



Evaluación de indicadores en áreas de restauración ecológica y uso pecuario. Reserva natural Encanto andino

Yuli V. Cárdenas Jojoa¹

Rubén D. Guerrero Burbano²

Sandra M. Madroñero Palacios³

Resumen

Este estudio se llevó a cabo en la Reserva Natural 'Encanto Andino', en el corregimiento de El Encano, con el propósito de evaluar indicadores en los componentes de suelo, vegetación y socioeconomía, en dos áreas: una, con procesos de restauración ecológica pasiva y, la otra, con uso de fines pecuarios. En principio, se identificó una serie de indicadores en cada uno de los componentes mediante revisiones bibliográficas, se priorizaron y seleccionados mediante una matriz multicriterio; se realizó su cuantificación a través de muestreos para el componente biofísico y una entrevista semiestructurada para el componente socioeconómico. Finalmente, se analizó las diferencias existentes entre las dos áreas, con el uso de estadística descriptiva, estableciendo una línea base en función de los indicadores establecidos. Se evidenció una mínima variación en la unidad de los indicadores del componente suelo, pero se aprecia una gran variabilidad en el indicador de composición para la vegetación. El área de restauración ecológica genera mayores beneficios ambientales, sociales y económicos, en comparación con el área de uso pecuario, la cual se convierte en una limitante para el proceso de restauración, afectando las propiedades del suelo y el establecimiento de especies arbóreas, conllevando la pérdida de beneficios socioeconómicos.

Palabras clave: restauración ecológica; reserva natural; uso pecuario; priorización de indicadores.

¹ Egresada Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, yulicardenas93@gmail.com

² Egresado Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, iam.rubengb@gmail.com

³ Bióloga con énfasis en Ecología, Universidad de Nariño. Magíster en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, Centro Agronómico de Investigación y enseñanza (CATIE), Costa Rica. Docente del Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Colombia. smadronero@umariana.edu.co



Introducción

La evaluación de indicadores en áreas de restauración ecológica y en zonas de páramo degradadas debido al uso inadecuado del suelo por medio de actividades pecuarias, tiene gran importancia ya que, en Colombia, según Vargas (2007), uno de los problemas actuales para su desarrollo, es la falta de divulgación de experiencias prácticas que ayuden a la formulación de objetivos y estrategias de restauración en diferentes ecosistemas. Por otra parte, la meta de los procesos de restauración ecológica es imitar la estructura, función y composición del ecosistema específico a restaurar (Gálvez, 2002), por lo cual es relevante la evaluación y el análisis de indicadores biofísicos y socioeconómicos en dos áreas, con un contraste definido.

Una problemática que se suma, es el establecimiento de indicadores que evalúan las acciones del proceso, tanto en áreas de restauración ecológica como en áreas de uso pecuario, dado que muchas veces solo se prioriza indicadores de implementación, como el número de árboles, donde únicamente se cuantifica la supervivencia y el crecimiento; o, cambios en la composición de la vegetación (Murcia et al., 2016), indicadores que no necesariamente señalan diferencias significativas con respecto a los distintos componentes que conforman un ecosistema.

La Reserva Natural ‘Encanto Andino’ cuenta con áreas tanto de conservación como de producción; en este sentido, la investigación se desarrolló en un área que ha tenido un proceso de 50 años de restauración ecológica y otra, que se halla en uso, con fines pecuarios, con el mismo tiempo de uso. Con el fin de evaluar las diferencias existentes entre las dos áreas de estudio, en primera instancia se realizó la recopilación de información primaria y secundaria para la selección de los indicadores, priorizados mediante una matriz multicriterio, los cuales fueron cuantificados por medio de análisis físicoquímicos del suelo, entrevistas semiestructuradas para los aspectos socioeconómicos y método de cuadrantes para el componente de la vegetación. Posteriormente, se analizó los resultados obtenidos mediante la estadística descriptiva, comparando el estado de las dos zonas, estableciendo una línea base en función de los indicadores priorizados, con el fin de aportar conocimiento a futuros estudios en la reserva.

De esta manera, hubo diferencias establecidas por los procesos realizados en las dos áreas, donde se presenta cierta variación en la unidad de los indicadores del componente suelo, entre las cuales se aprecia el alto porcentaje de materia orgánica (MO) en las dos zonas; así mismo, se establece una gran desigualdad en el indicador de composición del componente de vegetación, donde se evidencia especies arbóreas como: *Brunellia tomentosa*, *Geissanthus sp*, *Drymis granatensis*, *Clusia multiflora* (H.B.K), *Weinmania silvatica engler*, y *Podocarpus oleifolius* en la zona de restauración ecológica, en contraste con las especies herbáceas: *Plantago sp.*, *Taraxacum officinale*, *Agrostis stolonifera*, *Hydrocotyle incrassata*, *Carex sp.*, *Veronica serpyllifolia* y *Sphagnun sp.*, en la zona de uso pecuario; además, la diferencia entre los beneficios sociales y económicos, como la generación de empleo y los ingresos recaudados, en su mayoría, por las actividades resultantes de la conservación.



Materiales y Métodos

Para el desarrollo de este estudio de tipo exploratorio, se realizó diferentes actividades que contribuyeron al alcance de los objetivos propuestos que, en conjunto, permitieron realizar la evaluación de indicadores en los componentes de suelo, vegetación y componente socioeconómico, en un área que ha tenido un proceso de 50 años de restauración ecológica y otra, que se encuentra en uso con fines pecuarios, con el mismo tiempo de proceso en la Reserva Natural El Encanto Andino, corregimiento de El Encano, municipio de Pasto.

