

Amenazas y riesgos de origen natural y antrópico que pueden afectar un proceso de restauración ecológica en bosque seco tropical: estudio de caso Central Hidroeléctrica El Quimbo (Huila, Colombia)

Threats and risks of natural and anthropic origin that can affect an ecological restoration process in a tropical dry forest: A case study of El Quimbo Hydroelectric Power Plant (Huila, Colombia)

Adriana Tamayo-Quintana^a, Francisco Torres-Romero^{a, b}

RESUMEN

La década para la restauración de ecosistemas (2021-2030) tiene el propósito a nivel mundial de incrementar a gran escala la restauración de ecosistemas degradados y destruidos. En este contexto, identificar y gestionar las amenazas y riesgos de origen natural y antrópico que pueden afectar los procesos de restauración ecológica es fundamental para cumplir los objetivos y metas establecidos. Como estudio de caso, se analizó el proceso de restauración de bosque seco tropical de 11 079 ha de la Central Hidroeléctrica El Quimbo, ubicada en el departamento de Huila, Colombia. El estudio tuvo un enfoque mixto: por un lado, se hizo revisión documental de amenazas de origen natural y antrópico en procesos de restauración y áreas de conservación; y, por otro lado, se realizaron dos encuestas a 62 actores relacionados con el proceso de restauración. Los datos obtenidos se analizaron mediante una matriz de vulnerabilidad basada en criterios físicos, bióticos, de conocimiento del proceso y del área. Finalmente, se estimaron los riesgos. Como resultados se identificaron 29 amenazas naturales y 46 antrópicas que pueden afectar los procesos de restauración en general; y, para el caso de estudio, se determinaron 15 amenazas naturales y 24 antrópicas. Los principales riesgos naturales identificados fueron: incendios forestales, sequía extrema y cambio climático. Los riesgos antrópicos más destacados fueron: ganadería no sostenible, invasión antrópica y aquellos relacionados con extracción y uso de recursos. A partir de los resultados, se formularon recomendaciones para avanzar en la gestión integral del riesgo. Se debe considerar un enfoque socioecológico para hacer una gestión integral de las posibles amenazas y riesgos en procesos de restauración.

ABSTRACT

The decade for ecosystem restoration (2021-2030) pursues a global increase in the repair of degraded and destroyed environments on a large scale. In this context, identifying and managing natural and anthropic threats and risks affecting ecological restoration processes are fundamental to achieving the established objectives. The case study addressed the tropical dry forest restoration process of 11 079 ha of El Quimbo Hydroelectric Power Plant in Huila, Colombia. The research comprehended a combined approach; hence, the review considered natural and anthropic threats to the rehabilitation and conservation areas; based on this, two surveys were applied to 62 actors related to the renewal process. The analysis included a vulnerability matrix grounded on physical and biotic criteria and knowledge of the process and the area. Finally, the risks were estimated. As a result, 29 potential natural and 46 anthropic threats that affect restoration processes were identified, finding 15 natural and 24 anthropogenic hazards. The most significant natural risks were: forest fires, extreme drought, and climate change. The most relevant anthropic menaces were: unsustainable cattle ranching, anthropic encroachment, and those related to resource extraction and use. The results suggested recommendations to advance integrated risk management. A socio-ecological approach should be considered for facing possible hazards and risks in restoration processes.

PALABRAS CLAVE: amenaza natural, evaluación del impacto ambiental, incendio forestal, sequía.

KEYWORDS: natural hazards; environmental impact assessment; forest fires; drought.

a Fundación Natura, Subdirección de Conservación e Investigación. Carrera 21 39-43. Bogotá, Colombia.
ORCID Tamayo-Quintana, A.: <https://orcid.org/0000-0003-0218-2955>
ORCID Torres-Romero, F.: <https://orcid.org/0000-0001-7017-2922>

b Autor de correspondencia: ftorres@natura.org.co

Introducción

La restauración ecológica (RE) está siendo impulsada a nivel mundial y se ha convertido en un importante tema de política internacional. En el sector ambiental (Chazdon et al., 2020) se practica en todo el mundo, como respuesta directa a la degradación y destrucción de los ecosistemas y para mitigar los efectos asociados al cambio climático (IPBES e IPCC, 2021). Además del impacto ecológico, la RE tiene un enorme potencial para mejorar la salud de la población, el bienestar socioeconómico y la integridad de diversas culturas nacionales y étnicas (Aronson et al., 2020). Los beneficios socioeconómicos de la restauración comprenden, entre otros, crecimiento y desarrollo del empleo a escala local y regional, mejora y fortalecimiento de la equidad de género, incremento del gasto empresarial para el sector ambiental, aumento de la inversión local en educación y mejoramiento de los medios de vida (Montanarella et al., 2018). La RE también es reconocida como una de las principales soluciones basadas en la naturaleza (SBN) (Cohen-Shacham et al., 2016). Por lo tanto, la Asamblea General de la ONU declaró la Década de las Naciones Unidas (2021-2030) para la Restauración de los Ecosistemas, que tiene como propósito desarrollar a gran escala la restauración de los ecosistemas degradados y destruidos (ONU, 2019).

En los últimos años, cada vez ha tomado mayor importancia integrar el estudio y gestión de riesgos como uno de los pilares fundamentales para la gestión ambiental en la toma de decisiones (Martínez et al., 2014). La gestión de riesgos es una herramienta fundamental para generar mecanismos de acción que puedan intervenir, modificar o disminuir las causas de la ocurrencia y mitigar los riesgos existentes (Sarmiento, 2007). Más aún, la gestión de riesgos se entiende como una estrategia a largo plazo con una dimensión interdisciplinaria para la previsión de posibles eventos y problemas ambientales (Cumbres de las Américas, 2001; Tamayo, 2020).

En este sentido, se han realizado estudios de análisis y gestión de riesgos aplicados principalmente a la prevención de desastres que puedan ocasionar daños al ser humano. En Colombia, a partir de los desastres naturales ocurridos en Armero y Armenia por causa de fenómenos naturales, surgieron

iniciativas para fortalecer la gestión de riesgos con enfoque social (Departamento Nacional de Planeación, 2018). Este esfuerzo dio lugar a la adopción de la Política Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres, mediante la Ley 1523 del 2012.

En los últimos años se han empezado a tomar con mayor seriedad medidas para prevenir riesgos basadas en ecosistemas o áreas de conservación (Moos et al., 2017). Así las cosas, el análisis y gestión de riesgos ha venido cobrando cada vez más relevancia en el componente biótico, enmarcado en las áreas de conservación, compensación y restauración ambiental, para garantizar su conservación en el tiempo (Tamayo, 2020). Hay varios criterios para el logro de los objetivos de un proceso de RE en un área de compensación a largo plazo, entre estos se encuentran el estudio y análisis de amenazas, daños y riesgos potenciales que se puedan evidenciar en el área o en el ecosistema (Pequeño et al., 2016).

