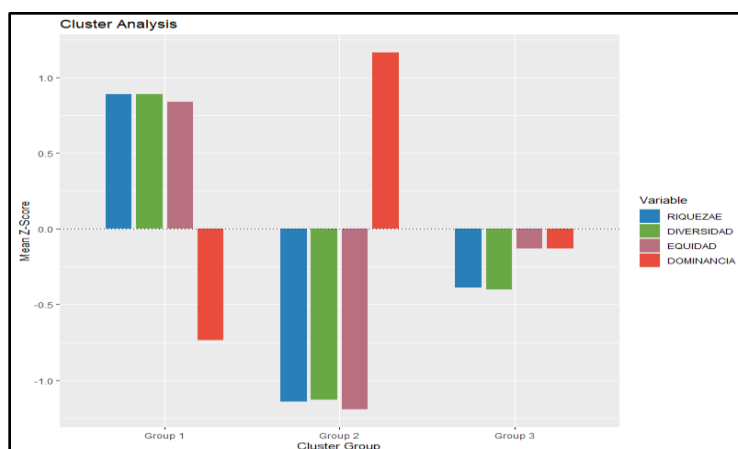
Dos fincas: (Color azul claro) (El Chital y La Primavera). Esta agrupación de fincas se caracteriza porque todos los índices son altos cercanos a (-1,2), excepto el índice de abundancia igual a (1,16).

Agrupación 3

Cuatro fincas: (Color verde) (El Cardón, Puerto Nuevo, El Pino y Buenos Aires). Esta agrupación de fincas se caracteriza porque todos los índices son menores de -0,5.

La Figura 7, Clúster de centro presenta las agrupaciones de los agroecosistemas en función de los índices de biodiversidad florística.

Figura 7. *Clúster de centro para las agrupaciones de los agroecosistemas de acuerdo a los índices de biodiversidad florística*



Nota. Elaboración propia.

Discusión

El análisis de la diversidad forestal arbórea y arbustiva en las fincas del municipio de Belén evidencia una marcada heterogeneidad en la composición y estructura florística. Este patrón no constituye un fenómeno aislado, sino que se inscribe dentro de dinámicas ampliamente documentadas en paisajes rurales de montaña en América Latina, particularmente en los Andes de Colombia, Ecuador y Perú, así como en territorios montañosos de Bolivia y México. En estos contextos, la transformación agropecuaria no implica necesariamente la eliminación total de la biodiversidad, sino su reorganización espacial en configuraciones tipo mosaico, donde fragmentos de vegetación natural coexisten con matrices productivas (Young, 2009).

Estudios desarrollados en la región andina colombiana han demostrado que los procesos de cambio de uso del suelo en ecosistemas montanos generan patrones de fragmentación y redistribución de coberturas forestales, manteniendo remanentes estructuralmente diversos dentro de paisajes intervenidos (Armenteras et al., 2011). Asimismo, análisis sobre efectividad de áreas protegidas y dinámica de cobertura en los Andes evidencian que la presión antrópica reconfigura la estructura del paisaje sin eliminar completamente su complejidad ecológica, dando lugar a sistemas heterogéneos con distintos grados de conectividad y resiliencia (Rodríguez et al., 2012).

El registro de 36 especies y 344 individuos evidencia que, a pesar de la presión antrópica presente en el paisaje, los agroecosistemas estudiados conservan una diversidad florística apreciable a escala local. Estos resultados son consistentes con lo reportado en agroecosistemas de café y cacao en México y Centroamérica, donde la incorporación de árboles y arbustos nativos en sistemas productivos incrementa la riqueza y heterogeneidad de la vegetación asociada (Rendón-Sandoval et al., 2024; Villamizar-Gómez et al., 2022). En este sentido, la presencia de componentes arbóreos y arbustivos en los sistemas productivos del municipio de Belén sugiere un potencial estructural para el mantenimiento de la diversidad vegetal dentro de paisajes agrícolas transformados, sin que ello implique necesariamente una evaluación directa de procesos ecológicos o de servicios ecosistémicos.