Selección de los indicadores para los componentes suelo, vegetación y socioeconomía

Para el desarrollo del primer objetivo se seleccionó los indicadores para la evaluación del área de conservación y el área de uso pecuario en la Reserva Natural El Encanto Andino; se hizo una revisión bibliográfica y de bases teóricas, que permitió la elaboración de una lista de indicadores para el análisis de características físicoquímicas en suelo, fitosociológicas y socioeconómicas en la zona de estudio.

Teniendo en cuenta que existe un número finito de indicadores, para el proceso de priorización se elaboró una matriz multicriterio establecida por Pacheco y Contreras (2008), adaptada al presente estudio, como se describe a continuación:

- a) Los siguientes criterios fueron seleccionados para la priorización de los indicadores a medir, los cuales fueron establecidos por Noss (1990) y Dale y Beyeler (2001) como los más adecuados con respecto a la zona de estudio:
 - **Criterio 1:** el indicador seleccionado está repartido en una amplia área geográfica o, es ampliamente aplicable a la heterogeneidad espacio-temporal.
 - **Criterio 2:** el indicador es lo suficientemente sensible como para proveer una alerta temprana de cambio.
 - **Criterio 3:** el indicador es fácil de tomar y, económico al momento de medir, coleccionar, probar y calcular.
 - **Criterio 4:** el indicador es capaz de proveer una evaluación continua del proceso de restauración y sobre un rango amplio de condiciones biofísicas.
 - **Criterio 5:** el indicador no es de carácter deductivo.
 - **Criterio 6:** el indicador corresponde o es pertinente a los fenómenos de respuesta del proceso de restauración.
- b) Cada criterio mencionado tomó valores cuantitativos usando una escala de 1 a 5, donde 1 representa un menor cumplimiento del indicador respecto al criterio y 5 el mayor cumplimiento.





- c) Una vez se diligenció la matriz, se realizó la sumatoria de los valores obtenidos para cada indicador, lo cual permitió ordenarlos desde los que logran cumplir la mayor cantidad de criterios hasta los de menor cumplimiento.
- d) El rango de los indicadores priorizados se reflejó en una escala de color, de verde a rojo, a partir del indicador cuyo valor de cumplimiento de los criterios fue mayor, generando los niveles de prioridad en esta investigación.

Cuantificación de los indicadores priorizados en las áreas de restauración y uso pecuario

Se cuantificó los indicadores resultantes del proceso de priorización descrito, teniendo en cuenta los procesos desarrollados en cada una de las zonas de estudio. Para este proceso se hizo la caracterización fisicoquímica del suelo por medio de muestreos, de acuerdo con la metodología propuesta por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2018). En dichas áreas también se tomó un muestreo de vegetación por medio del método de cuadrantes según Mostacedo y Fredericksen (2000). Para el componente socioeconómico, se hizo el levantamiento de entrevistas semiestructuradas, considerando la metodología establecida por Díaz y Torruco (2013) en la reserva Natural El Encanto Andino.

Resultados y Discusión

Selección de los indicadores para los componentes suelo, vegetación y socioeconomía

Por medio de la revisión bibliográfica se exploró y analizó una serie de registros recopilados en documentos publicados, cada uno de los cuales plantea diferentes indicadores a ser medidos en los componentes, mismos que fueron llevados al contexto de la investigación, donde se plantea dos áreas: una con un proceso de restauración ecológica y otra con uso para fines pecuarios.

Priorización de indicadores: se realizó un proceso de priorización en donde prima lo establecido por Montaña et al. (2006), quienes afirman que, la cantidad de indicadores debe ser la mínima posible, para mantener la mayor certidumbre científica al menor esfuerzo y costo.



**Tabla 1**

Sumatoria de los valores obtenidos para cada indicador de tipo socioeconómico

Indicadores	Frecuencia
Oferta laboral	28
Ingresos del hogar	27
Fortalecimiento de capacidades	27

Cabe considerar que, los involucrados en la zona de estudio donde se ubican las dos áreas, una con un proceso de restauración ecológica y otra con fines pecuarios, hacen parte de una misma familia integrada por seis personas, quienes poseen el conocimiento necesario sobre las condiciones socioeconómicas que competen a la presente investigación; con base en ello, se asignó la puntuación correspondiente a cada indicador. Como resultado, fueron priorizados los indicadores de oferta laboral, ingresos del hogar y fortalecimiento de capacidades (Tabla 1), cada uno de los cuales obtuvo una puntuación de 28 y 27, respectivamente. En este sentido, estos indicadores son apropiados para conocer los aspectos relacionados con las actividades socioeconómicas desarrolladas en la reserva y, por lo tanto, los beneficios tanto sociales como económicos obtenidos debido a los procesos de conservación y actividades pecuarias, pues los efectos de estos procesos pueden traer repercusiones en cuanto a beneficios e inconvenientes para sus responsables (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015).

Tabla 2

Sumatorias de los valores obtenidos para cada indicador de tipo biofísico del suelo

Indicadores	Frecuencia
Estabilidad de agregados	30
Materia orgánica	29
pH	29
Textura del suelo	28
Conductividad eléctrica (CE)	28
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	26

Debe señalarse que, tanto el área de restauración ecológica como el área de uso pecuario, son zonas de 0,25 hectáreas, homogéneas, una situada en continuidad con la otra, bajo las mismas condiciones climáticas en los páramos azonales, los cuales se encuentran entre los 2760 y 3400 metros sobre el nivel del mar; así mismo, cabe resaltar que el muestreo de suelo se realizó en la misma fecha. Considerando esta información, se muestra los indicadores priorizados en la Tabla



2: Estabilidad de agregados, MO, pH, textura del suelo, conductividad eléctrica y CIC, con un puntaje entre 26 y 30. Bajo estas condiciones también se tuvo en cuenta que el proceso de restauración ecológica que se ha llevado a cabo en la zona tiene un desarrollo de 50 años, tiempo similar en el que se ha hecho uso de la otra zona con fines pecuario.