La amenaza es entendida como los procesos o fenómenos naturales o antrópicos, no controlables o parcialmente controlables, con suficiente intensidad en un espacio y tiempo específicos, que pueden causar daños. La vulnerabilidad es una condición resultante de factores físicos, socioeconómicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una comunidad o ecosistema a los impactos y amenazas, que a su vez son factores controlables (Keipi et al., 2005). Por su parte, el riesgo se entiende como la probabilidad de pérdidas físicas, socioeconómicas y ambientales en un punto geográfico definido y en un tiempo específico, que está en función de las dos variables: amenaza y vulnerabilidad (Keipi et al., 2005).

Generalmente se consideran dos tipos de amenazas y riesgos: 1) de origen natural, en los que la pérdida potencial se produce por la acción de los procesos y elementos de la naturaleza (Arenas et al., 2010; Montenegro y Gutiérrez; 2013); y 2) de origen antrópico, en los que la pérdida potencial se debe a la sinergia entre la acción humana y el ambiente natural (Lizarazo y López, 2007). Estos tipos de amenazas y riesgos son motores importantes que intervienen en la conservación efectiva y restauración de los ecosistemas (Puentes et al., 2012).

En Colombia se ha avanzado en el estudio de amenazas y riesgos, a partir de presiones y factores

de vulnerabilidad en valores objeto de conservación. Para identificar las amenazas y los riesgos que enfrentan las áreas protegidas (Puentes et al., 2012), dichos trabajos se basan en la metodología de planificación para la conservación de áreas, utilizada a escala global para priorizar acciones de conservación (Granizo et al., 2006). De esta manera se han determinado los principales riesgos que pueden afectar valores objeto de conservación en las áreas protegidas, a partir de un modelo de planificación y monitoreo que identifica las principales fuentes de presión, el nivel de amenaza y la vulnerabilidad. Esto genera como resultado los principales riesgos para los valores objeto de conservación en las áreas protegidas. Es así como los modelos de planificación se pueden realizar con base en los resultados de los análisis de riesgos (Flórez et al., 2008).

En los estudios desarrollados se ha evidenciado el estado crítico de varios ecosistemas como el bosque seco tropical (Bs-T), que se encuentra altamente transformado y fragmentado (Etter et al., 2017), y que es afectado por perturbaciones naturales y antrópicas de alto impacto como: infraestructura humana, incendios, inadecuado manejo de la ganadería y de cultivos agrícolas, el turismo mal manejado, la cacería, la extracción de productos forestales no maderables, la tala selectiva, el pastoreo de ganado dentro del bosque, la tala intensiva, los hidrocarburos, la minería y la erosión (Pizano et al., 2015; González-M. et al., 2018).

Por una parte, estas perturbaciones ponen en riesgo los procesos y estrategias de conservación y restauración, además de su mantenimiento en el tiempo (Puentes et al., 2012; Parques Nacionales Naturales, 2012). Por otra parte, se ha analizado la efectividad en las áreas de compensación, lo que ha permitido identificar una incertidumbre a mediano y largo plazo en los procesos de compensación (Corzo et al., 2016).

Asimismo, se han evidenciado factores de amenaza en procesos de restauración ecológica asociados a riesgos de tipo natural como sequías, cambio climático, deslizamientos, vulcanismo, huracanes, tormentas, lluvias, vientos fuertes, inundaciones, heladas, incendios forestales y de tipo antrópico, principalmente con factores relacionados con ganadería y agricultura, minería, deforestación, quemadas,

explotación de especies, siembra de especies forestales exóticas y especies invasoras y extracción de materiales a cielo abierto (Barrera y Valdés, 2007; Vargas, 2011; Galatowitsch, 2012). Son persistentes las problemáticas y conflictos de origen natural y antrópico que emanan y que en muchos casos impiden el éxito de los procesos de RE. Lo anterior contribuye en que los resultados logrados muchas veces no perduren en el tiempo (Rodríguez et al., 2016), lo que genera un desafío en la formulación y ejecución de nuevos procesos de RE.

La RE es un proceso complejo y de largo plazo que demanda inversiones importantes de recursos económicos y humanos, lo que genera incertidumbre sobre el logro de los objetivos de RE, principalmente en ecosistemas tropicales, tal como afirman Murcia et al. (2017). Los mismos autores también insisten en la necesidad de realizar investigaciones más interdisciplinarias sobre los factores que influyen en el logro de los objetivos de RE en áreas de compensación a largo plazo.

Por lo tanto, el propósito de este trabajo fue establecer las amenazas y riesgos de origen natural y antrópico que pueden afectar un proceso de restauración ecológica en bosque seco tropical, a partir de un estudio de caso en el área de compensación de la Central Hidroeléctrica El Quimbo localizada en el departamento del Huila en Colombia. Este es el primer estudio realizado en el país sobre amenazas y riesgos de origen natural y antrópico que pueden afectar un proceso de restauración. Con los resultados aquí obtenidos se puede contribuir a la identificación y gestión de amenazas y riesgos asociados a los procesos de RE de ecosistemas en áreas de compensación y conservación.

Aunque se tienen otras experiencias de RE de Bs-T en Colombia, la elección del estudio de caso se decantó por el proceso de la Central Hidroeléctrica El Quimbo (CHEQ) debido a que esta presenta características interesantes para su exploración, como su extensión (11 079 ha), el tiempo propuesto para su desarrollo (24 años) y la declaración de un sector como área protegida de Bs-T. Adicionalmente, este proceso ha sido objeto de diferentes estudios académicos y cuenta con seguimiento periódico realizado por diferentes autoridades nacionales, regionales y locales.

Materiales y métodos

Área de estudio

La CHEQ fue construida y es operada por Enel Colombia, está ubicada en el centro del departamento del Huila, en el sur de Colombia, en el valle alto del río Magdalena, entre las cordilleras Central y Oriental, a 70 km al sur de Neiva (02°15'56" N; 75°40'40" O). El área de compensación de 11079 ha (Figura 1) es una de las medidas de compensación ambiental por la construcción de la CHEQ y se distribuye en los municipios de El Agrado, Garzón, Gigante, Tesalia y Paicol, en el ecosistema de Bs-T (Torres-Rodríguez et al., 2019). La hidroeléctrica comprende un rango altitudinal que va desde los

720 a 1400 m.s.n.m., presenta una temperatura promedio anual de 25°C y una precipitación promedio de 1200 mm; el régimen de lluvias es bimodal con dos temporadas secas bien reconocidas entre junio-agosto y diciembre-enero (Díaz et al., 2019).

