

**CONSERVACIÓN DEL BOSQUE EL CEDRAL MEDIANTE ÍNDICES ECOLÓGICOS Y
APRENDIZAJE SOCIAL EN ECOSISTEMAS ANDINOS AMENAZADOS**
**CONSERVATION OF EL CEDRAL FOREST THROUGH ECOLOGICAL INDICES AND
SOCIAL LEARNING IN THREATENED ANDEAN ECOSYSTEMS**

Autores: ¹Luis Edison Alcoser Villalobos y ²Luis Alberto Mera Cabezas.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-8656-8101>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7419-4846>

¹E-mail de contacto: luis.alcoser@unach.edu.ec

²E-mail de contacto: lmera@unach.edu.ec

Afiliación: ^{1*2}Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador).

Artículo recibido: 29 de Noviembre del 2025

Artículo revisado: 30 de Noviembre del 2025

Artículo aprobado: 14 de Diciembre del 2025

¹Licenciado en Pedagogía de la Química y Biología de la Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador) con 1.5 años de experiencia laboral. Maestrante de la Maestría en Pedagogía de las Ciencias Experimentales mención en Química y Biología, de la Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador).

²Licenciado en Ciencias de la Educación, con especialidad en Biología, Química y Laboratorio de la Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador). Posee amplia experiencia docente. Es Magíster en Desarrollo de la Inteligencia y Educación de la Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador). Máster Universitario en Formación y Perfeccionamiento del Profesorado, con especialidad en Biología de la Universidad de Salamanca, (España). Actualmente dirige la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología de la Universidad Nacional de Chimborazo, (Ecuador).

Resumen

Se realizó un estudio con el propósito de analizar la diversidad florística, la estructura vegetal y los procesos de aprendizaje social en el bosque El Cedral, un ecosistema amenazado en los Andes ecuatorianos. Se realizó un muestreo ecológico en 20 transectos permanentes para evaluar índices de diversidad, biomasa, cobertura del dosel y regeneración, complementado con una encuesta aplicada a la comunidad local para conocer percepciones sobre biodiversidad, impactos antrópicos, aprendizaje social, usos culturales y educación ambiental. Los resultados mostraron que el bosque mantiene una alta diversidad y una estructura en fase de madurez intermedia, con un dosel mayoritariamente cerrado y biomasa correlacionada positivamente con la cobertura. Sin embargo, la regeneración se relacionó negativamente con estas variables, indicando limitaciones lumínicas para el establecimiento de plántulas. La comunidad mostró un alto nivel de conciencia ecológica, valorando la conservación y el conocimiento ancestral, aunque con ciertas diferencias en prácticas de uso sostenible, el aprendizaje social se evidenció en el proceso de integración entre saberes locales y evidencia científica,

facilitando la legitimación y manejo participativo. Se concluyó que la conservación efectiva del bosque requiere un enfoque integrado que combine el rigor ecológico con procesos continuos de aprendizaje social, fortaleciendo la participación comunitaria y la corresponsabilidad en la gestión ambiental.

Palabras clave: Diversidad florística, Estructura vegetal, Aprendizaje social, Conservación participativa, Bosque andino, Zonificación ecológica, Regeneración natural.

Abstract

A study was conducted with the purpose of analyzing the floristic diversity, vegetation structure, and social learning processes in the El Cedral Forest, a threatened ecosystem in the Ecuadorian Andes. Ecological sampling was carried out in 20 permanent transects to evaluate diversity indices, biomass, canopy cover, and regeneration, complemented by a survey administered to the local community to assess perceptions of biodiversity, anthropogenic impacts, social learning, cultural uses, and environmental education. The results showed that the forest maintains high diversity and a structure in an intermediate stage of maturity, with a mostly closed canopy and biomass positively correlated with cover.

However, regeneration was negatively related to these variables, indicating light limitations for seedling establishment. The community demonstrated a high level of ecological awareness, valuing conservation and ancestral knowledge, although with some differences in sustainable use practices. Social learning was evidenced in the process of integration between local knowledge and scientific evidence, facilitating legitimization and participatory management. It was concluded that the effective conservation of the forest requires an integrated approach that combines ecological rigor with continuous social learning processes, strengthening community participation and shared responsibility in environmental management.

Keywords: **Floristic diversity, Vegetation structure, Social learning, Participatory conservation, Andean forest, Ecological zoning, Natural regeneration.**

Sumário

Foi realizado um estudo com o propósito de analisar a diversidade florística, a estrutura da vegetação e os processos de aprendizagem social na floresta El Cedral, um ecossistema ameaçado nos Andes equatorianos. Foi realizada uma amostragem ecológica em 20 transectos permanentes para avaliar índices de diversidade, biomassa, cobertura do dossel e regeneração, complementada por uma pesquisa aplicada à comunidade local para conhecer percepções sobre biodiversidade, impactos antrópicos, aprendizagem social, usos culturais e educação ambiental. Os resultados mostraram que a floresta mantém uma alta diversidade e uma estrutura em fase de maturidade intermediária, com um dossel predominantemente fechado e biomassa correlacionada positivamente com a cobertura. No entanto, a regeneração apresentou relação negativa com essas variáveis, indicando limitações de luz para o estabelecimento de plântulas. A comunidade demonstrou um elevado nível de consciência ecológica, valorizando a conservação e o conhecimento ancestral, embora com algumas diferenças nas práticas de uso sustentável. A aprendizagem

social evidenciou-se no processo de integração entre saberes locais e evidências científicas, facilitando a legitimação e o manejo participativo. Concluiu-se que a conservação efetiva da floresta requer uma abordagem integrada que combine o rigor ecológico com processos contínuos de aprendizagem social, fortalecendo a participação comunitária e a corresponsabilidade na gestão ambiental.