Tabla 3

Sumatorias de los valores obtenidos para cada indicador de tipo biofísico de vegetación

Indicadores	Frecuencia
Composición	29
Desarrollo del tallo	29
Crecimiento vertical	29
Origen	29

Se ha priorizado los indicadores de: Composición, Desarrollo del tallo crecimiento vertical y Origen, con una puntuación de 29 para todos los indicadores (Tabla 3), los cuales facilitan la comprensión de la dinámica de la vegetación; de esta manera es posible lograr interpretar si las áreas muestreadas, tanto el área de restauración ecológica como el área de uso pecuario, tenían algún grado de alteración o estaban en estado de conservación.

Cuantificación de los indicadores priorizados en las áreas de restauración y uso pecuario. A continuación, se presenta los resultados encontrados en los indicadores de suelo priorizados en el área de restauración ecológica y en el área con fines de uso pecuario:

Cuantificación de los indicadores del componente de suelo

En el presente ítem se puede observar los resultados de los indicadores de suelo priorizados y cuantificados en el área de restauración ecológica y el área de uso pecuario; se resalta que, los resultados no tienen variaciones significativas en cada una de los parámetros, ya que la actividad pecuaria no es desarrollada de una forma intensiva, por lo cual no se genera degradación en grandes proporciones.

A continuación, se hace el análisis de cada uno de los indicadores:

Estabilidad de los agregados

Se encontró que, la estabilidad de agregados en el área de restauración ecológica obtuvo 4,30 DMP (mm) mientras que, el área de uso pecuario obtuvo 4,26 DMP (mm), señalando, según el IGAC (2006), que la estabilidad estructural en las dos áreas de estudio es estable, favoreciendo así el almacenamiento y la entrada de agua a través del perfil del suelo.



Materia orgánica

En cuanto a la MO, en el área de restauración ecológica se instauró un porcentaje del 38,19 % mientras que, en la zona de uso pecuario fue de 36,78 %, siendo valores similares, favorecidos según el ICA (1992), por clima frío, lo cual contribuye a la capacidad de intercambio catiónico, situación que se puede observar en este estudio. Además, dadas las condiciones climáticas de la zona, el porcentaje de MO en las dos áreas es alto, lo cual contribuye en gran medida en la fertilidad del suelo como fuente de nutrientes para las plantas y fuente de energía para los microorganismos (Sales-Dávila, 2006).

pH

Igualmente, el área de restauración ecológica presentó un pH de 4, mientras que el área de uso pecuario, de 4,84, lo cual implica un pH extremadamente ácido y muy fuertemente ácido, respectivamente, de acuerdo con el ICA (1992), debido a que ambos suelos son de origen volcánico, representando un comportamiento fuertemente ácido (González, 2016). De igual forma, el pH ácido de estos suelos afecta el desarrollo de las plantas (Jaramillo, 2002).

Bajo este entendimiento, es esencial destacar que, Ramírez et al. (2012) aseguran que, en un suelo de pH ácido, únicamente la vegetación nativa podrá desarrollarse sin presentar ningún problema, debido a la relación suelo – planta.

Textura de suelo

Así, tanto el área de restauración ecológica como el área de uso pecuario, evidenciaron una textura Franco; según la interpretación del laboratorio de física de suelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, citado por Amézquita et al., 2013), este tipo de suelos permite una infiltración moderada, una retención de humedad media, así como su erodabilidad y fertilidad natural.

Conductividad eléctrica

En el análisis procedente a la conductividad eléctrica se puede observar que, en el área de restauración ecológica, este indicador obtuvo 0,00032 Ds/m mientras que, el área de uso pecuario obtuvo 0,00008 Ds/m. Teniendo en cuenta que $1 \text{ mmhos/cm} = 1 \text{ dS/m}$ (Montico, 2006), es posible evidenciar que, el suelo de la zona de estudio en las dos áreas no es salino, de acuerdo con lo establecido por el ICA (1992); sin embargo, en el área de restauración ecológica se presenta cuatro veces más alto el nivel de salinidad que, en el área de uso pecuario; en consecuencia, esto indica que los valores de conductividad eléctrica no son perjudiciales para las plantas, según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1999).



Capacidad de intercambio catiónico. Se debe señalar que, en el área de restauración ecológica se obtuvo un valor de 68,63 meq/100 g, mientras que, en el área de uso pecuario el valor fue de 66,53 meq/100 g, de modo que, según el ICA (1992), estos valores representan una alta CIC, indicando que el suelo de la zona es fértil (Bueno y Fernández, 2019).

Cuantificación de los indicadores del componente de vegetación

En función de la información recolectada para el registro de especies de las áreas de estudio, se identificó especies arbóreas en la zona de restauración ecológica y, especies herbáceas en la zona de uso pecuario, las cuales fueron registradas bajo el nombre común establecido por un conocedor de la reserva natural (Castrillón y López, 2010).

