

Principios conceptuales de la restauración ecológica

Conceptual principles of ecological restoration

Sandra Milena Madroñero-Palacios¹, Diego Andrés Muñoz-Guerrero²

Fecha de recepción: 22 de julio, 2023

Fecha de aprobación: 17 de noviembre, 2023

Madroñero-Palacios, S.M; Muñoz-Guerrero, D.A. Principios conceptuales de la restauración ecológica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 37, N° 3. Julio-Setiembre, 2024. Pág. 88-99.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v37i2.6786>

1 Candidata. Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad Nacional, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. Profesora Asistente. Universidad Mariana, Programa de Ingeniería Ambiental. Pasto, Colombia.

 smadronero@umariana.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0002-7183-8471>

2 Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Departamento de Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales. Colombia.

 dmunoz@udenar.edu.co

 <https://orcid.org/0000-0002-9673-2577>

Palabras clave

Restauración; paisaje; recuperación; rehabilitación.

Resumen

El presente artículo de revisión buscó dar a conocer la evolución desde sus inicios la conceptualización de la restauración ecológica, estableciendo los diferentes acuerdos y conferencias internacionales que orientan la gestión e implementación de dicha área, así mismo, se plantean las bases conceptuales de la temática estableciendo la importancia, aplicabilidad y diferencias existentes en relación con conceptos como rehabilitar y recuperar. Para esto, se desarrolló una búsqueda organizada de información, permitiendo la sistematización de la documentación a través de la aplicación de cinco fases, las categorías de análisis tenidas en cuenta fueron la normativa y acuerdos internacionales en restauración ecológica y la conceptualización que la fundamenta. Como principales resultados se resalta la importancia de las diferentes cumbres internacionales, metas y desafíos que han aportado al desarrollo y gestión de la restauración ecológica, se logró identificar conceptualmente los tipos de restauración existentes sus características y diferencias. Se establecen las dificultades existentes en el logro de las metas que se han trazado a nivel mundial en cuanto a los procesos de restauración. Entre las principales conclusiones se resalta la importancia que tiene la restauración ecológica en el mejoramiento de las condiciones de los ecosistemas la cual permite llevarlos a restablecer sus componentes, estructura y función, así mismo, ecosistemas que han sufrido disturbios intensos que logran transformar sustancialmente sus características tienen la opción de ser rehabilitados o recuperados en los cuales no se logra llevarlo al ecosistema pre-disturbio pero permite restablecer ciertas funciones para la sostenibilidad del ecosistema y del bienestar humano.

Keywords

Restoration; wetlands; landscape; impact.

Abstract

This review article sought to publicize the evolution since its inception of the conceptualization of ecological restoration, establishing the different agreements and international conferences that guide the management and implementation of said area, likewise, the conceptual bases of the subject are raised, establishing the importance, applicability and existing differences in relation to concepts such as rehabilitate and recover. For this, an organized search for information was developed, allowing the systematization of the documentation through the application of five phases, the categories of analysis taken into account were the regulations and international agreements on ecological restoration and the conceptualization that supports it. The main results highlight the importance of the different international summits, goals, and challenges that have contributed to the development and management of ecological restoration, it was possible to conceptually identify the existing types of restoration, their characteristics, and differences. The existing difficulties in achieving the goals that have been set worldwide in terms of restoration processes are established. Among the main conclusions, the importance of ecological restoration in improving the conditions of ecosystems is highlighted, which allows them to restore their components, structure, and function, likewise, ecosystems that have suffered intense disturbances that manage to substantially transform their characteristics. they have the option of being rehabilitated or recovered in which it is not possible to bring it to the pre-disturbance ecosystem but it allows to restore certain functions for the sustainability of the ecosystem and human well-being.

Introducción

En la actualidad los ecosistemas se han visto seriamente afectados por las diferentes actividades generadas por el hombre, esto establece la necesidad de implementar estrategias que garanticen la permanencia de dicho potencial ambiental, en el que la restauración ecológica ha ido tomando cada vez, mayor importancia ya que contribuye a revertir la degradación [1]. Buscando en lo posible llevar al ecosistema a las condiciones pre-disturbio.

Por su parte la recuperación busca reparar los servicios del ecosistema tanto en su estructura como función y la rehabilitación, darle una nueva oportunidad al ecosistema en la prestación de servicios diferentes a los del ecosistema original [2], brindando diferentes mecanismos de manejo de las áreas disturbadas. Sin embargo, existen dificultades en lograr implementar las estrategias más adecuadas para cada zona, en parte, por el desconocimiento técnico de lo que implica la restauración reduciendo su ejecución a procesos de reforestación. Haciéndose necesario profundizar en la conceptualización de la restauración ecológica. De allí, que el presente artículo busca desarrollar una revisión de tema que permita dar conocer más a fondo las bases conceptuales de esta área, que oriente en la finalidad de la restauración ecológica, los aportes que desarrolla a la recuperación de las áreas degradadas, como los nuevos enfoques que en la actualidad se están planteando, entre otros.