La heterogeneidad detectada entre fincas refleja la influencia de variables contextuales como el tamaño de los predios, la historia de uso del suelo, las prácticas de manejo productivo y la conectividad con corredores biológicos o relictos de vegetación secundaria (Álvarez-Montalván et al., 2021; Morales et al., 2020). Así, predios como El Guirre y La Meceta, que exhibieron mayores valores de riqueza y equidad, pueden asociarse a prácticas agroforestales o a la conservación de remanentes de vegetación nativa, mientras que fincas como Buenos Aires y El Pino, con índices bajos de diversidad y alta dominancia, evidencian procesos de homogenización florística. Este patrón se ha documentado en paisajes agrícolas intensivos de Norte de Santander y el Caribe colombiano, donde la pérdida de especies arbóreas y arbustivas limita los servicios ecosistémicos disponibles y aumenta la vulnerabilidad ecológica (Jiménez González et al., 2023; Villamizar-Gómez et al., 2022).

Desde una perspectiva ecológica, estos resultados ponen en evidencia que los agroecosistemas del municipio de Belén funcionan como un mosaico heterogéneo, donde coexisten fincas con alta complejidad florística junto a sistemas con procesos avanzados de simplificación estructural. Este patrón ha sido documentado en otros paisajes agrícolas andinos, donde la biodiversidad arbórea depende fuertemente de la historia de uso del suelo, la intensidad del manejo productivo y la conservación de fragmentos de vegetación secundaria.

Las fincas con mayores valores de riqueza y diversidad pueden interpretarse como núcleos locales de conservación *in situ*, al contribuir de manera significativa a la provisión de servicios ecosistémicos como la protección del suelo, la regulación hídrica, la provisión de hábitat para fauna asociada y la regulación microclimática. En contraste, los agroecosistemas con baja riqueza y alta dominancia

reflejan procesos de homogenización florística que limitan la resiliencia ecológica y reducen la capacidad del sistema para responder a perturbaciones ambientales.

El análisis conjunto de los índices de riqueza (S y Margalef), equidad (Shannon-Wiener) y dominancia (Simpson) confirma que la biodiversidad no debe interpretarse únicamente en términos del número de especies, sino como un atributo estructural que integra la distribución de los individuos y la complejidad funcional de las comunidades vegetales. Así, agroecosistemas con valores similares de abundancia pueden diferir sustancialmente en su estabilidad ecológica dependiendo de cómo se distribuyen los individuos entre especies.

Los resultados del análisis de clúster jerárquico permitieron agrupar las fincas en tres conglomerados diferenciados, lo que resalta la necesidad de adoptar estrategias de manejo diferenciadas. En el plano factorial, las fincas Hoya, Ojo de Agua, Peña Colorada, El Guirre, La Meceta y El Morito se ubicaron en el cuadrante asociado a valores altos de diversidad y equidad, lo que evidencia comunidades florísticas estructuralmente más complejas y con mayor estabilidad ecológica. Por el contrario, las fincas Buenos Aires, El Pino, El Cardón y Puerto Nuevo se agruparon en la zona correspondiente a bajos valores de riqueza y altos niveles de dominancia, indicando comunidades florísticas empobrecidas y con mayor grado de homogenización (Mata-Balderas et al., 2020; Penagos et al., 2022). Las fincas El Chital y La Primavera ocuparon posiciones intermedias en el espacio factorial, mostrando valores moderados de diversidad y abundancia, lo que sugiere condiciones de transición entre sistemas con alta diversidad y sistemas con fuerte simplificación florística (Arechiga et al., 2022).