Composición y origen

En la zona de restauración ecológica se encontró 21 individuos, los cuales presentan un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) > 0,10 metros; los individuos presentan una diversidad de seis especies arbóreas: *Brunellia tomentosa*, *Geissanthus* sp, *Drymis granatensis*, *Clusia multiflora* (H.B.K), *Weinmania silvatica* engler, y *Podocarpus oleifolius*, pertenecientes a seis familias entre las cuales están: *Brunelliaceae*, *Myrsinaceae*, *Winteraceae*, *Clusiaceae*, *Cunoniaceae* y *Podocarpaceae*; de ellas se puede establecer que, el 100 % son especies nativas de la zona, dado que, en la reserva natural 'Encanto Andino' se desarrolla restauración ecológica pasiva.

Realizando una comparación con el estudio de Castrillón y López (2010), se puede observar que los resultados son acordes a la vegetación del municipio de El Encano; por ello, entre las especies más abundantes y con mayor frecuencia, fueron encontradas *Brunellia tomentosa* y *Weinmania silvatica* Engler.

DAP. Los 21 individuos registraron valores desde los 0,18 m hasta los 0,63 m, con una media aritmética de 0,34 metros, donde la *Clusia multiflora* (H.B.K) presentó el valor mínimo y máximo. Cabe resaltar que, dentro de las especies del género *Clusia* con mayor distribución en Colombia, figura *Clusia multiflora* (Echeverry, 2003).

Crecimiento vertical

En la zona de restauración ecológica se encontró especies arbóreas con alturas que van desde los 14 m hasta los 25 m, con un promedio de 18,9 metros; la especie con menor altura fue la *Clusia multiflora* (H.B.K) mientras que, la especie con mayor altura fue el *Podocarpus oleifolius*, especie en peligro, ya que sus poblaciones se han reducido en más de un 60 %, debido principalmente, a los altos niveles de explotación y al gran deterioro de sus hábitats (Cárdenas y Salinas, 2007).



Frecuencia

Entre las especies con menor frecuencia cuyo valor es de un 50 % están: *Brunellia tomentosa*, *Geissanthus sp.*, *Podocarpus oleifolius*; del mismo modo, dentro de las especies que tienen un 100 % de frecuencia están: *Drymis granatensis*, *Clusia multiflora* (H.B.K) y *Weinmania silvatica* Engler, lo cual significa que, estas especies existen en los dos cuadrantes de la zona de restauración ecológica.

Abundancia

En cuanto a la abundancia, la especie más abundante fue el *Drymis granatensis* con siete individuos dentro de la zona de estudio, lo cual significa que es una especie que se adapta al ecosistema (Castrillón y López, 2010), mientras que la especie menos abundante fue el *Geissanthus sp* con un individuo.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos para los indicadores priorizados en el área de uso pecuario:

Composición

En la zona de uso pecuario se observó siete especies herbáceas: *Plantago sp.*, *Taraxacum officinale*, *Agrostis stolonifera*, *Hydrocotyle incrassata*, *Carex sp.*, *Veronica serpyllifolia* y *Sphagnun sp.*, pertenecientes a seis familias, entre las cuales se aprecia: *Plantaginaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*, *Araliaceae*, *Cyperaceae* y *Sphagnaceae*, donde la familia *Plantaginaceae* tiene dos especies; de esta manera se puede comparar con el informe del Instituto Humboldt y Asociación para el Desarrollo Campesino (ADC) (2014), donde se puede evidenciar que, entre las familias con el mayor número de especies en los páramos azonales del río Guamués se encuentra *Asteraceae* y *Cyperaceae*.

Cobertura

Por otra parte, se ubicó especies herbáceas con una cobertura entre el 2 % y el 55 %. La *Taraxacum officinale* fue la especie con menor porcentaje de cobertura. Cabe resaltar que, esta especie tiene una gran capacidad de adaptación a distintos tipos de suelo; la especie con mayor cobertura en la zona de uso pecuario fue la *Agrostis stolonifera*, especie que, según García-Ulloa et al. (2005), se encuentra específicamente en alturas medias de la región andina en Colombia.

Frecuencia

Las especies con un 100 % de frecuencia en la zona de estudio fueron: *Plantago sp.*, *Taraxacum officinale*, *Agrostis stolonifera*, *Hydrocotyle incrassata*, *Carex sp.*, *Sphagnun sp.*, lo cual quiere decir que, ellas existen en los dos cuadrantes, mientras que la especie de *Veronica serpyllifolia* tuvo una frecuencia del 50 %.



Cuantificación de los indicadores del componente socio-económico

A continuación, se presenta los resultados para los indicadores priorizados en las áreas de restauración ecológica y uso pecuario, obtenidos por medio de entrevistas semiestructuradas.

Oferta laboral y fortalecimiento de capacidades

El área de restauración ecológica genera fuentes de trabajo a partir de la compra de productos y preparación de alimentos, debido a los servicios que ofrece la reserva, como: alimentación, ecoturismo, hospedaje, senderismo, transporte y tarifa de ingreso. Por otro lado, Márquez et al. (2016) proponen apreciar el ecoturismo como una actividad complementaria dentro de un esquema de uso múltiple de los recursos naturales, que permita generar oportunidades económicas alternativas, haciendo necesario un proceso de orientación y capacitación sobre temas como la conservación, economía solidaria y necesidades básicas del ser humano, como es el caso de la Reserva Natural 'Encanto Andino' y, de este modo, concientizar a los visitantes sobre la importancia de cuidar y conservar el ambiente (Tanguila y Pico, 2020).

Si bien la ganadería es una realidad cultural que ha sido apropiada por comunidades productivas desde hace siglos, en la reserva natural 'Encanto Andino' esta actividad también está presente, aunque de una manera no intensiva y poco prioritaria.