El proceso de restauración de Bs-T de la CHEQ fue planeado para ser ejecutado en dos fases: la primera mediante un Plan Piloto de Restauración (2014-2018) sobre un área de 140 ha. A partir de los resultados del piloto se realizaría la implementación de la segunda fase de la RE a gran escala, por un periodo de veinte años con la ejecución de etapas sucesivas, de las cuales la primera se desarrollaría entre 2019 y 2022 y la segunda entre 2022 y 2025. En total, el tiempo contemplado del proceso

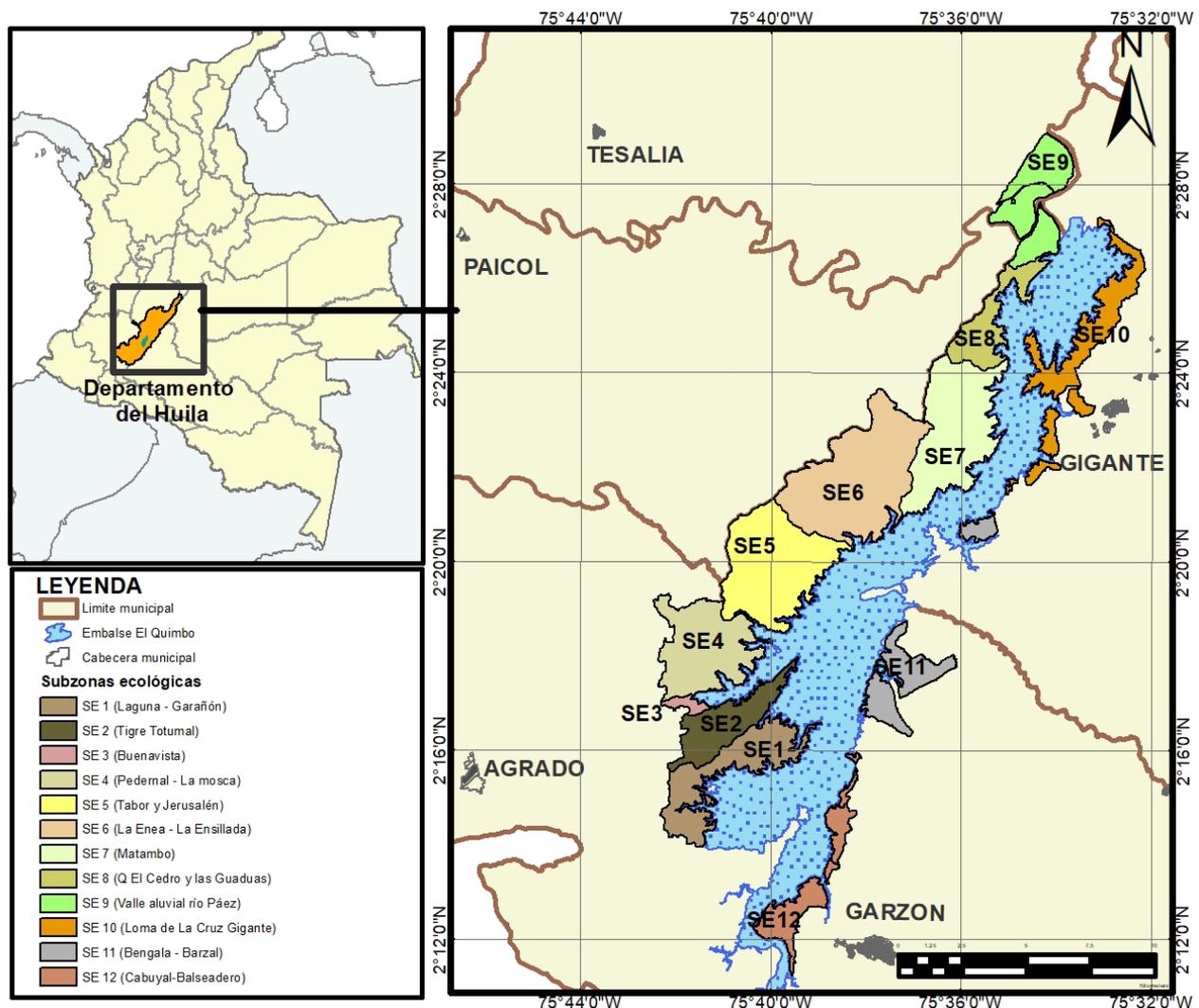


Figura 1. Localización del Área de Compensación Ambiental de la Central Hidroeléctrica El Quimbo, con subzonas ecológicas. Fuente: elaboración propia.

de RE de Bs-T es de 24 años, el cual inició con el proyecto piloto en el año 2014 y culminará en el año 2038. En 2017, dentro del área de compensación se constituyó la Reserva Natural de la Sociedad Civil (RNSC) Cerro Matambo con 918 ha; luego, en 2021, se hizo una ampliación de la RNSC de 2680 ha, lo que completó un total de 3568 ha declaradas como área protegida.

Por el tamaño y heterogeneidad del área para el proceso de RE de Bs-T (11079 ha), esta se subdividió en doce subzonas ecológicas (SE) con límites geográficos definidos (Figura 1 y Tabla 1), las cuales

presentan condiciones ecológicas, físicas, climáticas, de degradación, disturbio e intervención similares. Estas SE resultaron del trabajo de campo y zonificación ambiental para la RE realizado por Fundación Natura (2018).

Metodología

Se realizó un estudio mixto, con técnicas de investigación cualitativas, como revisión documental y encuestas, y cuantitativas, en las que se analizaron los datos obtenidos de preguntas cerradas, como se describe a continuación.