Al analizar los índices ecológicos se refuerza su papel como herramientas de diagnóstico. El índice de Margalef, que es sensible a la riqueza, evidenció algunas diferencias significativas entre fincas, lo que confirma la importancia de la diversidad como componente fundamental de la estabilidad ecológica (Guerrero et al., 2020; Lebrón y Guerrero, 2023). El valor global del índice de Shannon-Wiener (2,89) refleja una distribución relativamente equilibrada de individuos, lo que es consistente con paisajes agrícolas donde la biodiversidad no ha sido totalmente desplazada (Mulya et al., 2021). No obstante, los valores bajos en predios específicos advierten posibles riesgos de vulnerabilidad ante plagas, enfermedades y pérdida de resiliencia (Requena et al., 2020). Por su parte, la dominancia de Simpson (0,091) indica ausencia de monopolización de especies a nivel municipal, aunque se detectaron predios con fuertes dominancias locales, lo cual resalta la necesidad de

considerar la biodiversidad desde escalas múltiples: finca, paisaje y territorio (Mena-Mosquera et al., 2020; Lebrón y Guerrero, 2023).

Aunque a escala municipal los valores globales de diversidad sugieren una distribución relativamente equilibrada de individuos entre especies, el análisis detallado por finca reveló la presencia de predios con fuertes dominancias locales, caracterizados por la concentración de individuos en un número reducido de especies. Este patrón evidencia que la biodiversidad no se distribuye de manera homogénea en el territorio, sino que responde a procesos ecológicos y productivos que operan a distintas escalas espaciales. En este sentido, la interpretación de la biodiversidad únicamente desde promedios generales puede ocultar situaciones críticas de simplificación ecológica a nivel predial.

La necesidad de abordar la biodiversidad desde escalas múltiples –finca, paisaje y territorio– resulta fundamental para comprender la dinámica real de los agroecosistemas. A escala de finca, la dominancia de pocas especies refleja directamente las prácticas de manejo productivo, la intensidad del uso del suelo y las decisiones del productor en cuanto a la conservación o eliminación de la vegetación arbórea y arbustiva. A escala de paisaje, la configuración espacial de los predios, la conectividad entre fragmentos de vegetación secundaria y la presencia de corredores biológicos determinan la capacidad de las comunidades vegetales para mantenerse funcionales y sostener flujos ecológicos como la dispersión de semillas y el movimiento de fauna asociada. Finalmente, a escala territorial, los patrones de biodiversidad están condicionados por procesos históricos de transformación del uso del suelo, políticas de ordenamiento territorial y modelos productivos predominantes.

Desde un enfoque funcional del paisaje, resulta fundamental analizar la relación entre la biodiversidad arbórea–arbustiva y la provisión de servicios ecosistémicos en sistemas agrícolas. La incorporación de componentes leñosos en matrices productivas no solo garantiza bienes directos como leña, frutos y forraje, sino que también sostiene procesos ecológicos esenciales para la estabilidad del agroecosistema, entre ellos la regulación microclimática, la fijación y el ciclado biogeoquímico de nutrientes, la reducción de la erosión y la conservación hídrica (García-Fragoso et al., 2021; Penagos et al., 2022).

En términos ecológicos, la presencia de árboles incrementa la complejidad estructural y funcional del sistema productivo, favoreciendo la captura de carbono, la regulación de flujos de energía y materia, y la generación de sinergias entre producción y conservación (Shibu, 2009; Power, 2010).

Asimismo, en contextos tropicales y de montaña, la diversificación arbórea contribuye a fortalecer la resiliencia del agroecosistema frente a perturbaciones climáticas y presiones antrópicas, articulando objetivos de seguridad alimentaria y conservación de biodiversidad (Tscharnkte et al., 2012).

Bajo este marco conceptual, las diferencias en riqueza y composición florística observadas entre las fincas del municipio de Belén no constituyen únicamente variaciones estructurales del componente vegetal, sino que reflejan contrastes en la capacidad de provisión de servicios ecosistémicos. Esta variabilidad funcional incide directamente en la sostenibilidad agropecuaria local, dado que los sistemas rurales dependen de procesos ecológicos reguladores para mantener productividad, estabilidad y seguridad alimentaria en el mediano y largo plazo.