Ingresos al hogar

En este sentido es posible afirmar que, el área de restauración ecológica provee recursos económicos por los servicios ofrecidos: el servicio de transporte fluvial tiene un valor de 100.000 pesos colombianos, con un máximo de diez personas por viaje; el desayuno en la reserva natural cuesta 8.000; el almuerzo 20.000; la comida 20.000; un refrigerio 5.000; un hervido de frutas 7.000 pesos el vaso; el hospedaje 30.000 por individuo; la reserva cuenta con la capacidad de hospedar a 40 personas; sin embargo, por la pandemia, la capacidad máxima se redujo a 15 individuos; por último, el senderismo con guía tiene un precio de 5.000 pesos por persona.

Por su parte, Holl et al. (2000) sostienen que, es necesario que la restauración desarrolle métodos para cuantificar los servicios que el ecosistema brinda y, poder entonces demostrar su valor económico, lo cual no se puede evidenciar en la reserva natural y, en consecuencia, no es posible cuantificar el valor de los servicios ecosistémicos brindados por el área de restauración ecológica.

Del mismo modo, según los resultados obtenidos a través de la entrevista semiestructurada sobre el área de uso pecuario, los beneficios económicos son determinados mediante la producción de leche para el consumo familiar y de los visitantes de la reserva natural, junto con el sustento de una cabeza de ganado bovino, para cuya finalidad esta área está destinada, por lo cual resulta difícil cuantificar los ingresos representativos de la actividad ganadera, dado que son mínimos.



Análisis de las diferencias entre las áreas de estudio con base en los indicadores priorizados

A continuación, se presenta un análisis donde se compara los distintos indicadores en los componentes de suelo, vegetación y de socioeconomía, levantados en las dos áreas de estudio:

Diferencias existentes en el componente de suelo en las dos áreas de estudio

Según Hofstede et al. (2014) y, Ortiz et al. (2005), los suelos en páramos húmedos y de origen volcánico, pueden tener hasta 40 % de MO y un pH entre 3.9 y 5.4; la descomposición de la MO se lleva a cabo a tasas muy bajas, debido a las bajas temperaturas y a la alta humedad; se tiene que, el suelo del área de conservación de la reserva posee un porcentaje de MO alto equivalente a 38 %, el cual, según Peñuelas y Ocaña (1996) aumenta la capacidad de intercambio catiónico y el pH y, al mismo tiempo, la alta CIC amortigua la salinidad del suelo, situación que se observa en el presente estudio, donde se aprecia un suelo con CIC alto de 68,63 meq/100 g, conductividad eléctrica no salina con 0,32 Us/cm, un pH de 4 extremadamente ácido y, del mismo modo, una estabilidad de agregados estable con 4,30 DMP (Tabla 4).

Tabla 4

Diferencias en el componente suelo

Indicadores	Área de restauración ecológica	Área de uso pecuario
Estabilidad de agregados (DMP)	4,30 (Estable)	4,26 (Estable)
Materia Orgánica (%)	38,19 (Alta)	36,78(Alta)
pH	4 (Extremadamente ácido)	4,84 (Muy fuertemente ácido)
Textura del suelo	Franco	Franco
Conductividad eléctrica (Us/cm)	0,32 (No salina)	0,08 (No salina)
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g)	68,63 (Alta)	66,53(Alta)

Uno de los principales beneficios de la restauración ecológica es la recuperación de la salud del suelo y, también, la capacidad del ecosistema para producir bienes



o prestar servicios, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad y a su fertilidad, aumentando el porcentaje de la superficie del suelo cubierta por plantas vivas y, mejorando los parámetros físicos y químicos de este componente (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015; Enríquez y Cremona, 2018; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2020), situación factible de observar en el área de restauración ecológica, donde además de los valores resultantes de la cuantificación de los indicadores, se manifiesta su fertilidad; en el suelo se establece vegetación arbórea nativa de gran altura y desarrollo del tallo, mejorando las condiciones socioeconómicas de los responsables de la reserva natural.

Los efectos de la baja presión de ganado en el área de uso pecuario afectan los indicadores de suelo, los cuales tienen una reducción mínima pero evidente, debido a que el efecto de la ganadería está muy relacionado con la carga animal y, aunque esta práctica a menudo altera de forma reducida la fertilidad del suelo, aumenta su compactación (Medina, 2016). Estupiñán et al. (2009) expresan que reduce su porosidad e incrementa la fuerza con la que la raíz debe penetrar, lo cual se convierte en un limitante para el proceso de restauración ecológica; en este sentido, se comprende que, es necesario realizar la selección de nuevos indicadores del componente suelo, con el fin de establecer diferencias más significativas en cuanto a las propiedades mencionadas.

Diferencias existentes en el componente de vegetación en las dos áreas de estudio

Uno de los principales efectos de la restauración ecológica es la recuperación de cobertura vegetal, incrementando las interacciones planta-animal que benefician los procesos de polinización, recobrando, además, los servicios ecosistémicos a diferentes escalas (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015; Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER), 2004). Dentro de este marco, Vargas et al. (2012) confirman que, la importancia de la vegetación en la restauración también radica en que la persistencia de una gran cantidad de organismos depende de este componente. De este modo, como se puede observar en la Tabla 5, en el área de conservación se ubicó seis especies arbóreas, con un promedio de DAP de 0,34 m y un promedio de altura de 19 m, todas nativas de la zona, debido al proceso de 50 años de restauración ecológica pasiva que allí se lleva a cabo; por ello, se puede observar una gran diversidad de especies, las cuales están adaptadas a las condiciones del área, favoreciendo las condiciones del suelo.