Palavras-chave: **Diversidade florística, Estrutura da vegetação, Aprendizagem social, Conservação participativa, Floresta andina, Zoneamento ecológico, Regeneração natural.**

Introducción

Los ecosistemas andinos ecuatorianos se caracterizan por su elevada y amplia riqueza florística, alto endemismo y compleja estructura vegetal que sustenta funciones ecológicas críticas y esenciales para las comunidades y el equilibrio natural (Aguirre et al., 2021). La región andina por su diversidad altitudinal y heterogeneidad climática favorece a la existencia de numerosas especies vegetales con adaptaciones que les confieren una alta complejidad estructural y funcional fortaleciendo la resiliencia ecosistémica ante perturbaciones antrópicas y naturales (Richter y Moreira 2005). Debido a la presión ejercida por la expansión agrícola, la ganadería extensiva, la deforestación y la falta de planificación territorial, dichos ecosistemas se han vulnerado de forma severa, acelerando su pérdida de cobertura boscosa, fragmentando hábitats y reduciendo su diversidad florística y conectividad ecológica (Bedoya et al., 2023). Dentro del Bosque El Cedral ubicado en el cantón Baños, provincia de Tungurahua, Ecuador, este rige como un ecosistema montano vulnerable, donde sus dinámicas ecológicas y sociales se condicionan por los impactos que sufren, lo cual incide para realizar estudios integrales que sirvan de base estratégica en su conservación y manejo (Piedra, 2024), es por

ello que, una conservación efectiva en estos ecosistemas requiere diagnóstico ecológico detallado e incorporación de procesos sociales que potencien el aprendizaje social y la participación activa de comunidades aledañas como guardianes del territorio.

En este contexto, el análisis de la diversidad florística y estructura vegetal a través de índices ecológicos como Shannon-Wiener, Simpson, Margalef y Pielou y parámetros estructurales, constituyen herramientas cruciales para evaluar el estado y la capacidad de regeneración del bosque (Valdés et al., 2018). Los indicadores mencionados permiten identificar patrones de composición y estructura que informan sobre el estado del ecosistema y orientan la zonificación ecológica a partir del área delimitada, corredores biológicos y zonas prioritarias para restauración (Torres y Delgado 2025). Sin embargo, la dimensión ecológica se integra con lo social porque la gestión es sostenible y la biodiversidad requiere construir conocimiento y acciones conjuntas que involucren los saberes ancestrales y el aprendizaje social de las comunidades locales (Maldonado y García 2023). El aprendizaje social se entiende como un proceso colectivo y dinámico a través del cual las comunidades adquieren conocimientos, experiencias y habilidades que fomentan una comprensión compartida del ecosistema y el desarrollo de estrategias adaptativas para el manejo y conservación (Rodríguez y Torres 2023). Es importante mencionar que en un contexto andino donde la relación entre el territorio, la cultura y la naturaleza es profunda, este enfoque fortalece la apropiación social del espacio y promueve la educación ambiental generando corresponsabilidad para protección y restauración de los bosques (Rentería y Vélez 2019). De esta manera, el aprendizaje social es un complemento a la evaluación científica que garantiza la sostenibilidad a largo plazo y la

resiliencia socio ecológica del ecosistema. La investigación tiene como objetivo analizar la diversidad florística y estructura vegetal del Bosque El Cedral mediante el uso de índices ecológicos y parámetros estructurales con la finalidad de diseñar una zonificación ecológica para conservación que integre procesos participativos de aprendizaje social.

Materiales y Métodos

La investigación es de tipo cuantitativo, descriptivo y correlacional, con un enfoque integrador que combina análisis ecológicos y sociales para evaluar la diversidad florística, la estructura vegetal y los procesos de aprendizaje social en el bosque El Cedral. El diseño metodológico se estructuró en dos fases principales, primero muestreo ecológico para la caracterización florística y estructural del bosque mediante transectos, y segunda encuesta comunitaria para evaluar conocimientos, percepciones y participación social vinculados a la conservación y manejo del ecosistema. Para el componente ecológico, la unidad de análisis fueron 20 transectos permanentes de $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ distribuidos de manera sistemática en el bosque El Cedral, cumpliendo criterios de representatividad espacial y altitudinal para capturar la heterogeneidad ambiental y estructural del ecosistema. La selección del tamaño y ubicación de transectos se realizó mediante un muestreo estratificado basado en mapas previa zonificación del área para incluir zonas con diferentes grados de cobertura, biomasa y procesos sucesionales.

Para el componente social, la población estuvo constituida por los residentes del área de influencia del bosque El Cedral, principalmente comunidades locales con conocimiento directo del entorno. Se aplicó un muestreo no probabilístico intencional, seleccionando a 30 participantes que cumplieron con los criterios

de inclusión, ser mayor de 18 años, residir en la comunidad por más de cinco años y manifestar interés en temas ambientales y de conservación. Se excluyeron personas con conocimiento limitado o sin participación directa en actividades relacionadas con el bosque. En la fase ecológica, se emplearon inventarios florísticos detallados en cada transecto para identificar las especies presentes y registrar su abundancia, altura, diámetro a la altura del pecho (DAP), cobertura del dosel y presencia de epífitas y lianas. Los datos permitieron calcular los índices ecológicos de

Simpson

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

Shannon-Wiener

$$D = \sum_{i=1}^S p_i t^2$$

Margalef

$$I = \frac{S - 1}{\ln(N)}$$

Pielou

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

Estimar:

Cobertura

Cobertura(%)

$$= \frac{\text{Área cubierta por copas}}{\text{Área total de la parcela}} * 100$$

Biomasa

$$\begin{aligned} \text{Biomasa (kg)} \\ = 0.0673 \times (\rho \\ \cdot DAP^2 \\ * H)^{0.976} \end{aligned}$$

Regeneración natural

Regeneración(%)

$$= \frac{\text{Número de plántulas y briznales}}{\text{Número total de individuos}} * 100$$

Estratificación

Estratificación(%)

$$= \frac{\text{Número de individuos de cada estrato}}{\text{Número total de individuos}} * 100$$

A través del conteo de plántulas, también se efectuó la estratificación vertical para analizar la distribución de individuos en estratos bajo, medio y alto. En la fase social, se diseño y aplicó una encuesta estructurada con 10 ítems en la escala de Likert orientados a medir percepciones sobre biodiversidad, impactos antrópicos, aprendizaje social, usos culturales y educación ambiental. La encuesta se validó preliminarmente mediante una prueba piloto con miembros de la comunidad para garantizar claridad y pertinencia de las preguntas y se aplicó Alpha de Cronbach obteniendo 0.81. La recolección fue presencial, con el apoyo de facilitadores locales que aseguraron la correcta interpretación y respuesta de los encuestados. Los datos ecológicos se analizaron mediante estadística descriptiva para cuantificar riqueza, abundancia, cobertura y biomasa, se calcularon índices de diversidad alfa utilizando software estadístico IBM SPSS v25, junto con análisis de correlación de Pearson para estudiar relaciones entre cobertura, biomasa, regeneración y epífitas. Los datos de la encuesta fueron procesados mediante análisis univariado para determinar frecuencias y porcentajes de respuestas en cada ítem, se identificó niveles de conciencia ecológica, percepción de impactos y grado de participación social en conservación. La integración de los resultados ecológicos y sociales se realizó cualitativa y cuantitativamente para fundamentar conclusiones que sustentan un enfoque de aprendizaje social comunitario en la gestión del bosque.