Finalmente, la variabilidad observada, expresada en diferencias microclimáticas, edáficas, estructurales y de manejo, debe asumirse como un recurso estratégico para la toma de decisiones territoriales, no como un factor perturbador del análisis. En términos de extensión rural, reconocer la heterogeneidad permite diseñar recomendaciones diferenciadas por tipologías productivas, optimizando la pertinencia técnica y reduciendo la probabilidad de transferencias tecnológicas ineficientes. Este enfoque coincide con planteamientos que subrayan que la adaptación efectiva en sistemas agrícolas depende de la comprensión situada del contexto biofísico y socioeconómico (Altieri y Nicholls, 2017; FAO, 2018). Desde una perspectiva de planificación participativa, la variabilidad constituye un insumo clave para procesos de co-innovación, donde productores y técnicos articulan conocimiento local y evidencia científica para fortalecer resiliencia y sostenibilidad (Pretty, 1995; Tiftonell, 2014).

En este escenario, los resultados del estudio respaldan la promoción de sistemas agroforestales diversificados como estrategia de manejo adaptativo. La literatura científica ha demostrado que la diversificación estructural incrementa la estabilidad productiva al mejorar la regulación microclimática, la infiltración hídrica y la ciclicidad de nutrientes, reduciendo simultáneamente la vulnerabilidad ante extremos climáticos (Jose, 2009; Mbow et al., 2014). Además, los sistemas agroforestales favorecen servicios ecosistémicos críticos como el control biológico y la polinización, generando beneficios productivos y ambientales de manera integrada (Isbell et al., 2017). Desde el enfoque de intensificación ecológica, la diversificación no solo incrementa la eficiencia del uso de recursos, sino que fortalece la resiliencia del agroecosistema frente a perturbaciones recurrentes (Bommarco et al., 2013).

La incorporación de especies multipropósito representa una estrategia funcional dentro de esta lógica de diversificación. Árboles y arbustos con usos complementarios, maderables, forrajeros, melíferos o mejoradores del suelo, permiten distribuir riesgos productivos y diversificar flujos de ingreso, lo cual es especialmente relevante en sistemas de pequeña escala (Garrity, 2004). Estudios recientes evidencian que la integración de especies con rasgos funcionales contrastantes incrementa la eficiencia ecológica del sistema, favoreciendo la captura de carbono, la fertilidad del suelo y la estabilidad del rendimiento (Díaz et al., 2016). En consecuencia, la variabilidad detectada en el presente estudio puede orientar la selección específica de especies adaptadas a gradientes altitudinales, térmicos o edáficos, maximizando la coherencia entre potencial ecológico y diseño productivo.

De igual manera, la creación de corredores biológicos y elementos de conectividad ecológica constituye una medida estratégica a escala de paisaje. La conectividad funcional entre fragmentos de vegetación facilita el flujo génico, el desplazamiento de polinizadores y enemigos naturales, y la conservación de biodiversidad asociada a agroecosistemas (Hilty et al., 2020). En paisajes agrícolas andinos, la restauración de franjas ribereñas y cercas vivas ha mostrado impactos positivos en la estabilidad ecológica y en la provisión de servicios ecosistémicos (Perfecto y Vandermeer, 2010). Así, la planificación territorial basada en evidencia empírica permite integrar producción y conservación bajo esquemas de manejo sostenible, coherentes con metas globales de biodiversidad y adaptación climática (Brondizio et al., 2019).

Conclusiones

El inventario florístico y el análisis de los índices de biodiversidad evidenciaron que los agroecosistemas del municipio de Belén (Boyacá) albergan una diversidad arbórea y arbustiva moderada, conformada por especies nativas y exóticas con funciones ecológicas y productivas complementarias. Sin embargo, esta diversidad no se distribuye de manera homogénea entre los predios, ya que se observaron marcadas diferencias en la riqueza específica, la equidad y la dominancia entre fincas. Este patrón refleja la influencia de las prácticas de manejo productivo y de la historia de uso del suelo sobre la estructura florística, dando lugar a agroecosistemas con comunidades vegetales complejas y otros con procesos avanzados de simplificación ecológica.