Metodología

La presente investigación es cualitativa de tipo exploratorio, cuya metodología consistió en una búsqueda de literatura científica en la que se aplicó el desarrollo de cinco fases para la sistematización de la documentación acopiada conforme a lo establecido por Denyer y Tranfield [3].

En la fase 1. Se estableció una pregunta de investigación ¿cuál es la base conceptual que permite establecer la importancia, los aportes y los desafíos de la restauración ecológica en Colombia? En la fase 2. se identificaron todos los estudios relevantes relacionados con las definiciones de restauración ecológica, evolución, métodos de implementación, beneficios y dificultades para su desarrollo, se consideraron documentos como papers científicos, libros e informes institucionales, como fuentes de búsqueda se consideraron las bases de datos Scielo, Scopus, Science Direct y Redalyc entre los criterios de búsqueda se utilizaron las palabras restauración ecológica en combinación con las palabras definición, importancia, aportes, métodos, desafíos, normatividad, monitoreo.

Los años de búsqueda principalmente fueron desde 2010 a 2023, no obstante, se tuvieron en cuenta documentos y artículos que por su información relevante no se encontraban dentro de este rango de tiempo. En la fase 3. Se revisaron 150 artículos los cuales fueron organizados jerárquicamente, clasificándolos por título, autor, año de publicación, base de datos y tipo de documento es decir si es libro, artículo, informe, etc. De estos, se desarrolló una selección de 50 artículos que brindaron información amplia y relevante del tema de investigación.

En la fase 4. los artículos seleccionados fueron analizados buscando establecer las principales características de la restauración ecológica que la hacen ser una estrategia viable que logra responder a las diferentes problemáticas que traen consigo la transformación de los ecosistemas. Finalmente, en la fase 5, se presentan los resultados y análisis generados del proceso metodológico con base a la pregunta de investigación establecida inicialmente.

Resultados

Antecedentes en el desarrollo de la restauración ecológica

Sus antecedentes se establecen para el año 1972 con la primera Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente llevada a cabo en Estocolmo, en la que se realizó el primer balance de los impactos de las actividades desarrolladas por el hombre en la naturaleza, dejando como base la necesidad de empezar a desarrollar acciones que permitan la preservación de la naturaleza y la importancia de mejorar la relación sociedad - naturaleza [4]. Luego, para 1983 se crea la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida como Comisión Brundthand, en la que se resalta la importancia de fortalecer todos los procesos institucionales que promuevan el desarrollo de actividades de restauración estableciendo límites a la actividad humana [5].

Ya para el año de 1992 se desarrolló la Primera Cumbre de la Tierra, que estableció la declaración de Río sobre medio ambiente y desarrollo sostenible, gracias a esta, se genera la Agenda 21 que establece como meta la lucha contra la deforestación y el mantenimiento de todos los tipos de bosques [6]. Es así, que las conferencias y cumbres sentaron las bases que dieron origen posteriormente al concepto de restauración ecológica, empezando a mostrar la importancia que esta tendría en el futuro para la recuperación de los ecosistemas intervenidos y degradados.

Sumado a lo anterior, se han generado nuevos acuerdos y convenios que han permitido viabilizar la implementación de la restauración ecológica como estrategia de conservación, tal es el caso del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), generado en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río en 1982 y aplicado en 1993 [7]. Su principal objetivo fue “la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos” [8]. Permitiendo establecer la relación existente entre la restauración ecológica como estrategia de conservación de la biodiversidad en grandes extensiones de ecosistemas [1].

Por otra parte, el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica en el que se incluye las metas Aichi para el periodo 2011 – 2020 y los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en el año de 2015, establecen lineamientos en los que se resalta la importancia que posee la biodiversidad para el desarrollo de la población como proveedora de bienes y servicios y el papel que desempeña los procesos culturales en la transformación del entorno natural [9]. No obstante, su cumplimiento a la fecha ha tenido dificultades, tal es el caso de Latinoamérica que a pesar de ser una de las áreas más productivas y ricas en biodiversidad sigue presentando uno de los mayores índices de pobreza en el mundo [10], lo que no es concordante con el gran potencial ambiental con el que cuenta y con el que se podría reducir las brechas sociales y económicas existentes.

Ya para el año 2009 según Villalobos [11] se establece en Londres la mesa de alto nivel sobre restauración del paisaje forestal que buscó estimar las oportunidades mundiales de restauración, encontrándose a la fecha más de 1000 millones de hectáreas del paisaje forestal degradados que podrían ser restaurados.