Tabla 1. Principales características de las subzonas ecológicas

Subzona ecológica (SE)	Principales características
1. Sector Laguna-Garañón	La SE no presenta limitantes físicas de pendiente alta en gran parte del área. Con predominancia de coberturas de tipo arbustal y pastizal con un alto grado de degradación, un paisaje que ha sido objeto de perturbación en gran parte del área, con baja conectividad paisajística y baja biodiversidad. Alta presencia de vías, lo que permite fácil accesibilidad terrestre y fluvial. Susceptibilidad muy alta a tensionantes.
2. Sector Tigre-Totumal	Esta subzona se caracteriza por paisajes de lomerío y algunas condicionantes físicas de alta pendiente, pero con vías en mal estado. Las áreas de alta pendiente tienen un grado de alteración medio y aquellas con pendiente moderada tienen una degradación notable. Los paisajes presentan una alta heterogeneidad y fragilidad en sus ecosistemas, con una gran fragmentación por la utilización intensiva de los suelos para ganadería. Predominancia de coberturas de tipo arbustal. Susceptibilidad alta a tensionantes con alta proporción de suelo desnudo (sin cubierta vegetal).
3. Sector Buena Vista	Esta SE presenta condiciones topográficas con pendientes bajas y valles, y escasas áreas con limitantes físicas. Con mayor representatividad de bosques que de pastizales, sin embargo, con un grado de fragmentación y degradación alto. Hay fácil accesibilidad en la mayor parte de la zona. Susceptibilidad alta a tensionantes.
4. Sector Pedernal-La Mosca	Gran parte del área de esta subzona tiene baja pendiente, algunas zonas presentan limitantes físicas por condiciones de pendiente fuerte. El área en general se encuentra en un estado de degradación medio con arbustales y pastizales de gran predominancia, pero con vegetación altamente fragmentada en sus coberturas naturales. La subzona cuenta con fácil accesibilidad en algunas partes, pero en otras más alejadas es difícil de acceder. Susceptibilidad muy alta a tensionantes.
5. Sector el Tabor y Jerusalén	En esta SE predominan las limitantes físicas con condiciones de pendiente fuerte en gran parte del área con un nivel de degradación medio. Las áreas con pendiente moderada presentan un estado de degradación alto. Gran representatividad de cobertura arbustal medianamente fragmentado. Presenta gran dificultad de acceso por escasez de vías, pero en algunos sectores hay fácil accesibilidad por vía fluvial. Susceptibilidad a tensionantes muy baja.
6. Sector La Enea-La Ensillada	En la subzona predominan áreas con limitantes físicas en función de la fuerte pendiente con un estado de degradación bajo. La vegetación en zonas de pendiente moderada presenta un estado de degradación medio y en coberturas transformadas un alto grado de degradación. Hay una importante representatividad de coberturas naturales de tipo arbustal y bosque con baja fragmentación. Fácil accesibilidad a algunas zonas de baja pendiente y difícil accesibilidad a zonas de alta pendiente. Susceptibilidad media a tensionantes.
7. Sector Matambo	Gran parte del área presenta limitantes físicas con alta pendiente, con predominancia de zonas conservadas y baja intervención antrópica y coberturas de tipo arbustal. Las áreas con pastizales en pendientes moderadas presentan un estado de conservación medio. Difícil accesibilidad a la mayor parte de la zona. Muy baja susceptibilidad a tensionantes.

Continúa

Subzona ecológica (SE)	Principales características
8. Sector Quebradas El Cedro-Las Guaduas	Esta área se caracteriza principalmente por sus abundantes montañas con pendientes fuertes, con gran representatividad de coberturas de tipo arbustal, herbazal y bosques con un estado de degradación bajo. La subzona presenta difícil accesibilidad en gran parte del área y muy baja susceptibilidad a tensionantes.
9. Sector Valle aluvial del río Páez	En la subzona se encuentran pocas limitantes físicas con predominancia de pendiente baja. La subzona presenta un alto nivel de disturbio, una alta intervención histórica del suelo y degradación alta. Cuenta con predominancia de coberturas de arbustal y pastizal con un alto grado de fragmentación. De fácil accesibilidad y una susceptibilidad muy alta a tensionantes.
10. Sector Loma de la Cruz Gigante	En esta SE predominan las limitantes físicas con pendientes demasiado fuertes. El 80% del área, aproximadamente, presenta condiciones de acceso difíciles, con un estado de degradación bajo; se destacan coberturas naturales como arbustales en buen estado de conservación. La subzona evidencia un difícil acceso al área y una muy baja susceptibilidad a tensionantes.
11. Sector Bengala-El Barzal	Gran parte del área presenta pendientes moderadas, con un estado de degradación alto. Se destacan las coberturas de tipo arbustal con un alto grado de fragmentación. La subzona cuenta con un nivel de accesibilidad por vía terrestre y fluvial medio y una susceptibilidad alta a tensionantes.
12. Sector Cabuyal-Balseadero	La subzona presenta áreas con pendientes moderadas a fuertes. En las zonas con pendiente fuerte se evidencia un bajo estado de degradación y en aquellas con pendiente moderada a baja se evidencia un alto grado de degradación. Predominan las coberturas de arbustal con un alto grado de fragmentación. La SE en general presenta un fácil acceso por vía fluvial y difícil acceso por vía terrestre, debido al mal estado de algunos caminos y vías. Cuenta con una susceptibilidad muy alta a tensionantes.

Fuente: elaboración propia.

Revisión documental

Inicialmente, se hizo una búsqueda bibliográfica en bases de datos (Scopus y Web of Science) y motores de búsqueda (Google Scholar y SciELO), con el objetivo de obtener información para identificar las amenazas que pueden afectar los procesos de RE. Las palabras utilizadas en la búsqueda fueron: “riesgos naturales”, “riesgos antrópicos” y “restauración ecológica”. A partir de esta revisión se consolidó una primera matriz con un listado de amenazas de origen natural y antrópico que pueden afectar los procesos de restauración o áreas de conservación.

Primera encuesta

Basados en los resultados de la revisión documental se realizó una primera encuesta en línea, en mayo de 2019, utilizando la plataforma Survey Monkey. Se consultó a un grupo de quince expertos seleccionados por tener un buen conocimiento del proceso de RE de Bs-T de la CHEQ, a los que se les envió directamente el enlace de la encuesta a su correo electrónico. Con las respuestas recibidas se identificó un listado inicial de las amenazas de origen natural y antrópico que posiblemente pueden

presentarse durante el proceso de RE del Bs-T de la CHEQ.

Segunda encuesta

A partir los resultados de la primera encuesta, se formuló la segunda encuesta en línea en la plataforma Survey Monkey, entre mayo y julio de 2019, dirigida a ochenta actores de los grupos de interés local, regional y nacional, relacionados con el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ (comunidades del área de influencia, instituciones públicas y privadas, academia e integrantes de organizaciones no gubernamentales y ambientales). En esta segunda encuesta se buscó identificar el nivel de amenaza mediante la posibilidad de ocurrencia e incidencia para cada una de las amenazas que pueden afectar el proceso de RE de Bs-T y la sostenibilidad del área de compensación ambiental de la CHEQ. Para esto se hicieron preguntas cerradas en las que se pidió valorar cada una de las amenazas de acuerdo con su grado de ocurrencia en el proceso de RE y en el área de compensación; así mismo, se pidió la valoración de cada una de las amenazas de acuerdo con su nivel o grado de incidencia para el proceso de RE y el área de compensación.

En las preguntas cerradas se solicitó a los actores la valoración del nivel de las amenazas a través de una escala Likert de cinco puntos (Guil, 2006). Para la presentación y mejor comprensión de los resultados, además de los datos numéricos, se asignaron colores a cada escala (donde: 5 = muy alta-rojo; 4 = alta-naranja; 3 = media-amarillo; 2 = baja-verde claro, y 1 = muy baja-verde oscuro). También se incluyeron preguntas de control para verificar el nivel de conocimiento de los actores encuestados y se les consultó por otras posibles amenazas que no estuvieran contempladas en el cuestionario.