**Tabla 5***Diferencias en el componente vegetación*

Indicadores	Área de restauración ecológica	Área de uso pecuario
Composición	Seis especies arbóreas	Siete especies herbáceas
Desarrollo del tallo (DAP) (m)	Promedio de 0,34	N/A
Crecimiento vertical (m)	Promedio de 19	N/A
Origen	100 % nativo	100 % nativo

Dada la ausencia de registros históricos sobre el estado de la vegetación, los datos aquí recopilados sirven como base para nuevas investigaciones, aportando en primera instancia un listado que recopila algunas de las especies existentes, su desarrollo de tallo, altura y origen. Al considerar que el proceso que se viene realizando en el área de estudio consiste en restauración ecológica pasiva, es posible afirmar que la intervención humana en la regeneración natural fue mínima.

Las prácticas asociadas a la ganadería incluyen la eliminación de vegetación; en un área de páramo sometido a uso pecuario, es notable el aumento y la cobertura de especies resistentes al pisoteo, altamente competitivas, principalmente pastos y plantas rasantes. Los pastos pueden permanecer dominantes por décadas en los campos abandonados, dificultando la implantación, establecimiento y reclutamiento de muchas especies leñosas (Medina, 2016). En este orden de ideas, como se puede apreciar en la Tabla 5, en el área de uso pecuario de este estudio, se halló siete especies herbáceas, entre las cuales la *Agrostis stolonifera* (pasto) fue la de mayor cobertura y una frecuencia del 100 %. Cabe resaltar que, no se evidenció ningún tipo de especie arbórea debido a la actividad antrópica; ante estos datos, es notable ver cómo esta práctica altera el ecosistema presente en el área, limitando la regeneración natural.

Conviene resaltar lo mencionado por Meli (2003), quien afirma que el reemplazo de bosques por potreros para destinarlos a actividades pecuarias genera una barrera física continua de pastos, impidiendo la llegada de semillas dispersadas al suelo y su posterior implantación; el establecimiento de plántulas disminuye, desaparece el banco de plántulas y el de semillas y, se afectan micorrizas del suelo esenciales para germinación y crecimiento de la mayoría de plantas vasculares (Vargas, 2011), situación que es posible observar en el área de uso pecuario, pues mediante la investigación se encontró únicamente especies herbáceas tales como: *Plantago* sp., *Taraxacum officinale*, *Agrostis stolonifera*, *Hydrocotyle incrassata*, *Carex* sp., *Veronica serpyllifolia* y *Sphagnum* sp.



Diferencias existentes en el componente socioeconómico en las dos áreas de estudio

Tabla 6

Diferencias en el componente socioeconómico

Indicadores	Área de restauración ecológica	Área de uso pecuario
Oferta laboral	Compra de productos y prestación de servicios	Actividad no prioritaria
Ingresos al hogar	\$ 100.000 pesos colombianos por visitante	Actividad no prioritaria
Fortalecimiento de capacidades	Capacitaciones sobre, conservación, economía solidaria y necesidades básicas	Actividad no prioritaria

El área de restauración ecológica provee servicios ecosistémicos: el de aprovisionamiento como el agua dulce, servicios de apoyo como la existencia de hábitats y ciclo de nutrientes, servicios de regulación como la depuración de agua y, servicios culturales como recreación, turismo e inspiración espiritual, promoviendo así la oferta laboral y los ingresos al hogar en la reserva (Tabla 6). Es indudable la importancia de la restauración ecológica, ya sea con fines de investigación o de desarrollo, principalmente por los beneficios que esta aporta, como los sociales, que se derivan de la mejora en las condiciones ambientales locales, la recuperación de los servicios ecosistémicos e, incluso, de actividades productivas de los sitios recuperados (SER, 2004).

De lo anterior se puede constatar lo dicho por Aronson et al. (2007) y Lamb et al. (2011), quienes afirman que el proceso de restauración ecológica ayuda a la recuperación de la resiliencia de los ecosistemas y el restablecimiento del 'capital natural' del cual dependen los seres humanos, por lo cual, con la implementación de esta práctica, es posible generar tanto beneficios económicos como sociales (Brink, 2011). De acuerdo con Gobster y Hull (2000), los beneficios sociales están relacionados con la recuperación de valores ambientales, de modo que, la conservación de áreas de restauración en la reserva natural, propicia el objetivo final de este proceso, haciendo posible recuperar los atributos esenciales que definen el ecosistema, como su estructura, composición y función; además, como se puede evidenciar en la presente investigación, la restauración ecológica permite



generar ingresos económicos esenciales para el sustento de la reserva natural y de sus encargados, convirtiéndose en un área de conservación que, adicionalmente, genera empleo por medio de los servicios prestados.

Seguidamente, los principales ingresos que obtiene la reserva provienen del desarrollo de actividades como el ecoturismo, el senderismo y las labores derivadas de la atención a los visitantes, entre las cuales se destaca: alimentación, hospedaje y senderismo guiado. Cabe resaltar que, no es posible calcular un monto exacto de ganancias mensuales, ya que existen fluctuaciones en cuanto al número de grupos o visitantes a la reserva; no obstante, los ingresos fomentan el fortalecimiento de capacidades de las personas involucradas en este proceso, permitiendo que continúen concientizando sobre la importancia del cuidado de los recursos naturales.