En el año 2011 se establece el Reto Bonn, siendo éste, un esfuerzo global motivado por Alemania, cuya base es la restauración del paisaje forestal, en la que se recupere la integridad ecológica al tiempo que se mejore el bienestar humano, a través de la implementación de paisajes funcionales [11]. Inicialmente, se plateó el restaurar 150 millones de hectáreas para el año 2020, posteriormente, en el año 2014 con la declaración de Nueva York, se incrementó la meta a 350 millones de hectáreas para el 2030 [12].

Paralelamente, el World Resources Institute (WRI) desarrolló dos programas a ser implementados en América Latina y África, permitiendo concretar las metas de restauración en los países pertenecientes a cada una de las regiones, en el caso de África la meta es de 100 millones de hectáreas para el 2030, para Latinoamérica, el programa se denominó Iniciativa 20x20, buscando inicialmente restaurar 20 millones de hectáreas para el año 2020, posteriormente se incrementaron a 53 millones de hectáreas para el año 2050 [13]. Dada la dificultad de alcanzar la meta inicial, países como Colombia, Ecuador y Perú asumieron compromisos de restauración con 1, 0.5 y 3.2 millones de hectáreas respectivamente [14]. Finalmente, se resalta la conformación de redes nacionales en Brasil, Cuba, México, Colombia, Argentina y Chile y la consolidación de la Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica [15].

Sin embargo, a pesar de las amplias metas establecidas tanto a nivel mundial y regional se presentan dificultades significativas para ser alcanzadas [9], las razones son muy variadas y particulares a la situación social, económica y ambiental de cada uno de los países, sumado a la necesidad de generar e implementar sistemas de monitoreo cada vez más robustos que permitan medir de manera certera los logros generados con los procesos de restauración ecológica.

Bases conceptuales de la restauración ecológica

el ecosistema, constituye la unidad básica de la naturaleza, a lo cual Echeverría et al. [15] lo definió como un “complejo de organismos junto con los factores físicos de su medio ambiente”, a partir de esta conceptualización el ecosistema se convierte en el marco referencial que permite entender el funcionamiento de los seres vivos y su medio ambiente.

Es así, que los ecosistemas son dinámicos [16], complejos, definidos y afectados por una gran variedad de nuevos factores [17], tanto bióticos como abióticos que pueden ser analizados desde un enfoque sistémico que permite entender de una manera aproximada sus procesos [18], sometidos a cambios permanentes traducidos en algunas ocasiones en su deterioro, ya sea por la pérdida de biodiversidad, disminución de la productividad, la erosión del suelo, mayor incidencia de plagas y enfermedades [19] y la disminución de bienes y servicios; ocasionados por procesos como crecimiento poblacional, el desarrollo industrial, la contaminación, entre otros [20].

De allí, que el concepto de ecosistema puede ser explicado desde un enfoque puramente biofísico [21] limitando el análisis integral de todos los componentes que interactúan con el espacio geográficamente delimitado; no obstante, su visión holística implica la inclusión de nuevos conceptos que amplían dicha perspectiva y que dan conocimiento de la resiliencia que los ecosistemas logran desarrollar [22]. De allí, que el hombre transforme su entorno y por ende las características de los ecosistemas en los que habita, estableciendo una dinámica particular con su territorio [23].

Sin embargo, en la actualidad el concepto de ecosistema en sí mismo, se enmarca cada vez más en el contexto de cambio climático, uso de la tierra, especies invasoras y la reducción de la biodiversidad entre otros, en donde estas nuevas condiciones Kadykalo et al. [24] brindan beneficios que favorecen la existencia y el bienestar del hombre, en los que se observa la fuerte relación con las comunidades en la provisión de bienes y servicios ambientales. En donde el componente histórico les brinda, elementos irrepetibles como el relieve, las características del suelo, los diferentes procesos ecológicos y los regímenes de disturbio, considerándose este último como “un evento discreto, no planeado, de origen natural o antrópico que afecta negativamente la composición, estructura y funcionamiento de los ecosistemas” como lo afirma Whitte y Jentsch [25] citado por [26].

Este puede ser de origen natural (heladas, inundaciones, vulcanismo, etc.) o antrópicos (ganadería, agricultura, minería, deforestación, entre otros) (cuadro 1), en donde su dinámica espacial y temporal depende de la forma como estos interactúan con el entorno [1, p. 227]. La escala espacial establece la extensión del disturbio, la magnitud la fuerza del disturbio y la dimensión temporal la frecuencia y la predictibilidad del mismo, pudiéndose clasificar los disturbios como raros, frecuentes, recurrentes y continuos [1, p. 227].

Cuadro 1. Disturbios naturales y antrópicos de ocurrencia en ecosistemas terrestres y acuáticos.