Los niveles de amenaza se determinaron a partir de la sumatoria total entre las variables de incidencia y ocurrencia. Estos valores totales se normalizaron aplicando la fórmula de rangos de distribución de clases, en la que el número de clases fue 5, para discriminar los niveles de amenaza, de la siguiente forma: Rango de clase = (valor mayor-valor menor) / Número de clases. La metodología para el análisis de los resultados de la segunda encuesta, y posterior categorización de amenazas, se expone de manera más detallada en la Figura 2.

Para la determinación de la vulnerabilidad se siguieron las orientaciones metodológicas de Parques Nacionales Naturales (Pardo et al., 2007) en las que se incluyeron los valores objeto de conservación o ecosistemas como elementos de vulnerabilidad. El análisis se hizo teniendo en cuenta la subdivisión del área en 12 SE (Figura 1 y Tabla 1) que fueron denominadas de la siguiente forma: sector Laguna Garañón (SE 1), sector Tigre-Totumal (SE 2), sector Buenavista (SE 3), sector Pedernal-La Mosca (SE 4), sector El Tabor-Jerusalén (SE 5), sector La Enea-La Ensilada (SE 6), sector Matambo (SE 7), sector quebradas El Cedro y Las Guaduas (SE 8), sector Valle del río Páez (SE 9), sector Loma de la Cruz-Gigante (SE 10), sector Bengala-Barzal (SE 11) y el sector Cabuyal-Balseadero (SE 12). La categorización de la vulnerabilidad también estuvo determinada mediante una escala Likert de cinco puntos (donde: 5 = muy alta-rojo; 4 = alta-naranja; 3 = media-amarillo; 2 = baja-verde claro y 1 = muy baja-verde oscuro).

La estimación del riesgo se calculó a partir de la multiplicación entre la valoración del nivel de

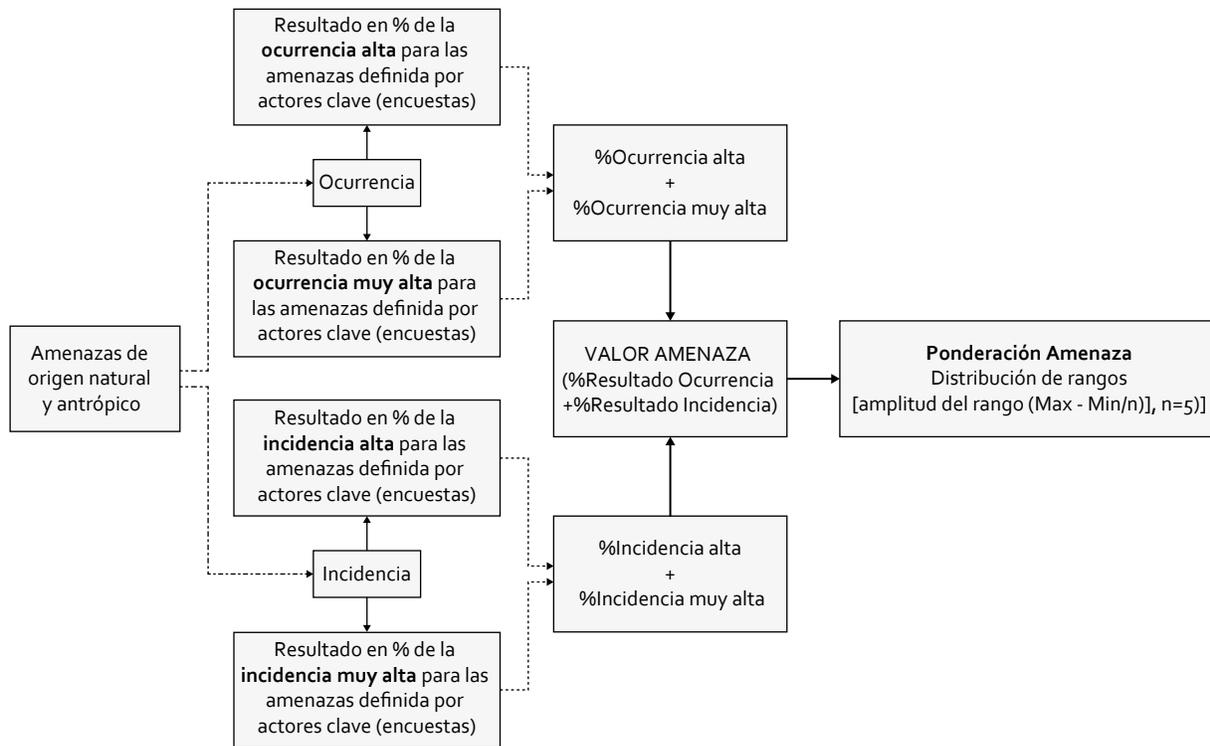


Figura 2. Proceso para identificación de la ocurrencia e incidencia de las amenazas de origen natural y antrópico que pueden afectar el proceso de restauración ecológica de bosque seco tropical. Fuente: elaboración propia.

amenaza y la valoración de la vulnerabilidad establecida para cada SE ante cada amenaza. La metodología para esta categorización se basó en la empleada por entidades nacionales como el IDEAM para la categorización de amenazas y riesgos (Páramo y Cuéllar, 2011; Hurtado y Guevara, 2016), mediante el cálculo de distribución de frecuencias de cinco rangos (donde: 5 = muy alta-rojo; 4 = alta-naranja; 3 = media-amarillo; 2 = baja-verde claro, y 1 = muy baja-verde oscuro) y amplitud a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Amplitud del rango} = \frac{(\text{Max1}-\text{Min1})}{n} \quad (1)$$

En esta ecuación, Min1 es el valor mínimo posible, Max1 es el valor máximo posible en la matriz y n es el número de categorías totales.

Los resultados del anterior proceso de categorización se compilaron en una matriz en Excel, que permitió determinar y priorizar los principales riesgos de origen natural y antrópico que se enfrentan en el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ.

A partir de los resultados de la revisión y de las dos encuestas, se formularon recomendaciones para buscar gestionar las amenazas y riesgos de mayor afectación para el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ.

Resultados

Revisión documental: identificación de amenazas de origen natural y antrópico que pueden afectar los procesos de RE

Se identificaron un total de 75 posibles amenazas que pueden afectar los procesos de RE, teniendo 29 amenazas originadas por factores naturales (Tabla 2), que para efectos de esta investigación se organizaron en cuatro categorías: atmosférico; geológico; hidrológico y sicionatural como lo propone Bernabé et al. (2014). Se registraron 46 posibles amenazas antrópicas distribuidas en seis categorías: biológica; humano; sociocultural; socio natural; sociopolítico y tecnológico (Tabla 3), que pueden afectar en general los procesos de RE.