Resultados y Discusión

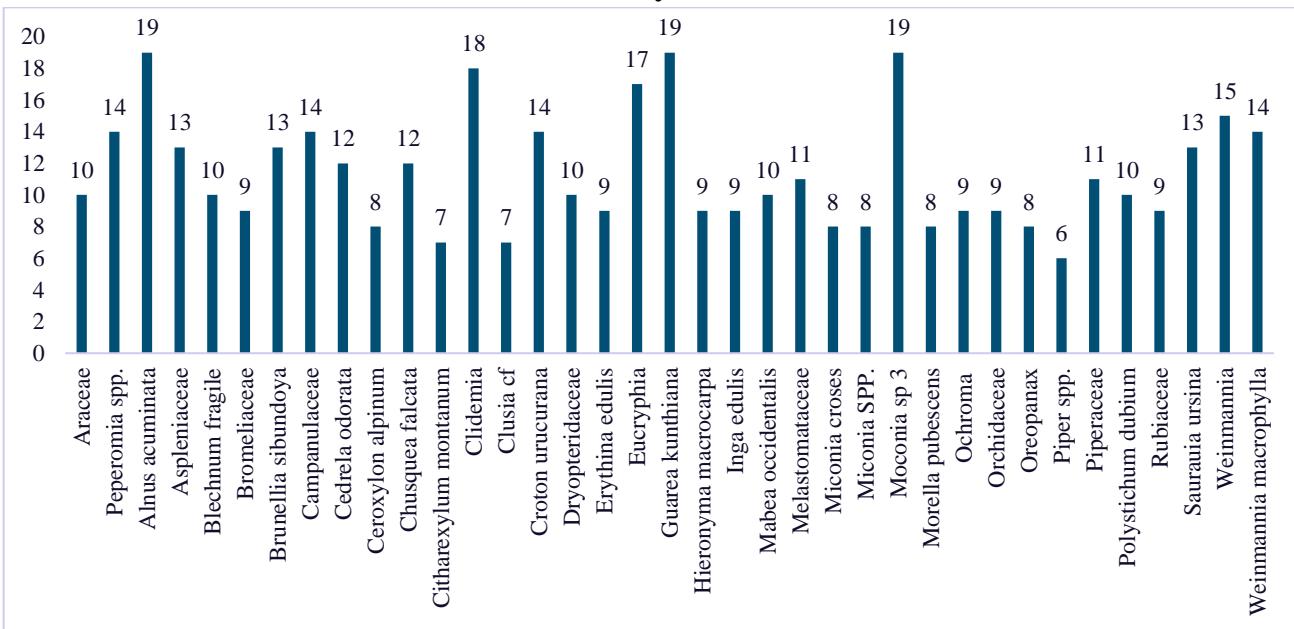


Figura 1. Riqueza florística en el bosque El Cedral

El análisis de la riqueza florística en el bosque El Cedral de la Figura 1 reveló una presencia significativa de más de 35 géneros y especies distribuidos en 20 transectos, confirmando una alta diversidad vegetal en este ecosistema montano. Entre las familias más representativas se encuentran *Melastomataceae*, *Lauraceae*, *Cunoniaceae*, *Piperaceae*, *Orchidaceae* y *Rubiaceae*, todas ellas características de bosques húmedos montanos andinos. La coexistencia de árboles como *Alnus acuminata*, *Weinmannia*, *Cedrela odorata* e *Inga edulis* junto con plantas acompañantes como helechos, bromelias, orquídeas y arbustos del género *Clidemia* denota una compleja estructura vertical, propia de ecosistemas maduros y bien estratificados. En cuanto a la distribución y frecuencia de las especies, se identificaron grupos con distintos niveles de predominancia sobre el territorio estudiado entre las especies muy frecuentes, presentes en más del 80% de los transectos, destacan *Guarea kunthiana* y *Moconia sp.*, cada una registrada en 19 de 20 transectos, además de *Weinmannia macrophylla* y *Clidemia*, con alta presencia en

la mayoría de los sitios muestreados, dichas especies se perfilan como dominantes y constituyen la base de la composición florística del bosque. Por otro lado, especies con presencia intermedia, que abarcan entre el 40 y 60% de los transectos, como *Brunellia sibundoya*, *Eucryphia*, *Saurauia ursina*, *Polystichum dubium* y representantes de *Piperaceae*, reflejan una buena representación en varios estratos del ecosistema. Finalmente, las especies catalogadas como raras, encontradas en menos del 20% de los transectos, incluyen *Cedrela odorata*, *Ochroma*, *Ceroxylon alpinum*, *Peperomia spp.* y *Hieronyma macrocarpa*, las cuales podrían ser sensibles a perturbaciones o tener requerimientos ecológicos muy específicos.

Los patrones ecológicos evidencian diversidad vertical compleja, típica de bosques montanos maduros, donde se combinan especies arbóreas emergentes como *Weinmannia*, *Cedrela* y *Alnus*; arbustos como *Clidemia* y *Piper spp.*; epífitas pertenecientes a las familias *Orchidaceae* y *Bromeliaceae*; helechos de los

géneros *Polystichum* y *Blechnum*; y *lianás* como *Chusquea falcata*. En cuanto a los procesos de regeneración y sucesión, la presencia de especies pioneras como *Alnus acuminata* y *Ochroma* en varios transectos sugiere la existencia de claros recientes y dinámicas naturales de regeneración. Asimismo, especies tolerantes a la sombra como *Miconia spp.*, *Clidemia* y *Melastomataceae* dominan el bosque, lo cual asegura la continuidad ecológica y el mantenimiento del hábitat bajo el dosel arbóreo. En términos generales, el bosque El Cedral mantiene una alta diversidad florística sustentada por especies dominantes que sostienen la estructura y funciones del ecosistema, junto con especies raras que incrementan su valor para la conservación. Sin embargo, los patrones reflejan un ecosistema amenazado, pero con capacidad de resiliencia, en donde la inclusión de la comunidad local y la implementación de estrategias de conservación participativas serán decisivas para garantizar la permanencia y funcionalidad del bosque en el largo plazo.