El análisis de componentes principales permitió identificar gradientes claros de diversidad y dominancia que explican la organización estructural de las comunidades vegetales, diferenciando fincas con alta riqueza y equidad frente a aquellas caracterizadas por una fuerte concentración de individuos en pocas especies. De manera complementaria, el análisis de conglomerados jerárquicos clasificó los agroecosistemas en grupos con características florísticas similares, lo que confirma la utilidad de las técnicas multivariadas para la tipificación ecológica de sistemas productivos rurales. Estos resultados demuestran que la combinación de índices ecológicos y análisis multivariado constituye un marco robusto para interpretar patrones de complejidad florística en paisajes agrícolas.

Asimismo, los resultados subrayan que la biodiversidad no debe considerarse un componente accesorio, sino estructural de la sostenibilidad agropecuaria. La conservación de ésta fortalece la resiliencia de los sistemas productivos, aporta a la seguridad alimentaria y contribuye al cumplimiento de metas de adaptación al cambio climático. En consecuencia, es indispensable que los planes de ordenamiento territorial (POT) y las políticas agropecuarias en municipios de vocación agrícola, como Belén, integren explícitamente la biodiversidad como criterio central de planificación.

Por último, este estudio ofrece diversos insumos para la toma de decisiones en investigación, extensión rural y política pública. En el ámbito investigativo, es necesario profundizar en el análisis funcional de las especies registradas (roles en ciclos de nutrientes, captura de carbono, conectividad ecológica). En la extensión rural, se plantea la necesidad de acompañar a los productores en la adopción de prácticas como sistemas agroforestales diversificados, corredores biológicos, cercas vivas y bancos de forraje nativo. Y en el plano de la política pública, los hallazgos respaldan la implementación de diferentes programas de incentivos a la conservación y de restauración productiva, orientados a consolidar paisajes agrícolas más resilientes y sostenibles en los Andes colombianos.

Agradecimientos

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.

Potencial conflicto de intereses

Los autores de este artículo declaran la inexistencia de conflicto de intereses en la realización de esta investigación.

Fuentes de financiación

La investigación fue financiada a través del Sistema General de Regalías, gobernación de Boyacá y la Universidad de Pamplona en marco del proyecto “Implementación de modelos agrícolas asociativos con cultivos tradicionales para el manejo económico y ambiental en el departamento de Boyacá” con código BPIN2018000100058.

Referencias

- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2017). The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change*, 140(1), 33–45. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0909-y>
- Álvarez-Montalván, C. E., Manrique-León, S., Vela-DaFonseca, M., Cardozo-Soarez, J., Callo-Ccorcca, J., Bravo-Cámara, P., Castañeda-Tinco, I., y Álvarez-Orellana, J. (2021). Composición florística, estructura y diversidad arbórea de un bosque amazónico en Perú. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 73-82. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.009>
- Arechiga, J., Esquivel, T., Camacho, A., Delgado-Rodríguez, M. R., Vargas-González, P., y Quijas, S. (2022). Diversidad florística y estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 25, e2196. <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2196>