Tabla 2. Posibles amenazas de origen natural para un proceso de RE

Atmosféricos	Geológicos	Hidrológicos	Socionaturales
<ul style="list-style-type: none"> • Ciclones • Desertificación • Erosión eólica • Heladas • Huracanes • Marejadas • Sequía extrema • Tormenta eléctrica • Tormenta tropical • Tornado • Vendaval 	<ul style="list-style-type: none"> • Erupción volcánica • Movimientos en masa • Movimientos sísmicos • Tsunami o maremoto 	<ul style="list-style-type: none"> • Avenidas torrenciales • Desbordamiento de ríos e inundaciones • Erosión costera • Erosión fluvial • Erosión hídrica • Granizadas • Inundación costera 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de polinizadores y dispersores • Cambio climático (Galatowitsch, 2012) • Erosión del suelo • Incendios forestales • Poca adaptabilidad genética al cambio climático • Salinización de los suelos • Sincronía fenológica

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Posibles amenazas de origen antrópico para un proceso de restauración ecológica

Tipo de amenaza	Amenazas
Biológica	<ul style="list-style-type: none"> • Ataque de plagas y enfermedades (hormigas, larvas y otros insectos; así como pudriciones y otras enfermedades).
Humana	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades náuticas inadecuadas. • Aglomeración pública. • Atropellamiento de fauna. • Cacería de subsistencia, comercial y deportiva. • Cambios en el uso de la tierra por ocupación campesina.

Continúa

Tabla 3. Posibles amenazas de origen antrópico para un proceso de restauración ecológica

Tipo de amenaza	Amenazas
Humana	<ul style="list-style-type: none"> • Captación ilegal de agua. • Contaminación de residuos sólidos o vertimientos. • Desviaciones de cauces. • Establecimiento de proyectos de hidrocarburos y energía. • Extracción de especies y tráfico de fauna. • Extracción y sobreexplotación de recursos costeros y biológicos. • Guaquería. • Invasión antrópica. • Pesca no controlada o indiscriminada. • Pisoteo de arrecifes. • Robo y sabotaje. • Turismo mal controlado.
Sociocultural	<ul style="list-style-type: none"> • Transformación o erosión cultural.
Socionatural	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de infraestructura. • Contaminación de agua subterránea. • Cultivos con fines ilícitos. • Deforestación. • Degradación de ecosistemas estratégicos. • Desarrollo industrial y urbanístico. • Desecación de humedales. • Especies invasoras. • Explotación selectiva de especies forestales valiosas y en estado de amenaza. • Extracción de madera para leñateo. • Extracción de materiales a cielo abierto. • Fragmentación del hábitat. • Ganadería no sostenible. • Minería. • Modificación de regímenes hidrológicos. • Paramización. • Potrerización. • Presencia de animales domésticos (perros y gatos ferales). • Sistemas de producción no sostenible.
Sociopolítico	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia o bajo nivel de gobernanza. • Cambios en la legislación. • Conflicto armado. • Conflicto con las comunidades vecinas. • Disputas por la propiedad de la tierra.
Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • Aspersiones aéreas. • Explosiones, derrames de hidrocarburos, derivados, sustancias tóxicas o fuga de gases. • Incendios estructurales

Fuente: elaboración propia.

Primera encuesta: Identificación de amenazas de origen natural y antrópico que pueden afectar el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ

De la primera encuesta se recibieron 12 respuestas, con una tasa de respuesta del 80%. Se identificaron 39 amenazas que pueden generar una

afectación importante sobre el proceso de RE de Bs-T y el área de compensación de la CHEQ, de las cuales 15 eran amenazas de origen natural y 24 de origen antrópico (Figura 3). Esta lista de amenazas fue posteriormente utilizada en la segunda encuesta para identificar el nivel de amenazas para el proceso de RE de Bs-T y el área de compensación de la CHEQ.

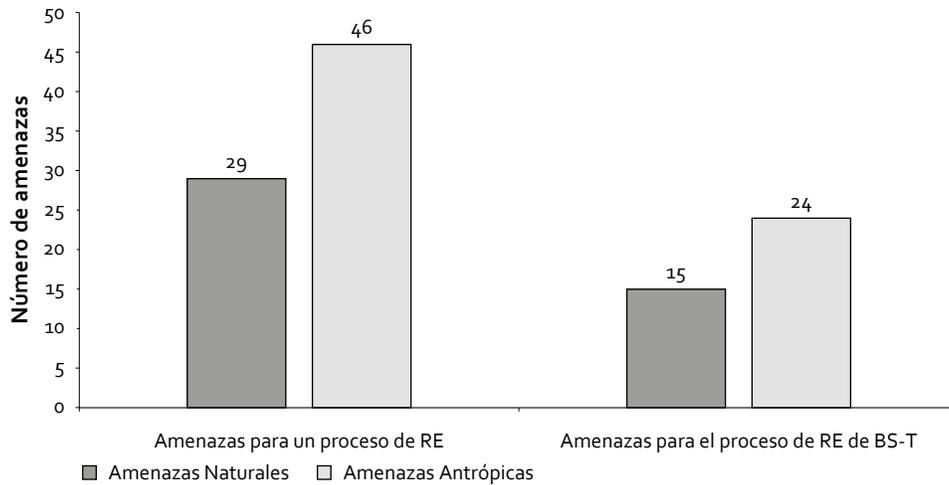


Figura 3. Tipos de amenazas identificadas para el proceso de RE de Bs-T. Fuente: elaboración propia.

Segunda encuesta: identificación del nivel de amenazas de origen natural y antrópico, vulnerabilidad y categorización de riesgos

Para la segunda encuesta se recibió un total de 62 respuestas, con una tasa de respuesta del 78%. El 96% de los encuestados han estado de forma presencial en el área de restauración de Bs-T de la CHEQ. Por grupos de interés, el 26% de respuestas fueron de organizaciones no gubernamentales (ONG) (Fundación Natura, Red Jóvenes de Ambiente, Asociación Agroambiental del Agrado, entre

otras); 23% de habitantes del área de influencia directa (municipios de El Agrado, Garzón, Gigante, Paicol y Tesalia); 19% de instituciones privadas (Enel Colombia, Vivercol, Nactours y BSA); 18% de instituciones públicas (CAM, Parques Nacionales Naturales, Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Alcaldía Municipal de El Agrado, Instituto Humboldt), y 14% de la academia respectivamente (universidades Surcolombiana, Distrital Francisco José de Caldas, del Cauca y Nacional de Colombia).