Disturbios Naturales / Antrópicos	Ecosistemas terrestres	Ecosistemas de agua dulce	Ecosistemas costeros
Deforestación			
Agricultura y ganadería			
Potrerización			
Sistemas de producción forestales no sostenibles			
Invasiones biológicas			
Cultivos ilícitos			
Quemas			
Desecación de turberas			
Minería			
Contaminación			
Sobreexplotación de recursos biológicos			
Desarrollo industrial y urbanístico			
Modificación de regímenes hidrológicos			
Sedimentación			
Pesca con dinamita y/o red de arrastre			
Huracanes			
Terremotos y maremotos			
Fuego			
Inundaciones			
Deslizamientos			
Vulcanismo			

Fuente: [1, p. 228].

¿Qué es la restauración ecológica?

Su estudio empieza a desarrollarse a finales del siglo XX en Estados Unidos, con la implementación de actividades de reforestación, pero solo fue hasta mediados de los años 80 que se constituyó como disciplina [28]. La Sociedad Internacional para la Restauración

Ecológica [29, p. 3] la define como el *“proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido”*, lo cual al ser un proceso implica el desarrollo de acciones que son planificadas para alcanzar objetivos específicos [30].

Para Murcia y Guariguata [31, p. 15] la restauración ecológica es una actividad intencional que reduce las consecuencias de los impactos y contribuye a los procesos de sucesión vegetal con la implementación de especies del ecosistema de referencia. *“Buscando restablecer algunas de las trayectorias posibles de los ecosistemas históricos de una región”* [32], para Ospina et al. [2] se busca restablecer el ecosistema a una condición similar al ecosistema pre-disturbio en su composición, estructura y función que le permita ser auto sostenible y que garantice la continuidad en la prestación de los bienes y servicios ambientales con la ayuda de especies que originalmente se encontraban en el ecosistema [33].

Sin embargo, no todos los ecosistemas pueden ser llevados a las condiciones del ecosistema pre-disturbio ya que las características del impacto pueden impedir llevarlo a las condiciones iniciales, para esto, existen alternativas como la recuperación que busca recobrar algunos servicios de importancia social y que no necesariamente el ecosistema debe llegar a ser autosostenible por lo tanto, no se presenta características idénticas al ecosistema predisturbio y la rehabilitación que busca llevar o no al ecosistema deteriorado a condiciones predisturbio, sin embargo, este debe ser autosostenible manteniendo especies y prestando algunos servicios ecosistémicos Ospina et al. [2].

No obstante, dados los diferentes escenarios presentes en los ecosistemas la restauración ecológica debe ser considerada como una *“estrategia de manejo de tipo adaptativo que sea capaz de tener en cuenta no solo las características del ecosistema de referencia sino además el contexto real hacia donde se dirigen los escenarios posibles de la restauración”* [2, p. 15] Ospina et al. [2]. A esto también se suma lo establecido por Aguilar et al. [32, p. 62], quienes afirman que en todo proceso de restauración debe incluirse el componente *“dinámico, el componente histórico, el componente territorial y el componente social”*.

Es por ello, que la restauración ecológica surge como una estrategia de carácter interdisciplinario que busca dar respuestas a procesos de gestión y manejo de los ecosistemas que permita restablecerlos y evitar futuros daños [2, p. 15]. Para esto, se hace necesario contar con los conocimientos del estado del ecosistema antes y después de la perturbación, las causas de la generación del daño, su estructura, función y composición, interrelacionados con los factores económicos, socioculturales e históricos.

Igualmente, Xiao et al. [34], establecen la necesidad de la existencia de mecanismos que estimulen su implementación, ya sean financieros o no financieros, los primeros buscan brindar incentivos económicos como acuerdos de mercado, sistemas voluntarios privados y creación de mercado apoyado por el gobierno entre otros. Por su parte, los mecanismos no financieros consideran incentivos indirectos como la generación de leyes, el trabajo voluntario de ONG, los trabajos de restauración producto de la acción local y la restauración cuya base se centra en los valores estéticos y éticos [35].

Restauración del paisaje forestal (RPF)

La deforestación es una de las amenazas más latentes en la actualidad, se estima que aproximadamente el 15% de las emisiones de efecto invernadero son generadas por esta problemática, siendo especialmente preocupante en las selvas tropicales, en el Amazonas solo, casi una quinta parte de la superficie forestal se ha perdido en los últimos 50 años [11]. Sin embargo, se hace importante resaltar que ésta es solo una de las causas que han ocasionado la degradación de los bosques, en la que se genera la reducción de su capacidad de suministrar

bienes y servicios [38, p. 3]. Según Mitchell, Rosenqvist y Mora [39, p. 3] dicha degradación implica cualquier pérdida directa y persistente de la densidad de carbono a lo largo del tiempo en las tierras forestales que siguen siendo bosques.