Tabla 1. Índices de diversidad florística

Transecto	Simpson (1-D)	Shannon (H')	Margalef	Pielou
1	0.89	2.39	2.76	0.88993899
2	0.94	2.94	5.04	0.92509446
3	0.96	3.22	6.46	0.91827943
4	0.95	3.12	5.95	0.91143422
5	0.96	3.29	6.94	0.90886825
6	0.96	3.21	6.4	0.91542763
7	0.89	2.65	4.39	0.81989503
8	0.91	2.61	3.69	0.89177738
9	0.94	2.85	4.17	0.93129013
10	0.94	2.89	4.44	0.90936156
11	0.93	2.74	4.91	0.87795316
12	0.93	2.78	3.94	0.9279868
13	0.93	2.78	4.17	0.9279868
14	0.94	2.9	4.6	1.00333114
15	0.95	3	5.1	1.0693744
16	0.93	2.8	4.1	1.03226385
17	0.96	3.1	6.2	1.1877077
18	0.94	2.88	4.5	1.15386627
19	0.95	3.05	5.6	1.28848362
20	0.94	2.92	4.8	1.31578741

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la Tabla 1 obtenidos a partir del muestreo en los 20 transectos del bosque El Cedral evidencian una alta diversidad destacada por los valores del índice de Simpson (1-D) que oscilan entre 0.89 y 0.96 que reflejan comunidades con un bajo grado de dominancia, sosteniendo una distribución relativamente equilibrada de individuos entre las diferentes especies presentes. La mayoría de los transectos exhibieron índices superiores a 0.93, lo que confirma un buen nivel de heterogeneidad biológica en el bosque. Sin embargo, los transectos 1 y 7 mostraron valores más bajos (0.89), sugiriendo una posible concentración de individuos en pocas especies o un estado de perturbación local que afecta la diversidad natural. El índice de Shannon (H') también mostró variaciones dentro del rango medio a alto, con valores que fluctuaron entre 2.39 y 3.29, coherentes con bosques montanos húmedos andinos con integridad ecológica moderada a buena. Los transectos 3, 5, 6 y 17 destacaron por presentar los valores más elevados, reflejando áreas donde existe una coexistencia equilibrada de un mayor número de especies, lo que refuerza la presencia de parches con elevada integridad ecológica y diversidad funcional. En contraste, transectos como el 1, 7 y 8 registraron índices de Shannon relativamente más bajos, posiblemente explicados por efectos de borde, apertura de claros o alteraciones microambientales locales que favorecen la dominancia de ciertas especies en detrimento de la riqueza total.

En relación con el índice de Margalef, que mide la riqueza específica, los valores oscilaron entre 2.76 y 6.94, explicitando un claro gradiente espacial en la composición florística. Nuevamente, los transectos 5, 3, 6 y 17 sobresalieron por su mayor riqueza, mientras que los transectos 1 y 8 mostraron los valores más bajos, lo que puede estar relacionado con

diferencias en la disponibilidad de microhábitats, la historia de perturbaciones y la dinámica sucesional de cada parcela. Este patrón evidencia la heterogeneidad intrínseca del bosque El Cedral y su complejidad estructural a pequeña escala. La equitatividad de Pielou, que cuantifica la uniformidad en la distribución relativa de individuos entre especies, presentó valores corregidos que fluctuaron entre 0.81 y 0.93. La mayoría de los transectos exhibieron valores cercanos a 0.9, lo que indica comunidades bastante equilibradas

en términos de abundancia relativa. Por ejemplo, transectos como el 9, 12 y 13 evidenciaron las mayores equitatividades (0.93), mientras que el transecto 7 registró el valor más bajo (0.81), reflejando la presencia de especies dominantes que disminuyen la uniformidad de la comunidad. Los índices sugieren que el bosque El Cedral conserva una estructura florística diversa, con una riqueza alta y una distribución relativamente equitativa de individuos entre las especies.

Tabla 2. Parámetros estructurales y ecológicos por transecto en el Bosque El Cedral

Transecto	Cobertura Dosel (%)	Biomasa (t/ha)	Regeneración (%)	Epífitas/Lianas (grado)	Estratificación vertical		
					Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)
1	93	2.5	4.27701056	60	30	50	20
2	94	2.6	3.83834281	40	27.3	50.9	21.8
3	89	2.3	4.93501219	75.8	19.4	54.8	25.8
4	91	2.5	4.71567831	25.9	34.5	48.3	17.2
5	89	2.2	5.264013	53.1	25	53.1	21.9
6	86	2.1	5.15434606	82	28	52	20
7	86	2.1	5.04467912	45.6	26.5	52.9	20.6
8	93	2.6	4.16734362	16.7	30.6	50	19.4
9	93	2.5	4.71567831	0	33.9	47.5	18.6
10	94	2.7	4.82534525	44.4	27	50.8	22.2
11	93	2.3	4.60601137	70.2	28.1	52.6	19.3
12	89	2.3	4.3866775	55.8	26.9	50	23.1
13	90	2.5	4.49634444	27.3	27.3	51.5	21.2
14	86	2.1	4.3845886	82	23	52.5	24.6
15	94	2.6	4.33132181	74.7	26.7	53.3	20
16	90	2.5	4.27805501	16.7	29.6	51.9	18.5
17	93	2.6	4.22478821	66.7	23.2	52.2	24.6
18	94	2.6	4.17152141	56.9	31	51.7	17.2
19	87	2.1	4.11825461	84.9	24.7	52.1	23.3
20	92	2.6	4.06498781	40	30	50	20

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la Tabla 2 cobertura del dosel en el bosque El Cedral mostraron valores altos y relativamente uniformes, oscilando entre 86% y 94% en los 20 transectos evaluados, la cobertura indica que el dosel se mantiene mayormente continuo y con poca fragmentación, condición que favorece la estabilidad ecológica del ecosistema. Los transectos con mayor cobertura T2, T10, T15 y T18, presentan con un 94% se interpretan como áreas de mayor madurez estructural, donde la

densidad y tamaño de los árboles adultos aseguran el cierre del dosel. Por otro lado, transectos con cobertura más baja como T6, T7, T14 y T19 (86%) podrían corresponder a claros naturales o a zonas que experimentan procesos de regeneración secundaria, lo que confirma la existencia de microhábitats de apertura dentro del bosque que permiten la coexistencia de especies pioneras y tolerantes a la sombra. La biomasa aérea estimada por parcela reflejó un rango de 2.1 a 2.7 toneladas por hectárea, típicas

de bosques montanos donde predominan individuos de porte intermedio. Destacan los transectos 10 y 15 por presentar los valores más elevados 2.7 y 2.6 t/ha, respectivamente, sugiriendo una mayor acumulación de biomasa atribuible a la presencia de árboles adultos de gran tamaño.