- Armenteras, D., Rodríguez, N., Retana, J., y Morales, M. (2011). Understanding deforestation in montane and lowland forests of the Colombian Andes. *Regional Environmental Change*, 11(3), 693-705. <https://doi.org/10.1007/s10113-010-0200-y>
- Ati-Cuitiupala, G. M., Muñoz-Jácome, E. A., Londo-León, J. G., Vistin-Guamantaqui, D. A., y Curichumbi-Yuquilema, C. A. (2021). Análisis de la composición florística y diversidad del ecosistema herbazal y arbustal siempreverde subnival del páramo como base para estudios de fisiología y comportamiento ante el cambio climático. *Polo del Conocimiento*, 6(12), 450–467. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3377>
- Bommarco, R., Kleijn, D., y Potts, S. G. (2013). Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology y Evolution*, 28(4), 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012>
- Díaz, S., Kattge, J., Cornelissen, J. H., Wright, I. J., Lavorel, S., Dray, S., Reu, B., Kleyer, M., Wirth, C., Prentice, I. C., Garnier, E., Bönsch, G., Westoby, M., Poorter, H., Reich, P. B., Moles, A. T., Dickie, J., Gillison, A. N., Zanne, A. E., ...y Gorné, L. D. (2016). The global spectrum of plant form and function. *Nature*, 529(7585), 167-171. <https://doi.org/10.1038/nature16489>
- Federación Colombiana de Productores de Papa. (2022). *Boletín regional departamento de Boyacá* (Vol. 6). <https://fedepapa.com/home/wp-content/uploads/2024/10/Documento-regional-Boyaca-2022.pdf>
- Flórez Delgado, D. F., Capacho Mogollón, A. E., y Castellanos González, L. (2023). Índices de biodiversidad florística en 15 fincas en el municipio de La Playa de Belén, Norte de Santander. *INGE CUC*, 19(1), 103–116. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.19.1.2023.09>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2018). *The state of the world's forests 2018*. FAO. <https://www.fao.org>
- García-Carvajal, Y. G., Flórez Delgado, D. F., y Fernández García, D. K. (2024). *Tree Biodiversity in Boyacá, A Comprehensive Assessment of Species Richness, Evenness, and Ecosystem Services*. *Fuel Cells Bulletin*, 2024(7), 732-742. <https://fuelcellsbulletin.org/index.php/journal/article/view/100/72>
- García-Fragoso, A. L., Guerrero-Rodríguez, J. D., Ortiz-Torres, E., Vaquera-Huerta, H., Rosas-Rosas, O. C., y Quero-Carrillo, A. R. (2021). Comportamiento de la diversidad arbórea-arbustiva en

- zonas de pastoreo en un área natural protegida del trópico seco poblano. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), e2879. <https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2879>
- Garrity, D. P. (2004). Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems*, 61, 5-17. <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000028986.37502.7c>
- Guerrero Rubio, J. P., Tasambay Salazar, A. M., Cofre Santos, F., Jácome Segovia, C. S., Valverde Lara, C. R., y Jiménez Rojas, Y. (2020). Evaluación y restauración ecológica “Lisan Wasi” comunidad San Pedro, parroquia Tarqui, cantón Pastaza. *Ciencia y Tecnología*, 13(1), 17–25. <https://doi.org/10.18779/cyt.v13i1.344>
- Herrera, A. M., Riera, R., y Rodríguez de la Vega, R. A. (2023). *Alpha species diversity measured by Shannon’s H-index: Some misunderstandings and underexplored traits, and its key role in exploring the trophodynamic stability of dynamic multiscapes*. *Ecological Indicators*, 156, 111118. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111118>
- Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., Carr, M., Pulsford, I., Pittock, J., White, J. W., Theobald, D. M., Levine, J., Reuling, M., Watson, J. E. M., Ament, R., y Tabor, G. M. (2020). *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors* (C. Groves, Ed.; Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 30). IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en>
- Brondizio, E., Diaz, S., Settele, J., y Ngo, H. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- Isbell, F., Gonzalez, A., Loreau, M., Cowles, J., Díaz, S., Hector, A., Mace, G. M., Wardle, D. A., O’Connor, M. I., Duffy, J. E., Turnbull, L. A., Thompson, P. L., y Larigaderie, A. (2017). Linking the influence and dependence of people on biodiversity across scales. *Nature*, 546, 65-72. <https://doi.org/10.1038/nature22899>
- Jiménez González, A., Carvajal Nunura, R. J., Ponce Muñoz, J. A., Cabrera Verdesoto, C. A., y Pinargote Choez, J. D. (2023). Inventario florístico en dos sistemas agroforestales del recinto San Francisco de la parroquia El Anegado. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 11(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9539606>