De allí, que las alternativas de restauración deberían ser planificadas a nivel de paisaje que permita restablecer la integridad ecológica y contribuir al bienestar humano, para Villalobos [11] este enfoque, implica el mejoramiento de la tierra a una gran escala, reconstruyendo su integridad ecológica y mejorando la vida de la gente, para lo cual se debe desarrollar un proceso planificado en paisajes deforestados y degradados. Es así, que la restauración del paisaje forestal (RPF) implica el incremento de número de árboles, en áreas en las que interactúan diversos usos de la tierra tales como las cuencas hidrográficas [40].

Para Alberto [41] se constituye como un enfoque con visión de futuro, que contribuye a la resiliencia de los paisajes forestales y brinda diferentes opciones con el objetivo de beneficiar a los bosques y a los productores, de allí, que los procesos de restauración en estas áreas no buscan necesariamente llevar a los bosques a su estado original. Entre las características que se resaltan de acuerdo a en este enfoque se encuentran [42]: implementar una perspectiva con enfoque de paisaje, Funciona con una condición de doble-filtro e integrar diferentes actores que determinan las estrategias de restauración a ser implementadas.

Restauración de ecosistemas

La restauración de los ecosistemas ha cobrado gran importancia en los últimos años propiciando la generación de objetivos acordados internacionalmente, el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), establece la adaptación basada en los ecosistemas y la mitigación de los efectos del cambio climático, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD) y la Convención Ramsar sobre el uso racional de los humedales y la restauración de los ecosistemas en los Objetivos del Desarrollo Sostenible [43].

Por su parte, El Convenio de Diversidad Biológica (CDB) [8, p. 6], determina que cada una de las partes deberá, desarrollar estrategias que permitan restaurar los ecosistemas degradados y generar la recuperación de especies que se encuentren amenazadas. Para lo cual, en la conferencia de las partes (COP) del convenio en el año 2012, se adoptó una decisión general de restauración que tuvo el apoyo del llamamiento Hyderabad, que se convierte en un esfuerzo concertado en la restauración de los ecosistemas, propuesto por los Gobiernos de India, La República de Corea y La Republica de Sudáfrica.

Entre los métodos que contribuyen a los ecosistemas a recuperar sus características iniciales, Bannister et al. [44] mencionan a la restauración pasiva, estrategia que posee viabilidad en áreas extensas, más económica y que contribuye a la recuperación de las perturbaciones que reducen la capacidad de resiliencia de las áreas a restaurar, consiste en la recuperación sin asistencia o intervención humana activa que trae ventajas en la recuperación de los ecosistemas generando ganancias en las biodiversidad y prestación de servicios ecosistémicos [45] con menos legado de intervención humana, también requiere poca experiencia técnica, proyectándose como un mecanismo clave para la persistencia de la biodiversidad durante el próximo siglo [46].

No obstante, su desarrollo implica costos directos e indirectos el primero se relaciona con el mayor tiempo de recuperación que es típicamente utilizado en la restauración pasiva y el cual se puede percibir como el fracaso del proyecto, conduciendo a su terminación prematura por parte del propietario al no ver resultados rápidos, por otro lado, esta, puede verse como el abandono de la tierra, en países en desarrollo en donde la tenencia no siempre se aplica estrictamente, pueden generarse usos imprevistos como la actividad ganadera para el aprovechamiento de pasto forrajero, retrasando los esfuerzos de la restauración. Con lo que respecta a los costos

financieros tanto materiales para el establecimiento de cercas vivas como los costos laborales para la vigilancia del sitio implican en algunas ocasiones desarrollar inversiones repetidas por tiempos más largos, aspectos que deben ser considerados antes de realizar un proceso de restauración de este tipo [47].

Otro de los métodos que pueden ser implementados es la restauración activa o asistida, que consiste en la intervención antrópica directa a través del enriquecimiento, remoción o traslado del material vegetal, entre otros [2, p. 17], en la que se elimina la fuente de perturbación y se implementa estrategias para acelerar la recuperación y superar los obstáculos presentes en la restauración pasiva [48], ya que esta no puede restablecer el funcionamiento ecológico y diversidad, principalmente en las áreas tropicales debido a la gran escala y tasa rápida de deforestación que se dan en estos ecosistemas o a las largas distancias de colonización que impiden el retorno de las especies [49]; siendo la restauración natural lenta o detenida por ejemplo debido al dominio de los pastos, hierbas o arbustos conocida como “*sucesión detenida*” [50, p. 68].

Finalmente, Rodríguez & González [51] resaltan la importancia de analizar la procedencia del material vegetal utilizado en los procesos de restauración activa ya que la translocación es un factor importante para la biodiversidad y la creación de hábitat. Así como también, se hace importante considerar que la tasa de recuperación ya sea por restauración activa o pasiva dependerá de variables tales como el historial del uso de la tierra, la matriz del suelo circundante, el tipo de suelo, las características climáticas y la distancia al bosque primario [53].