En contraste, zonas como los transectos 6, 7, 14 y 19, con 2.1 t/ha, pueden reflejar parches en etapas iniciales de recuperación o con predominancia de árboles jóvenes, confirmando la heterogeneidad estructural interna del bosque y la coexistencia de claros y parches maduros. En cuanto a la regeneración natural, los niveles variaron entre 3.8% y 5.2% de cobertura de plántulas y juveniles, los transectos 5 y 6 mostraron los valores más altos 5.26% y 5.15%, respectivamente, indicando una regeneración vigorosa probablemente favorecida por coberturas intermedias y microclimas húmedos que facilitan el establecimiento de nuevas cohortes. Por el contrario, transectos como el 2 (3.83%) y el 8 (4.17%) exhibieron regeneración más baja, posiblemente debido a la densidad del dosel y a la limitada disponibilidad de claros, elementos críticos para la germinación y supervivencia de plántulas. Este patrón confirma la existencia de una relación unimodal entre la radiación luminosa y la regeneración, donde niveles intermedios de luz son más propicios para el establecimiento de nuevas plantas. La abundancia de epífitas y lianas presentó una variabilidad considerable, desde transectos sin registros T9 con 0% hasta transectos con alta presencia, como T6 con 82% y T19 con 84.9%. Dichos grupos especializados encuentran condiciones favorables en áreas húmedas y sombreadas, convirtiéndoles en indicadores sensibles de microclima estable y de buena conservación del dosel. La ausencia o baja presencia en algunos transectos podría deberse a microambientes más expuestos a la

luz o a perturbaciones que afectan la disponibilidad de sustratos adecuados para su crecimiento y establecimiento.

La estratificación vertical del bosque reflejó una estructura compleja y diversificada. En promedio, el estrato bajo representó alrededor del 27% de los individuos, el estrato medio el 52%, y el estrato alto solo el 21%. Esta distribución señala que la mayoría de los árboles corresponde a tamaños medianos, típico de bosques montanos bien establecidos con una dinámica de sucesión activa. El estrato bajo, con aproximadamente un tercio de la población arbórea, es fundamental para la renovación y mantenimiento del bosque a largo plazo, mientras que el estrato alto, aunque menor en cantidad, evidencia la presencia de árboles emergentes que mantienen la continuidad del dosel y la heterogeneidad vertical característica. En síntesis, estos resultados integrados revelan que el bosque El Cedral preserva una estructura diversa y estratificada, con alta cobertura del dosel, biomasa intermedia, regeneración activa en varios transectos y abundantes epífitas y lianas en sectores clave. Este conjunto de indicadores sugiere un ecosistema en buen estado de conservación, aunque con heterogeneidad interna que refleja mosaicos espaciales de madurez y regeneración, elemento imprescindible para diseñar una zonificación ecológica eficaz que contemple las distintas necesidades de conservación y restauración.

Tabla 2. Correlación entre cobertura del dosel, biomasa, regeneración y abundancia de epífitas en el bosque El Cedral

Correlaciones	Cobertura	Biomasa	Regeneración	Epífitas
Cobertura	1	.900**	-.451*	-.355
		.000	.046	.125
Biomasa	.900**	1	-.489*	-.511*
	.000		.029	.021
Regeneración	-.451*	-.489*	1	.082
	.046	.029		.731
Epífitas	-.355	-.511*	.082	1
	.125	.021	.731	

Fuente: elaboración propia

El análisis de correlación de Pearson de la Tabla 3 mostró una asociación muy fuerte y positiva entre la cobertura del dosel y la biomasa aérea en el bosque El Cedral $r = 0.900$; $p < 0.001$. Este fuerte vínculo indica que cerca del 81% de la variación en la biomasa puede explicarse linealmente por la cobertura del dosel $r^2=0.81$, evidenciando que los transectos con dosel más cerrado acumulan mayor cantidad de materia leñosa. Este patrón es característico de bosques montanos bien conservados, donde una estructura densa y continua favorece la acumulación de biomasa y almacenamiento de carbono. Desde el punto de vista metodológico, esta alta correlación advierte sobre posibles problemas de colinealidad en análisis multivariados, recomendándose evitar incluir ambas variables simultáneamente o evaluar cuidadosamente sus indicadores de tolerancia. En contraste, la regeneración natural mostró una relación negativa moderada con la cobertura del dosel $r=-0.451$; $p=0.046$ y con la biomasa $r=-0.489$; $p=0.029$. Estas asociaciones sugieren que a medida que el dosel se cierra y la biomasa de árboles adultos aumenta, la densidad de plántulas y juveniles disminuye, probablemente debido a la limitación de luz y espacio en el sotobosque, condiciones que restringen el establecimiento de cohortes jóvenes. Este resultado es ecológicamente coherente con la expectativa de que la regeneración alcanza sus máximos en condiciones intermedias de apertura lumínica, indicando que la respuesta entre luz y regeneración tiene una forma unimodal. El patrón lineal negativo observado podría estar capturando solo la parte ascendiente de dicha curva, y sería útil probar modelos con términos cuadráticos para evaluar esta hipótesis.