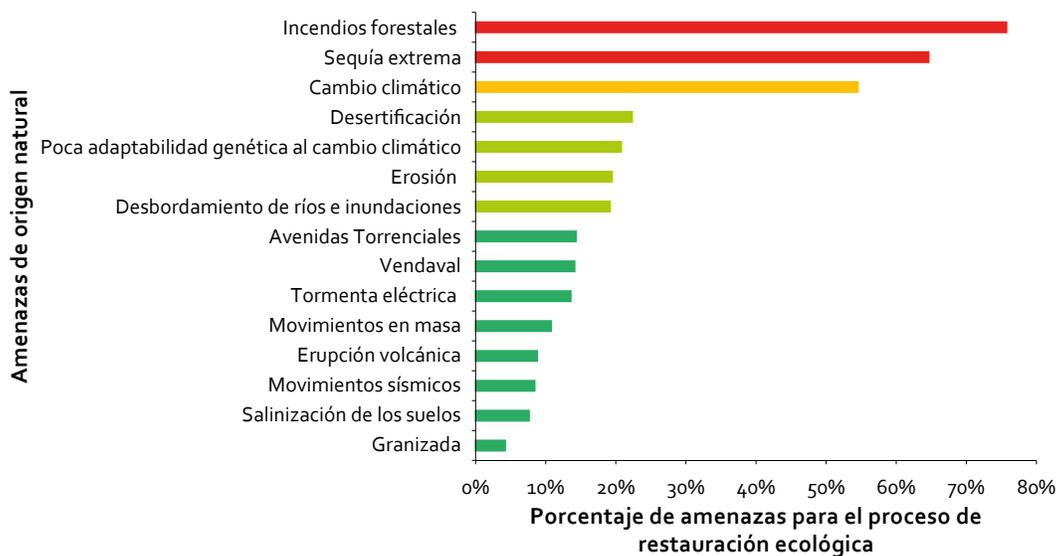


Figura 4. Nivel de amenazas (ocurrencia e incidencia) de origen natural para el proceso de restauración ecológica de bosque seco tropical. Fuente: elaboración propia.

Identificación del nivel de amenazas (ocurrencia e incidencia) de origen natural y antrópico

Las amenazas a incendios forestales y sequía extrema son las identificadas con posibilidad muy alta de ocurrir y con muy alta incidencia, mientras que el cambio climático fue considerado con alta ocurrencia e incidencia sobre el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ (Figura 4).

Las amenazas naturales para el proceso de RE de Bs-T para todos los grupos de interés encuestados (comunidades del área de influencia, instituciones públicas y privadas, academia e integrantes de

organizaciones no gubernamentales y ambientales) corresponden en su mayoría a los incendios forestales y la sequía extrema.

En cuanto a los resultados en el análisis de nivel de amenaza (incidencia y ocurrencia) para las amenazas de origen antrópico, se determinaron como las de posible muy alta afectación para el proceso de RE de Bs-T: ganadería no sostenible; explotación selectiva de especies forestales valiosas y en estado de amenaza; extracción de especies y tráfico de fauna; cacería de subsistencia, comercial y deportiva, y extracción de madera para leñateo (Figura 5). Las amenazas categorizadas en un nivel alto de

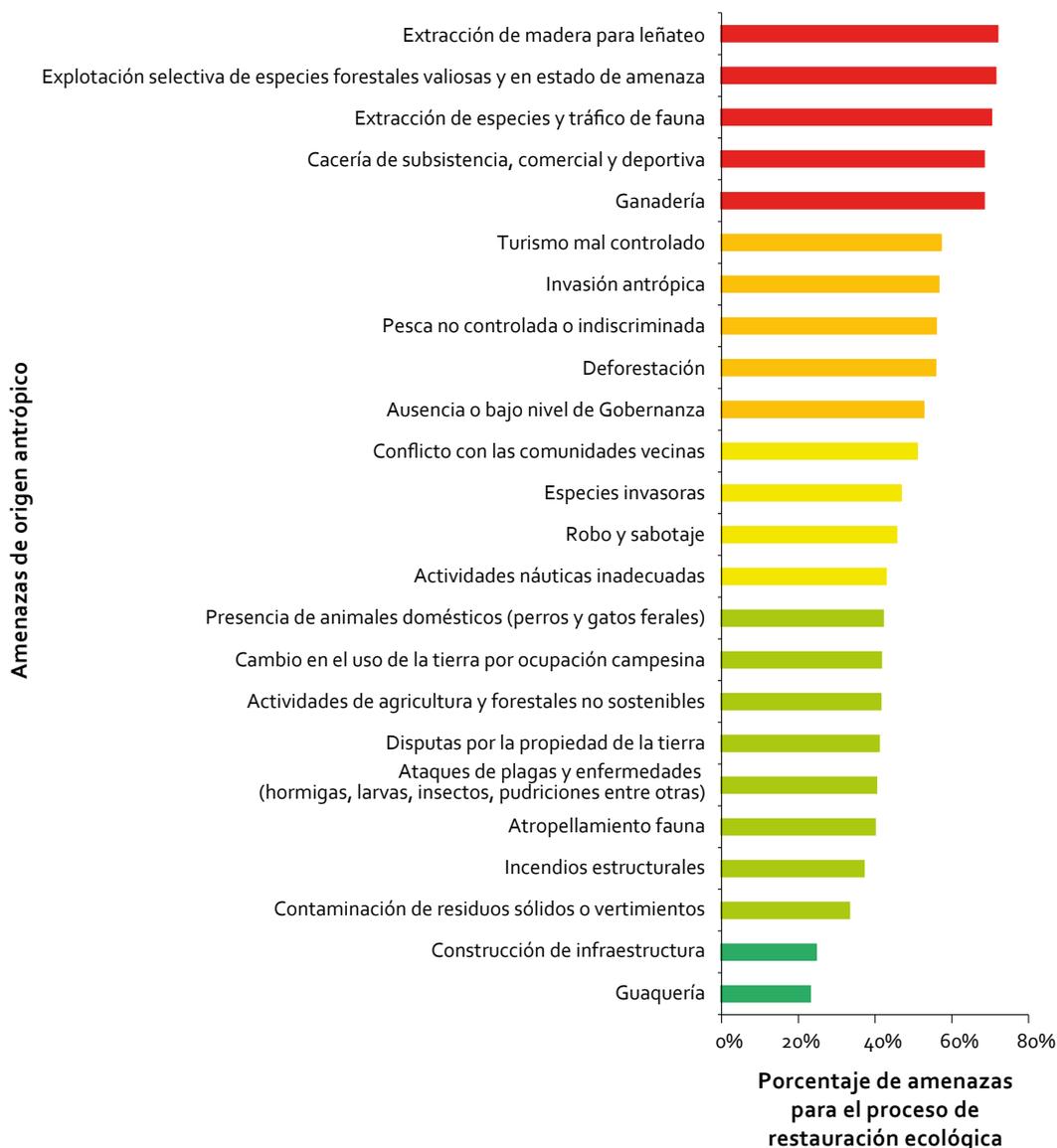


Figura 5. Nivel de amenazas (ocurrencia e incidencia) de origen antrópico para el proceso de RE de Bs-T. Fuente: elaboración propia.

afectación para el proceso de RE fueron: el turismo mal controlado, invasión antrópica, pesca no controlada, deforestación y ausencia o bajo nivel de gobernanza. En las respuestas de los actores no se incluyeron más amenazas naturales o antrópicas a la lista sometida a consideración.