- Shibu, J. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: *An overview. Agroforestry Systems*, 76(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Jurado Mejía, A. G., y Hernández Londoño, C. E. (2023). Educación ambiental y producción agropecuaria sostenible: una estrategia para la seguridad alimentaria. *Ánfora*, 30(55), 105-141. <https://www.redalyc.org/journal/3578/357875874007/html/>
- Kitikidou, K., Milios, E., Stampoulidis, A., Pipinis, E., y Radoglou, K. (2024). Using biodiversity indices effectively: Considerations for forest management. *Ecologies*, 5(1), 42–51. <https://doi.org/10.3390/ecologies5010003>
- Lebrón-Liriano, B. V., y Guerrero Arias, Á. (2023). Diversidad y composición florística del bosque seco y semideciduo de la Reserva Forestal Guanito, provincia San Juan, República Dominicana. *Acta Botánica Mexicana*, (130), e2093. <https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2093>
- Maigua-Taípe, L. M., Andrango-Ocapana, M. C., Iglesias-Sinailín, O. L., Rosado-Suárez, F. E., Loja-Sanmartín, B. N., y Morales-Chiriboga, S. J. (2025). Impacto del cambio climático en la biodiversidad de ecosistemas terrestres. *South Florida Journal of Development*, 6(4), e5143. <https://doi.org/10.46932/sfjdv6n4-022>
- Manzanilla Quijada, G. E., Mata Balderas, J. M., Treviño Garza, E. J., Aguirre Calderón, Ó. A., Alanís Rodríguez, E., y Yerena Yamallel, J. I. (2020). Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(61). <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/703>
- Mata-Balderas, J. M., Hernández-Cárdenas, S. E., Alanís-Rodríguez, E., y Mora-Oliva, A. (2020). Riqueza, composición y abundancia de especies en una comunidad vegetal ribereña en el río Santa Catarina, Monterrey, Nuevo León. *CienciaUAT*, 14(2), 6-20. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1248>
- Mbow, C., Smith, P., Skole, D., Duguma, L., y Bustamante, M. (2014). Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.002>
- Mena-Mosquera, V. E., Andrade, H. J., y Torres-Torres, J. J. (2020). Composición florística, estructura y diversidad del bosque pluvial tropical de la subcuenca del río Munguidó, Quibdó, Chocó,

- Colombia. *Entramado*, 16(1), 204-215.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265464211015>
- Morales, P. A., Cardona, D., Álvarez, C. M., y Corredor, D. R. (2020). Estructura ecológica principal para el ordenamiento territorial. En L. A. Moreno y G. I. Andrade (Eds.), *Biodiversidad 2019. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
<https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2019/cap4/404/#seccion9>
- Mulya, H., Santosa, Y., y Hilwan, I. (2021). Comparison of four species diversity indices in mangrove community. *Biodiversitas*, 22(9), 3645–3655. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220906>
- Narváez-Herrera, J. P., Angulo-Arizala, J., Barragán-Hernández, W., y Mahecha-Ledesma, L. (2023). Arbustos y árboles de las estribaciones amazónicas colombianas: potencial nutricional y ambiental en sistemas ganaderos. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), e52442.
<https://doi.org/10.15517/am.2023.52442>
- Penagos, Á. M., Parra, M. A., y Granados, S. (2022). La biodiversidad y el desarrollo agropecuario en Colombia: propuesta para avanzar hacia una transformación desde la perspectiva del desarrollo sostenible. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, 2(3), 51-67.
<https://doi.org/10.53010/nys2.03>
- Perfecto, I., y Vandermeer, J. (2010). The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(13), 5786–5791. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905455107>
- Power, A. G. (2010). Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2959-2971.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0143>
- Pretty, J. (1995). Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development*, 23(8), 1247-1263. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00046-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F)
- Ramírez-Suárez, W. M., López-Chouza, J. C., Flores-Acosta, M. A., Sánchez-Cárdenas, S., y Rodríguez-Morejón, P. L. (2024). La biodiversidad y los servicios ecosistémicos en sistemas agroecológicos: Una revisión. *Pastos y Forrajes*, 47.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9987741>