Bajo este planteamiento, es fundamental resaltar que la restauración ecológica también puede verse como un proceso de construcción social, donde el trabajo constante de los involucrados consolida estrategias que facilitan y garantizan una mejor planificación acerca del uso de los recursos y servicios ambientales que prestarán los ecosistemas restaurados, favoreciendo el desarrollo sustentable (Cano y Zamudio, 2006) y, al mismo tiempo, beneficiándose del entorno natural a través de actividades enmarcadas en establecer una relación entre el ser humano y la naturaleza, evitando el deterioro de la misma.

No obstante, Aguirre et al. (2013) aseveran que, un limitante para la restauración ecológica es el uso pecuario, ya que dificulta el crecimiento y desarrollo de especies vegetales, debido a los efectos negativos sobre las propiedades del suelo. Así, el área destinada al uso pecuario en la reserva natural 'Encanto Andino', ha tenido durante 50 años como actividad, la ganadería de leche y levante; cabe resaltar que, en años anteriores fue adquirida por la reserva, para el sustento de una cabeza de ganado bovino, con el fin de reducir gastos de arriendo de un terreno y con esto, producir leche para consumo familiar y de visitantes de la reserva. Esta actividad no se considera prioritaria, por lo cual no son requeridas capacitaciones sobre el tema, ya que tampoco genera oferta laboral y, por lo tanto, los ingresos que aporta al hogar son bajos.

Herrera (2011) expresa que, en un escenario de páramo antropizado, la transformación de los territorios intensificados y de los ecosistemas supone un beneficio económico a corto plazo, pero también, la pérdida del bienestar humano a largo plazo, debido a la degradación de la biodiversidad y, por tanto, la pérdida de un flujo variado de servicios, así como la pérdida de valores culturales como la identidad cultural, el conocimiento ecológico local o, el sentido de pertenencia de muchas comunidades rurales; por consiguiente, la actividad pecuaria en el área de estudio produce deterioro ambiental, pocos beneficios sociales y, al mismo tiempo, bajos ingresos económicos, convirtiendo a la ganadería, dentro de la Reserva Natural 'Encanto Andino', en una actividad económica que genera un mayor número de desventajas económicas con respecto al área de conservación.



Conclusiones

Partiendo de los resultados obtenidos en la investigación, es posible afirmar que el área de restauración ecológica genera mayores beneficios ambientales, como la prestación de servicios ecosistémicos: sociales, como el fortalecimiento de la cultura y, económicos, en cuanto a los ingresos recibidos por medio del ecoturismo y sus actividades complementarias; esto en comparación con el área de uso pecuario, la cual se convierte en una limitante para el proceso de restauración, afectando las propiedades del suelo, la implantación y el establecimiento de especies arbóreas, conllevando la pérdida de beneficios socioeconómicos.

Encuanto al componente suelo, teniendo en cuenta los resultados obtenidos por medio de los indicadores priorizados, es posible afirmar que las diferencias encontradas fueron mínimas, debido a la baja presión de ganado en el área de uso pecuario.

La actividad productiva de ecoturismo y senderismo se convierte en una alternativa válida que genera beneficios económicos, dando lugar a ingresos financieros para los responsables de la reserva natural.

Los resultados obtenidos como primera cuantificación de los indicadores priorizados en este estudio, permitieron medir la importancia de cada indicador en los componentes de suelo, vegetación y socioeconomía, instaurando una línea base para futuras investigaciones sobre el tema, a partir de los interrogantes que surgen a raíz de los resultados obtenidos.

Referencias

- Aguilar-Garavito, M. y Ramírez, W. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres*. Editorial Alexander von Humboldt.
- Aguirre, N., Torres, J. y Velasco-Linares, P. (2013). Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Gu%C3%ADa-MetodoI%C3%B3gica-restauracion-p%C3%A1ramos.pdf>
- Amézquita, E., Rao, I., Rivera, M., Corrales, I. I. y Bernal, J. H. (Eds.). (2013). *Sistemas agropastoriles: un enfoque integrado para el manejo sostenible de oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Aronson, J., Milton, S. J., & Blignaut, J. N. (2007). Restoring natural capital: definitions and rationale. https://www.researchgate.net/publication/285675774_Restoring_natural_capital_definitions_and_rationale
- Brink, P. t. (Ed.). (2011). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in National and International Policy Making*. Routledge.
- Bueno, R. y Fernández, J. C. (2019). La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos. *Ámbito Investigativo*, 4(1), 7-12.



- Cano, I. J. y Zamudio, N. (2006). *Recuperar lo nuestro. Una experiencia de restauración ecológica con participación comunitaria en predios del Embalse de Chisacá, localidad de Usme, Bogotá, D.C.* Universidad Nacional de Colombia.
- Cárdenas, D. y Salinas, N. R. (Eds.). (2007). *Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas I parte.* Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Castrillón, V. y López, L. W. (2010). *Caracterización florística y estructural del bosque secundario de la vereda El Estero, área de influencia del humedal Ramsar, laguna de La Cocha, municipio de Pasto* [Tesis de Pregrado, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/5336/>
- Dale, V. H., & Beyeler, S. C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1, 3-10. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6)
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). (1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051284.pdf
- Díaz, L. y Torruco, U. (2013). La entrevista recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2(7), 162-167. [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72706-6](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72706-6)
- Echeverry, A. (2003). *Compendio de 151 especies de flora nativa de uso tradicional o potencial en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia.* Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA.
- Enríquez, A. S. y Cremona, M. V. (2018). El rol de los suelos en la restauración ecológica. En *La restauración ecológica como proyecto educativo: Aportes teóricos y Líneas de acción* (pp. 37-58). Editorial de la Universidad Nacional del Comahue.
- Estupiñán, L. H., Gómez, J. E., Barrantes, V. J. y Limas, L. F. (2009). Efecto de actividades agropecuarias en las características del suelo en el páramo El Granizo (Cundinamarca, Colombia). *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 12(2), 79-89. <https://doi.org/10.31910/rudca.v12.n2.2009.694>
- Gálvez, J. (2002). La restauración ecológica: conceptos y aplicaciones. http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/IARNA/serie_tec/08tec2002.pdf.
- García-Ulloa, J., Lastra, C. A., Salas, C. y Medina, M. (2005). Studies on Colombian grasses (Poaceae): Twenty chorological novelties. *Caldasia*, 27(1), 131-145.
- Gobster, P. H., & Hull, R. B. (Eds.). (2000). *Restoring nature: perspectives from the social sciences and humanities.* Island Press.