Conclusiones

La restauración ecológica se constituye como una disciplina relativamente reciente, lo que ha generado que en su aplicabilidad se considere principalmente la recuperación de sus componentes, sin tener en cuenta la integralidad que requiere este proceso en donde la estructura y la función deberían ser criterios a ser incluidos.

La restauración ecológica como ciencia ha tomado cada día mayor importancia, gracias a los aportes tanto conceptuales como prácticos que se han ido desarrollando, sin embargo, su implementación requiere recursos económicos y humanos que viabilicen su ejecución, por lo cual es importante la inclusión de las comunidades para asegurar la sostenibilidad de los procesos.

No todas las áreas son aptas para el desarrollo de restauración ecológica, en muchos casos los disturbios son tan fuertes que imposibilitan llevar al ecosistema a una condición de pre-disturbio lo que lleva a establecer estrategias alternar como la rehabilitación o la recuperación.

Potencial conflicto de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses durante la realización de la investigación.

Fuentes de financiamiento

Esta investigación se desarrolló con el apoyo de la Universidad Mariana.

Referencias

- [1] O. Vargas-Ríos, «Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación», *Acta Biológica Colombiana*, vol. 16, n.º 2, pp. 221-246, ago. 2011.

- [2] O. L. Ospina Arango, S. Vanegas Pinzon, G. A. Escobar Niño, W. Ramírez, y J. J. Sánchez, *Plan Nacional de Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Degradadas - PNR*. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015.
- [3] D. Denyer y D. Tranfield, «Producing a systematic review», en *The Sage handbook of organizational research methods*, Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd, 2009, pp. 671-689.
- [4] G. Handl, «Declaración de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano (declaración de Estocolmo), de 1972, y declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo, de 1992. Biblioteca Audiovisual de Derecho Internacional de las Naciones Unidas», 2012, p. 14.
- [5] Naciones Unidas, «Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo», presentado en Desarrollo y cooperación económica internacional: Medio ambiente, 1987, p. 416.
- [6] G. Pérez-Bustos, C. Martínez Escobar, y J. De las Heras, «Procesos de sostenibilidad: de la agenda 21 a la agenda 2030», presentado en 14º Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA18, Madrid. España., 2018, p. 26.
- [7] M. de los Á. B. Mora, «La preocupación por la naturaleza, ¿un proceso natural para la política pública? Cómo promover que los temas vinculados con el desarrollo sostenible sean considerados en las agendas ambientales de las ciudades», *Opera*, n.º 19, Art. n.º 19, nov. 2016, doi: 10.18601/16578651.n19.04.
- [8] Naciones Unidas, «Convenio sobre la Diversidad Biológica», 1992, p. 30.
- [9] M. Á. Echeverry-Galvis, M. Unda, M. P. Bravo, N. García, G. A. Rubiano-Pinzón, y J. V. Palomino, «Plan de Acción en Biodiversidad de la PNGIBSE, Metas Aichi y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia: análisis y concordancia en el discurso entre metas propuestas para 2020», *Gestión y Ambiente*, vol. 22, n.º 2, Art. n.º 2, jul. 2019, doi: 10.15446/ga.v22n2.82227.
- [10] J. E. Vacca-Sánchez, «Contribución al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible-ODS mediante la implementación de la condición BIC por parte de empresas ubicadas en Latinoamérica: aplicación en Colombia», Tesis de Especialización, Universidad Católica de Colombia, 2021. Accedido: 13 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/items/7ec95e28-c836-44e7-a812-45f16c5a629c>
- [11] R. Villalobos, «Herramientas para el manejo sostenible de bosques secundarios tropicales.», presentado en Conceptos de restauración en el Neotrópico actual, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=2t42XJJxW4A>
- [12] R. Dave, C. Saint-Lauren, M. Moraes, S. Simonit, L. Raes, y C. Karangwa, «El Barómetro de Progreso del Desafío de Bonn», Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales, Gland, Suiza, Informe monográfico 2017, 2018.
- [13] R. Zamora *et al.*, *Sustainability Index for Landscape Restoration*. World Resources Institute, 2020. Accedido: 13 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.wri.org/research/sustainability-index-landscape-restoration>
- [14] Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal, Ministerio, y del Medio Ambiente., «Plan Nacional de Restauración de Paisajes 2021-2030». 2021.
- [15] C. Echeverría, C. Smith-Ramírez, J. Aronson, y J. I. Barrera-Cataño, «Good news from Latin America and the Caribbean: national and international restoration networks are moving ahead», *Restor Ecol*, vol. 23, n.º 1, pp. 1-3, ene. 2015, doi: 10.1111/rec.12174.
- [16] O. Vargas-Ríos, Ed., «Bases ecológicas y sociales para la restauración de los páramos». Universidad Nacional de Colombia, 2022.
- [17] E. Martínez y L. G. Esparza, «Teorías de Sistemas Complejos: marco epistémico para abordar la complejidad socioambiental», *IS*, n.º 21, pp. 373-398, mar. 2021, doi: 10.55555/IS.21.316.
- [18] L. L. Rusinque, A. L. Moyano, y G. A. Montoya, «Conectividad entre los Andes y la Amazonía, un análisis de la configuración del paisaje del departamento de Caquetá, Colombia», *Perspec.geogr*, vol. 27, n.º 1, pp. 86-105, ene. 2022, doi: 10.19053/01233769.12944.
- [19] A. M. Arango Arango *et al.*, «Los servicios ecosistémicos desde la percepción de los productores de café de Belén de Umbría, Risaralda, Colombia», *RIAA*, vol. 11, n.º 2, p. 9, 2020.
- [20] K. Ocampo, «Modelo descriptivo de restauración ecológica en zonas afectadas por incendios forestales e invasión de retamo espinoso en los Cerros Orientales de Bogotá», *Acta biol. Colomb.*, vol. 24, n.º 1, pp. 1-12, ene. 2019, doi: 10.15446/abc.v24n1.71953.
- [21] A. García-Romero y J. Muñoz Jiménez, *El paisaje en el ámbito de la geografía*. Instituto de Geografía, UNAM, 2002.