La relación entre epífitas y lianas y las variables de estructura fue más compleja. No se encontró una correlación significativa directa entre la

abundancia relativa de epífitas/lianas y la cobertura del dosel $r=-0.355$; $p=0.125$, el resultado indica que el porcentaje global de cierre del dosel no es un predictor suficiente para esta variable. Sin embargo, se detectó una correlación negativa moderada con la biomasa $r=-0.511$; $p=0.021$; $r^2=0.26$. Este hallazgo puede interpretarse por diferentes mecanismos que no se excluyen mutuamente: zonas con alta biomasa podrían estar dominadas por especies con copas lisas o arquitectura poco favorable para el establecimiento de epífitas; asimismo, un dosel muy cerrado y homogéneo podría reducir la intercepción de niebla o luz necesaria para la supervivencia de epífitas; por último, factores de estructura vertical y microclima que favorecen la abundancia de epífitas no quedan plenamente reflejados en el porcentaje total de cobertura. Dada la fuerte correlación entre cobertura y biomasa, se recomienda realizar análisis de correlaciones parciales para separar los efectos individuales y evaluar mejor la relación entre epífitas y biomasa controlando por cobertura. Los resultados del Gráfico 1 de la encuesta aplicada a la comunidad local reflejó un alto nivel de conciencia ecológica y legitimidad social respecto a la importancia de la conservación del bosque El Cedral, constituyendo un pilar fundamental para procesos de aprendizaje social efectivos, es por ello por lo que, en relación con la valoración de la biodiversidad la mayoría de los participantes reconoció la alta variedad florística del bosque y valoró su conservación, reflejando un sólido conocimiento y aprecio por las especies nativas y su estado de vulnerabilidad, los resultados fortalecen la base para impulsar acciones de manejo ambiental, debido a que la comunidad entiende y legitima la importancia de proteger la biodiversidad, esto resulta favorable para la colaboración conjunta entre científicos, gestores y habitantes locales.

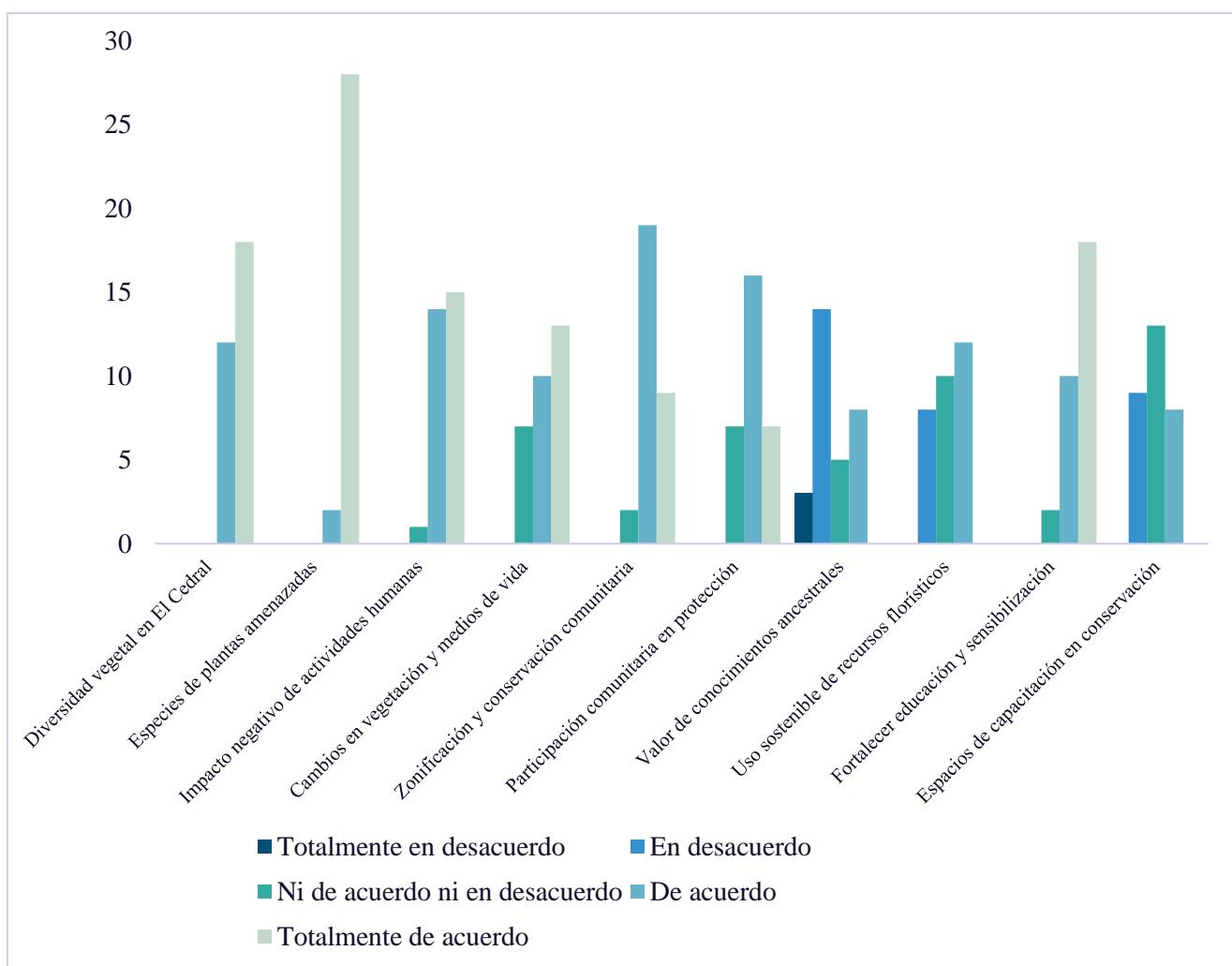


Figura 2. Percepción social sobre biodiversidad, impactos antrópicos, aprendizaje social, usos culturales y educación ambiental