- Rendón-Sandoval, F. J., Moreno-Calles, A. I., Vallejo, M., Mora, F., Sinco-Ramos, P. G., Campos-Salas, N., Andablo-Reyes, A. C., Rangel-Landa, S., Torres-García, I., y Casas, A. (2024). Agrosilviculturas tradicionales que mantienen la diversidad vegetal nativa del Valle de Tehuacán-Cuicatlán: un panorama regional. *Botanical Sciences*, 102(3), 898–922. <https://doi.org/10.17129/botsoci.3479>
- Requena Lara, G. N., Morales Pacheco, J. F., Cámara Artigas, R., y Zamora Tovar, C. (2020). Levels of conservation and habitat degradation in the ecosystems of a high biodiversity basin in northeastern México. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (84), 1-36. <https://doi.org/10.21138/bage.2768>
- Rodríguez, N., Armenteras, D., y Retana, J. (2012). Effectiveness of protected areas in the Colombian Andes: Deforestation, fire and land-use changes. *Regional Environmental Change*, 13(2), 423-435. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0356-8>
- Roy, M. K., Fort, M. P., Kanter, R., y Montagnini, F. (2025). *Agroforestry: a key land use system for sustainable food production and public health. Trees, Forests and People*, 9, e100848. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2025.100848>
- Sharashy, O. (2022). Plant biodiversity on coastal rocky ridges habitats with reference to census data in Ras El-Hekma and Omayed Area, Egypt. *Sebha University Journal of Pure y Applied Sciences*, 21(1), 41-45. <https://doi.org/10.51984/JOPAS.V21i1.1578>
- Tittonell, P. (2014). Ecological intensification of agriculture—Sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.08.006>
- Trujillo, W., y Henao, M. (2018). Riqueza florística y recambio de especies en la vertiente orinoquense de los Andes, Colombia. *Colombia Forestal*, 21(1), 18–33. <https://doi.org/10.14483/2256201X.11848>
- Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vandermeer, J., y Whitbread, A. (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*, 151(1), 53-59. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.01.068>
- Villamizar-Gómez, N., Castellanos-Gonzales, L., y Montañez-Acevedo, G. (2022). Diversidad arbórea en fincas de pequeños agricultores en cuatro municipios de Norte de Santander, Colombia.

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, 8(16), 1955-1968.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10153231>

Woll, J. C., Reynel, C., Palacios Ramos, S., Hermoza, R. M., y Chavez, J. M. (2023). Diversidad y composición florística en un bosque con abundancia de nogal (*Juglans neotropica* Diels) en Chanchamayo, Perú. *Ecología Aplicada*, 22(1), 67-77. <https://doi.org/10.21704/rea.v22i1.2027>

Young, K. R. (2009). Andean land use and biodiversity: Humanized landscapes in a time of change. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 96(3), 492–507. <https://doi.org/10.3417/2008035>

1 Magister en Ciencias Agrarias. Docente Tiempo Completo Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia. yamit.garcia@unipamplona.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6171-837X> Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=Pu5iXTsAAAAJ&hl=es>

2 Magister en Extensión y Desarrollo Rural. Docente Tiempo Completo Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia. deisy.fernandez@unipamplona.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7564-2452> Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=3czmJjkAAAAJ&hl=es>

3 Doctor en Proyectos. Docente Tiempo Completo Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia. dixon.florez@unipamplona.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3915-8396> Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=woqGRTsAAAAJ&hl=es>

4 Doctora en Zootecnia. Docente Tiempo Completo Ocasional Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia. diana.cediel@unipamplona.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4461-9799> Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=JQ1JDFsAAAAJ&hl=en>

5 Magister en Salud y Producción Animal. Docente Tiempo Completo Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia. dubel.cely@unipamplona.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9075-0125> Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=kmsqbA8AAAAJ&hl=es>

Para citar este artículo: García Carvajal, Y. G., Fernández García, D. K., Flórez Delgado, D. F., Cediel Devia, D. C., y Cely Leal, D. R. (2026). Análisis de la diversidad florística asociada a sistemas

agropecuarios en el municipio de Belén, Boyacá, Colombia. *Revista Luna Azul*, (63), 128-158.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2026.63.7>

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](#)



Código QR del artículo