- [22] M. Sobral y A. Magrach, «Restoration of ecosystem functionality: the value of species interactions», *ECOS*, vol. 28, n.º 2, pp. 4-10, ago. 2019, doi: 10.7818/ECOS.1737.
- [23] A. Ortiz-Ibarra, N. G. Molina-Luna, E. Martínez-Ojeda, y J. Martínez-López, «La percepción local de la transformación del paisaje en San Juan Teposcolula, Oaxaca México», *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*, vol. 25, n.º 1, pp. 1-11, jun. 2022, doi: 10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2144.
- [24] A. N. Kadykalo *et al.*, «Disentangling 'ecosystem services' and 'nature's contributions to people'», *Ecosystems and People*, vol. 15, n.º 1, pp. 269-287, ene. 2019, doi: 10.1080/26395916.2019.1669713.
- [25] P. S. White y A. Jentsch, «The Search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystem Dynamics», en *Progress in Botany: Genetics Physiology Systematics Ecology*, K. Esser, U. Lüttge, J. W. Kadereit, y W. Beyschlag, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer, 2001, pp. 399-450. doi: 10.1007/978-3-642-56849-7_17.
- [26] G. Vacchiano, M. B. Pesendorfer, M. Conedera, G. Gratzer, L. Rossi, y D. Ascoli, «Natural disturbances and masting: from mechanisms to fitness consequences», *Phil. Trans. R. Soc. B*, vol. 376, n.º 1839, pp. 1-13, dic. 2021, doi: 10.1098/rstb.2020.0384.
- [27] A. Jentsch y P. White, «A theory of pulse dynamics and disturbance in ecology», *Ecology*, vol. 100, n.º 7, pp. 1-15, jul. 2019, doi: 10.1002/ecy.2734.
- [28] G. A. Zuleta *et al.*, «Restauración Ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina», en *Gobernanza de la restauración ecológica a distintas escalas: global, regional, sub-nacional*, 1.ª ed., V. Massara, Ed. Argentina: Adriana Elizabeth Ortín Vujovich, 2020, pp. 365-379. Accedido: 22 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/147016>
- [29] Society for Ecological Restoration (SER) International, *Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica*, Grupo de trabajo sobre ciencia y Políticas. Society for Ecological Restoration International, 2004.
- [30] M. Aguilar Garavito *et al.*, *Guía para la restauración ecológica de la región Subandina en el Distrito de conservación de suelos Barbas Bremen*. Bogotá D.C: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://docplayer.es/92576067-Guia-para-la-restauracion-ecologica-de-la-region-subandina-caso-distrito-de-conservacion-de-suelos-barbas-bremen.html>
- [31] C. Murcia y M. R. Guariguata, *La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades*. Bogor, Indonesia: Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR), 2014. doi: 10.17528/cifor/004519.
- [32] W. D. Galvis y L. L. Roa, «Plan de restauración ecológica en áreas priorizadas al interior del polígono minero BA3-152 en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá», Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana, 2020. doi: 10.11144/Javeriana.10554.48185.
- [33] A. H. Barchuk, *Manual de buenas prácticas para la conservación de los bosques nativos*, 1.ª ed. Brujas, 2019. Accedido: 22 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/11833>
- [34] Y. Xiao, Q. Xiong, P. Liang, y Q. Xiao, «Potential risk to water resources under eco-restoration policy and global change in the Tibetan Plateau», *Environ. Res. Lett.*, vol. 16, n.º 9, pp. 1-14, sep. 2021, doi: 10.1088/1748-9326/ac1819.
- [35] I. S. Galarza Cachiguango, C. Aguinaga, P. López, R. Molina, y G. Rosero Ortega, «Competencias laborales en el sector de la restauración: un marco de competencias clave para su gestión», *tursoc*, vol. 27, pp. 161-181, may 2020, doi: 10.18601/01207555.n27.09.
- [38] C. Sabogal, C. Besacier, y D. McGuire, «Restauración de bosques y paisajes: conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución», *Unasylva: revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, vol. 66, n.º 245, pp. 3-10, 2015.
- [39] A. L. Mitchell, A. Rosenqvist, y B. Mora, «Current remote sensing approaches to monitoring forest degradation in support of countries measurement, reporting and verification (MRV) systems for REDD+», *Carbon Balance and Management*, vol. 12, n.º 1, p. 9, abr. 2017, doi: 10.1186/s13021-017-0078-9.
- [40] L. Gichuki *et al.*, *Reviving land and restoring landscapes: policy convergence between forest landscape restoration and land degradation neutrality*. IUCN, International Union for Conservation of Nature, 2019. doi: 10.2305/IUCN.CH.2019.11.en.
- [41] R. Alberto, «Técnicas y buenas prácticas para la restauración de ecosistemas y paisajes en Centroamérica y el Caribe». Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2020.
- [42] A. C. Newton y N. Tejedor, *Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal : estudios de caso en las zonas secas de América Latina*. Madrid. España: IUCN, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/node/9990>