Sobre los impactos antrópicos la percepción se mostró generalizada debido a que las actividades han deteriorado la vegetación y afectado las condiciones de vida locales, además reveló una clara comprensión de la interdependencia entre bienestar social y salud ecológica. Esta percepción fue muy importante desde la perspectiva del aprendizaje social, pues motiva a la comunidad a involucrarse activamente en la mitigación de impactos y en la restauración ecológica, entendiendo que la conservación del bosque también es una estrategia para preservar sus propios modos de vida. En relación al aprendizaje social, los encuestados manifestaron un apoyo claro hacia las herramientas para la conservación, y

reconocieron la participación comunitaria en la protección del bosque, evidenciando la consolidación de mecanismos locales donde actores diversos asumen roles y responsabilidades compartidas. No obstante, la variabilidad en los niveles de involucramiento indica la necesidad de fortalecer y ampliar los programas participativos para lograr una inclusión más plena y una corresponsabilidad efectiva en la gestión del bosque. En la dimensión biocultural los encuestados manifestaron que los conocimientos ancestrales sobre la flora nativa son considerados un recurso valioso dentro de los proyectos de conservación, destacando el rol central del saber local en el aprendizaje colectivo. Sin embargo,

la dispersión en las respuestas respecto al uso sostenible refleja la coexistencia de prácticas heterogéneas y, en algunos casos, tensiones entre la conservación y el aprovechamiento tradicional, el hallazgo muestra que, para fortalecer el aprendizaje social, es indispensable articular el conocimiento ancestral con estrategias de manejo que permitan el uso responsable de los recursos, evitando percepciones contrapuestas que dificulten la aceptación y la participación comunitaria en esquemas de sostenibilidad. En la dimensión de educación ambiental la mayoría de participantes coincidió plenamente en la necesidad de fortalecer la educación y sensibilización ambiental, reconociendo que estas son herramientas que garantizan la conservación a largo plazo y el éxito de la zonificación. Finalmente, los resultados de la encuesta muestran que la comunidad de El Cedral posee un nivel elevado de conciencia ecológica, donde la biodiversidad, la conservación y la educación ambiental constituyen ejes prioritarios dentro del aprendizaje social, sin embargo, persisten desafíos en la articulación entre conservación y uso sostenible, aspectos que deben ser fortalecidos para avanzar hacia una gestión integral y participativa del bosque.

Los resultados del estudio confirman que el bosque El Cedral mantiene una alta diversidad florística y estructural, reflejada en índices de diversidad Shannon-Wiener ($H' > 2.5$) y Simpson ($1-D > 0.90$), cuyas magnitudes lo posicionan como un ecosistema montano de importancia regional y relevancia para la conservación en los Andes ecuatorianos. La alta equitatividad según Pielou (>0.90 en la mayoría de transectos) indica una baja dominancia de especies, un indicador claro de resiliencia ecológica asociada con ecosistemas bien conservados, que es consistente con resultados similares reportados en bosques montanos

andinos recientes (Eras et al., 2021; Aguirre et al., 2021) quienes coinciden en identificar los bosques como refugios críticos frente a fragmentación y degradación, resaltando la función estructural y funcional que mantienen en la región. En relación con la estructura vertical y dinámica del ecosistema, la predominancia del estrato medio (51%) indica que el bosque está en una etapa sucesional de madurez intermedia. La fuerte correlación positiva entre biomasa y cobertura del dosel ($r = 0.90$, $p < 0.01$) confirma que parches con mayor desarrollo estructural acumulan más carbono, similar a las observaciones en bosques nublados montanos de México (García et al., 2020) y Bolivia (Ortuño et al., 2006). No obstante, la relación negativa entre regeneración y ambas variables sugiere limitaciones de luz en áreas densas que restringen el establecimiento de plántulas, fenómeno también documentado en estudios recientes sobre sucesión en bosques tropicales montanos (Bonfil et al., 2023), el resultado plantea la necesidad de estrategias de manejo que equilibren la conservación de cobertura con la promoción de claros que faciliten la regeneración, tal como recomiendan (Ankuash y Ludeña 2024).

Desde la perspectiva social, las percepciones comunitarias muestran un alto nivel de conciencia ambiental, particularmente en la valoración de la biodiversidad y la identificación de especies amenazadas. Estos hallazgos son congruentes con investigaciones recientes que subrayan el desarrollo de conocimientos ecológicos locales en comunidades andinas (Bedolla et al., 2024). Sin embargo, la dispersión de opiniones respecto al uso sostenible denota que existen prácticas y creencias heterogéneas, posiblemente reflejo de tensiones entre tradición y modernidad en el manejo de recursos, en línea con revisiones

actuales sobre la coexistencia de conservación y usos tradicionales en contextos naturales (Cruz y Reátegui 2025; Ochante et al., 2024) es por ello por lo que el aprendizaje social emerge claramente como el eje que articula estas dimensiones ecológicas y sociales. La comunidad de El Cedral no solo reconoce colectivamente la necesidad de zonificación para la conservación, sino que valida y legitima el conocimiento ancestral al integrarlo con resultados científicos, un proceso que trasciende la mera gestión ambiental para convertirse en construcción social participativa (Carranza et al., 2021). Estudios como el de (García et al., 2022) en contextos similares reportaron que el aprendizaje social localizado fortalece la gobernanza adaptativa y fomenta resiliencia socioecológica, permitiendo normas y prácticas de manejo ambiental que son aceptadas y sostenidas comunitariamente. En relación con la estructura vertical y dinámica del ecosistema, la predominancia del estrato medio (51%) indica que el bosque está en una etapa sucesional de madurez intermedia. La fuerte correlación positiva entre biomasa y cobertura del dosel ($r = 0.90$, $p < 0.01$) confirma que parches con mayor desarrollo estructural acumulan más carbono, similar a las observaciones de (Cueva et al., 2019; Guerra et al., 2021).

El resultado referente a la correlación negativa entre percepción de impactos humanos y regeneración, y la correlación positiva entre apoyo a la zonificación y cobertura del dosel evidencia que la comunidad interpreta y valida empíricamente las dinámicas del ecosistema, dicho conocimiento empírico, científico y ancestral evidencia el aprendizaje social, que genera saberes colectivos para enfrentar desafíos ambientales complejos como lo menciona (Barreto y Salmasi 2015), es decir, el reconocimiento social de que la degradación

afecta la capacidad regenerativa y que la protección del dosel promueve estabilidad viene acompañado de una apropiación crítica del conocimiento que es fundamental para la acción colectiva. El aprendizaje social se traduce en reglas de manejo colectivo, donde los indicadores ecológicos, las percepciones y valores comunitarios se integran en un esquema normativo compartido, correspondiente a las experiencias registradas en otros territorios andinos y tropicales, donde la participación comunitaria (Torrescano et al., 2018) quienes mencionan fundamental promover la conservación y el entendimiento social de la gestión ambiental. Así, el bosque El Cedral funciona tanto como un reservorio biológico de alto valor como un laboratorio vivo de aprendizaje social, donde la interacción entre ciencia y comunidad propicia un conocimiento compartido con potencial para guiar la sostenibilidad a largo plazo.