- González, F. H. (2016). *Caracterización físicoquímica y microbiológica de suelos paramunos del P.N.N. Sumapaz sometidos al cultivo convencional y orgánico de papa post-descanso de actividad agrícola* [Tesis de Pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://sie.car.gov.co/handle/11349/7152>
- Herrera, J. M. (2011). El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas*, 20(2), 21-34.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., Vásquez, A. y Cerra, M. (2014). Los páramos andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. UICN, Quito, Ecuador. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-025.pdf>
- Holl, K., Loik, M. E., Lin, E., & Samuels, I. A. (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology*, 8(4), 339-349. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80049.x>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (1992). *Fertilización de diversos cultivos. Quinta aproximación*. Instituto Colombiano Agropecuario.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2006). *Métodos analíticos del Laboratorio de Suelos* (6.ª ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2018). *Guía de muestreo*. <https://www.igac.gov.co/sites/igac.gov.co/files/guiademuestreo.pdf>
- Instituto Humboldt y Asociación para el Desarrollo Campesino (ADC). (2014). Informe final de actividades de campo. La ventana de biodiversidad Río Guamués, corregimiento El Encano, municipio de Pasto, Nariño, Colombia. http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9341/7_ADC_Rio_Guamues.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jaramillo, J. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia.
- Lamb, D., Andrade, A., Shepherd, G., Bowers, K., & Alexander, S. (2011). Building resilience when restoring degraded ecosystems: Improving biodiversity values and socioeconomic benefits to communities. En *A bird, a fish, a turtle: mangrove restoration for endangered species and human happiness* (pp. 57-59).
- Márquez, R., Arcipreste, M., Valladares, J., Salazar, F., Aguilar, M., Márquez, A. y Acevedo, L. (2016). Ecoturismo y desarrollo comunitario: el caso de Valentín Natural en el sureste de México. *Anuario Turismo y Sociedad* (18), 117-135. <https://doi.org/10.18601/01207555.n18.07>
- Medina, C. (2016). Efectos de la compactación de suelos por el pisoteo de animales, en la productividad de los suelos. *Revista Colombiana Ciencias Animales*, 8(1), 88-93.



- Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales: veinte años de investigación académica. *Interciencia*, 28(10), 581-589.
- Montaño, M., Campos, J. J. y Louman, B. (2006). *Uso de principios, criterios e indicadores para monitorear y evaluar las acciones y efectos de políticas en el manejo de los recursos naturales*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Montico, S. (2006). Principios para el manejo de situaciones con suelos salinos y alcalinos. <https://rehip.unr.edu.ar/handle/2133/537?show=full>
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Murcia, C., Guariguata, M. R., Andrade, A., Andrade, G. I., Aronson, J., Escobar, E. M., Etter, A., Moreno, F. H., Ramírez, W. y Montes, E. (2016). Challenges and prospects for scaling-up ecological restoration to meet international commitments: Colombia as a case study. *Conservation Letters*, 9(3), 213-220. <https://doi.org/10.1111/conl.12199>
- Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4, 355-364. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.1990.tb00309.x>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). Documento de posición sobre “restauración de los ecosistemas” relativo a los ecosistemas de producción, en el contexto del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030). <https://www.fao.org/publications/card/es/c/ND425ES/>
- Ortiz, M., González, J. y López, T. (2005). Páramos: hidrosistemas sensibles. *Revista de Ingeniería* (22), 64-75. <https://doi.org/10.16924/revinge.22.8>
- Pacheco, J. F. y Contreras, E. (2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES).
- Peñuelas, J. L. y Ocaña, B. (1996). Cultivo de plantas forestales en contenedor. Principios y fundamentos. *Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*.
- Ramírez, C. R., Duarte, C. H. y Galeano, J. O. (2012). Estudio de suelos y su relación con las plantas en el páramo El Verjón, ubicado en el municipio de Choachí, Cundinamarca. *TECCIENCIA*, 6(12), 56-72.
- Sales-Dávila, B. (2006). *Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro del carbono* [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/handle/11441/103666>.



- Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER). (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf
- Tanguila, N. N. y Pico, J. D. (2020). *Plan de restauración ecológica para mitigar los impactos ambientales del Cerro Puñalica del Cantón Tisaleo, Provincia de Tungurahua* [Tesis de Pregrado, Universidad Estatal Amazónica]. <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/handle/123456789/852?show=full>
- Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Grupo de Restauración Ecológica, Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.
- Vargas, O., Díaz, J. E., Reyes, S. P. y Gómez, P. A. (2012). *Guías técnicas para la Restauración Ecológica de los ecosistemas de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