- [43] E. Pramova, B. Locatelli, H. Djoudi, S. Lavorel, M. Colloff, y C. Martius, *Para adaptar la restauración de la tierra a un clima cambiante: aceptemos lo que sabemos y lo que no*. Center for International Forestry Research (CIFOR), 2019. doi: 10.17528/cifor/007462.
- [44] J. R. Bannister *et al.*, «Experiencias de restauración en los bosques nativos del sur de Chile: Una mirada desde la Isla Grande de Chiloé», *Revista Bosque Nativo*, vol. 52, pp. 35-43, 2013.
- [45] S. Volis, «Conservation-oriented restoration – a two for one method to restore both threatened species and their habitats», *Plant Diversity*, vol. 41, n.º 2, pp. 50-58, abr. 2019, doi: 10.1016/j.pld.2019.01.002.
- [46] C. C. Jakovac, A. B. Junqueira, R. Crouzeilles, M. Peña-Claros, R. C. G. Mesquita, y F. Bongers, «The role of land-use history in driving successional pathways and its implications for the restoration of tropical forests», *Biol Rev*, vol. 96, n.º 4, pp. 1114-1134, ago. 2021, doi: 10.1111/brv.12694.
- [47] J. Fischer, M. Riechers, J. Loos, B. Martin-Lopez, y V. M. Temperton, «Making the UN Decade on Ecosystem Restoration a Social-Ecological Endeavour», *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 36, n.º 1, pp. 20-28, ene. 2021, doi: 10.1016/j.tree.2020.08.018.
- [48] A. L. Trujillo-Miranda, T. Toledo-Aceves, F. López-Barrera, y P. Gerez-Fernández, «Active versus passive restoration: Recovery of cloud forest structure, diversity and soil condition in abandoned pastures», *Ecological Engineering*, vol. 117, pp. 50-61, jul. 2018, doi: 10.1016/j.ecoleng.2018.03.011.
- [49] N. Fuentes-Molina, D. A. Varela-Martinez, y D. Garcia-Solano, «Cultivos de cobertura como alternativa sostenible: análisis de *Pueraria phaseoloides* en suelos tropicales», *Inf. tecnol.*, vol. 34, n.º 1, pp. 47-58, feb. 2023, doi: 10.4067/S0718-07642023000100047.
- [50] O. Vargas Ríos, *Guía metodológica para la Restauración Ecológica del bosque altoandino*. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, 2007.
- [51] I. C. Rodríguez González, «Investigación de restauración ecológica en bosques Andinos Colombianos: un análisis bibliométrico y vacíos de información», *Actual. Biol.*, vol. 44, n.º 117, pp. 1-18, abr. 2022, doi: 10.17533/udea.acbi.v44n117a02.
- [53] S. E. Lozano-Baez, M. Cooper, S. Frosini de Barros Ferraz, R. Ribeiro Rodrigues, M. Castellini, y S. Di Prima, «Recovery of Soil Hydraulic Properties for Assisted Passive and Active Restoration: Assessing Historical Land Use and Forest Structure», *Water*, vol. 11, n.º 1, p. 86, ene. 2019, doi: 10.3390/w11010086.