Conclusiones

El bosque El Cedral posee una alta diversidad florística y estructural, caracterizándose por elevados valores en los índices de Shannon, Simpson y Margalef, además de una distribución equitativa de especies según Pielou, que lo sitúan en una fase de madurez intermedia con notable resiliencia ecológica, su biomasa aérea se correlaciona positivamente con la cobertura del dosel, mientras que la regeneración de plántulas se asocia negativamente con ambas variables, evidenciando que la densidad del dosel limita el reclutamiento natural y señalando la necesidad de estrategias de manejo que equilibren conservación y procesos regenerativos. La comunidad local muestra un alto nivel de conciencia sobre la importancia de conservar la flora nativa y la amenaza que enfrentan algunas especies, aunque persisten diferencias y ambigüedades respecto al uso sostenible de los

recursos, resultado de la coexistencia entre prácticas tradicionales y demandas conservacionistas. El aprendizaje social se configura como un eje primordial al evidenciarse la integración entre percepciones comunitarias, conocimientos ancestrales y resultados técnicos del estudio, lo cual legitima las acciones de conservación y fortalece la educación ambiental participativa.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre, Z., Orellana, F., Jaramillo, N., Peña, J., & Quizhpe, W. (2021). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso en una parcela permanente en el bosque protector El Sayo, Loja, Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 3062–3080.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.506
- Aguirre, Z., Cango, L., & Quizhpe, W. (2021). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso del bosque Huashapamba, Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 9(1), 1–16.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692021000100001
- Ankuash, T., & Ludeña, C. (2024). Cuidando la selva: estrategias de manejo sostenible del suelo en la Amazonía para la conservación de su biodiversidad. *Siembra*, 11(3), e5540.
<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/5540>
- Barreto, C., & Salmasi, N. (2015). El reto del saber: el dilema entre lo académico y lo empírico. *Saber*, 27(3), 498–503.
http://ve.scien.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622015000300015
- Bedolla, R., Bedolla, J., Bedolla, S., & Miranda, A. (2024). Análisis de la biodiversidad desde una perspectiva socioambiental en Las Vigas, Guerrero, México. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 14(28), e649.
<https://doi.org/10.23913/ride.v14i28.1856>
- Bedoya, E., Gómez, S., & Anda, S. (2023). Ganaderos, colonos y la deforestación de bosques primarios en Morona, Ecuador. *Anthropologica*, 41(51), 175–212.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-92122023000200175
- Bonfil, C., Contreras, V., & Barrales, B. (2022). El papel de las plantaciones y la regeneración natural en la recuperación inicial de la cobertura vegetal en una cantera en Morelos, México. *Acta Botánica Mexicana*, (129), e1965.
<https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1965>
- Carranza, H., Tubay, M., Espinoza, H., & Chang, W. (2021). Saberes ancestrales: una revisión para fomentar el rescate y revalorización en las comunidades indígenas del Ecuador. *Journal of Science and Research*, 6(3), 112–128.
<https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1205>
- Cruz, J., & Reátegui, R. (2025). Gestión sostenible de recursos hídricos y gobernanza del agua: revisión de literatura científica 2010–2024. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 12(1), 78–87.
<https://doi.org/10.26423/rctu.v12i1.878>
- Cueva, E., Lozano, D., & Yaguana, C. (2019). Efecto de la gradiente altitudinal sobre la composición florística, estructura y biomasa arbórea del bosque seco andino, Loja, Ecuador. *Bosque*, 40(3), 365–378.
<https://doi.org/10.4067/S0717-92002019000300365>
- Eras, M., Aguirre, Z., & Peña, J. (2021). Diversidad florística, endemismo y estado de conservación de los componentes arbustivo y herbáceo de un bosque andino en el sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 11(1), 83–96.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/895>
- García, R., Soler, S., Mirabal, Y., & Agüero, F. (2022). Estudio de resiliencia socioecológica frente al cambio climático en comunidades costeras. *Conrado*, 18(87), 44–54.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000400044
- García, S., Alanís, E., Aguirre, O., Treviño, E., & Graciano, G. (2020). Regeneración y

- estructura vertical de un bosque de *Pseudotsuga menziesii* en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(58), 92–111. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i58.665>
- Guerra, F., García, A., Martínez, M., & López, J. (2021). Resiliencia ecológica del bosque tropical seco en Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92, e923422. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3422>
- Maldonado, J., & García, A. (2022). Saberes locales y transición agroecológica en comunidades rurales. *Entreciencias*, 10(24), e82865. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.82865>
- Ochante, R., Riveros, M., & Mamani, N. (2023). Prácticas sostenibles y conciencia ambiental. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(1), 287–305. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2791>
- Ortuño, T., Beck, S., & Sarmiento, L. (2006). Dinámica sucesional de la vegetación en sistemas agrícolas. *Ecología en Bolivia*, 41(3), 40–70. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282006001200005
- Piedra, P. (2024). Los derechos de la Naturaleza: casos Manglares y Bosque Protector Los Cedros. *Foro Revista de Derecho*, (41), 29–49. <https://doi.org/10.32719/26312484.2024.41.2>
- Rentería, C., & Vélez, C. (2021). Comunidades negras y saberes ancestrales ambientales. *Revista Colombiana de Educación*, (81), 311–336. <https://doi.org/10.17227/rce.num81-10715>
- Richter, M., & Moreira, A. (2005). Heterogeneidad climática y diversidad de la vegetación en el sur del Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 217–238. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332005000200007
- Rodríguez, G., & Torres, L. (2023). El aprendizaje social en la educación primaria. *Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos*, 3(3), 57–67. <https://doi.org/10.58594/rtest.v3i3.92>
- Torrescano, N., Prado, Á., Mendoza, N., Trueba, S., Cedeño, R., & Mendoza, A. (2018). Percepción comunitaria de áreas protegidas en Ecuador. *Trace*, (74), 60–91. <https://doi.org/10.22134/trace.74.2018.166>
- Torres, J., & Delgado, A. (2025). Delimitación de corredores de conectividad urbano-rurales en Guayaquil. *Estoa*, 14(27), 159–176. <https://doi.org/10.18537/est.v014.n027.a10>
- Valdez, C., Guzmán, M., Valdés, A., Forougbakhch, R., Alvarado, M., & Rocha, A. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso de México. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1674–1682. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32135>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Luis Edison Alcoser Villalobos y Luis Alberto Mera Cabezas.