Los resultados analizados por grupo de interés difirieron para los habitantes del área de influencia y los miembros de entidades privadas. Las mayores amenazas antrópicas para el proceso de RE son la explotación selectiva de especies forestales, la extracción de especies y tráfico de fauna, la extracción de madera para leñateo, la cacería de subsistencia, comercial y deportiva, y la ganadería. Mientras que para el grupo de académicos las amenazas antrópicas más importantes para el proceso de RE fueron el turismo mal controlado, la cacería de subsistencia, comercial y deportiva, la explotación selectiva de especies forestales valiosas y el ataque de plagas y enfermedades. Por su parte, para los grupos de entidades públicas y organizaciones no gubernamentales ambientales se presentaron visiones diferentes de las amenazas, en cuanto que consideran como mayores amenazas para el proceso de RE a la ganadería no sostenible, la extracción de madera para leñateo, la extracción de especies y tráfico de fauna, la

explotación selectiva de especies forestales valiosas y el conflicto con las comunidades vecinas.

Vulnerabilidad

Se analizó la vulnerabilidad para cada una de las 39 amenazas identificadas teniendo en cuenta las 12 SE definidas previamente. Como resultado se presenta la Tabla 4 con la valoración de vulnerabilidad frente a cada una de las amenazas naturales, donde prevalece una alta vulnerabilidad para la mayoría de las SE hacia los factores de incendios forestales, sequía extrema, cambio climático y poca adaptabilidad al cambio climático. Igualmente, en la Tabla 5 se exponen los resultados de vulnerabilidad hacia los factores de amenaza de origen antrópico, evidenciando claramente, una mayor vulnerabilidad del área de compensación ambiental hacia las amenazas de origen antrópico, en términos de la cantidad de amenazas.

Categorización de riesgos

A partir de los resultados de nivel de amenaza y vulnerabilidad se estimaron los niveles de riesgo de origen natural por cada SE y en conjunto para toda el área (Tabla 6). Los resultados también evidencian

Tabla 4. Vulnerabilidad estimada ante cada amenaza de origen natural por subzonas ecológicas

Incendios forestales	5	4	5	5	5	4	3	3	5	4	5	5
Sequía extrema	4	4	3	4	5	4	2	2	4	3	4	4
Cambio climático	5	4	4	5	5	4	3	3	5	2	4	4
Poca adaptabilidad genética al cambio climático	5	4	4	5	5	4	3	3	5	2	4	4
Erosión	4	4	3	4	5	4	2	2	4	3	4	4
Desertificación	4	4	3	4	4	4	2	2	4	3	4	4
Desbordamiento de ríos e inundaciones	3	2	4	4	4	5	2	2	4	2	3	3
Tormenta eléctrica	3	2	4	4	4	4	2	2	2	2	3	3
Salinización de los suelos	4	3	4	4	4	4	1	1	5	1	4	4
Avenidas torrenciales	2	3	2	3	5	4	3	3	2	3	3	3
Erupción volcánica	2	1	2	2	3	3	2	2	4	2	3	2
Movimientos sísmicos	4	3	4	4	4	4	2	2	4	2	3	4
Movimientos en masa	2	3	2	3	5	4	3	3	2	3	3	3
Granizada	3	2	2	4	4	4	2	2	4	2	3	2
Vendaval	3	2	4	3	4	4	2	2	3	2	3	3

Nota. Los colores obedecen a las cinco categorías establecidas (donde: 5 = muy alta-rojo; 4 = alta-naranja; 3 = media-amarillo; 2 = baja-verde claro, y 1 = muy baja-verde oscuro)

Fuente: elaboración propia.

la prevalencia de mayores niveles riesgo para el proceso de RE de Bs-T por incendios forestales, sequía extrema y cambio climático, principalmente. En cuanto a los demás factores de riesgo se evidencia un menor nivel de riesgo para el proceso de RE de Bs-T y una mayor homogeneidad en cada una de las subzonas ecológicas del área de compensación ambiental.

Se evidencia que aproximadamente el 82% del área de compensación está expuesta a un riesgo

alto y muy alto de incendios forestales. En cuanto al riesgo por sequía extrema se evidencia que aproximadamente el 73% del área de compensación se encuentra en una categoría de riesgo alto y muy alto.

Con respecto a los riesgos de origen antrópico, hay niveles altos de riesgo para el proceso de RE en más factores antrópicos que los resultados evidenciados en los factores de origen natural (Tabla 6). Los mayores riesgos para el proceso de RE son la ganadería no sostenible y la invasión antrópica, de

Tabla 5. Vulnerabilidad estimada ante cada amenaza de origen antrópico por subzonas ecológicas

Amenazas de origen antrópico	Vulnerabilidad											
	SE 1	SE 2	SE 3	SE 4	SE 5	SE 6	SE 7	SE 8	SE 9	SE 10	SE 11	SE 12
Invasión antrópica	5	3	5	5	4	4	2	2	5	3	5	5
Pesca no controlada o indiscriminada	5	4	4	5	5	4	2	2	5	2	5	5
Actividades náuticas inadecuadas	5	4	4	5	5	4	2	2	5	2	5	5
Guaquería	5	3	5	5	4	4	2	2	5	3	5	5
Ganadería	5	4	5	5	4	4	2	2	5	2	4	5
Robo y sabotaje	5	3	5	5	4	4	2	2	5	2	5	5
Incendios estructurales	5	3	5	5	4	4	2	2	5	2	5	5
Presencia de animales domésticos (perros y gatos ferales)	5	3	4	5	4	3	2	2	5	3	5	5
Disputas por la propiedad de la tierra	5	3	4	5	4	3	2	2	5	3	5	5
Turismo mal controlado	5	3	4	4	4	4	2	2	5	2	5	5
Conflicto con las comunidades vecinas	5	3	5	5	4	3	1	1	5	2	5	5
Atropellamiento de fauna	5	3	5	5	4	3	1	1	5	2	5	5
Contaminación de residuos sólidos o vertimientos	5	3	5	5	4	3	1	1	5	2	5	5
Construcción de infraestructura	5	3	5	5	4	3	1	1	5	2	5	5
Deforestación	4	3	4	4	3	3	2	2	4	3	5	5
Especies invasoras	4	3	4	4	4	4	2	2	5	2	4	4
Ataques de plagas y enfermedades (hormigas, larvas, insectos, pudriciones, entre otros)	4	3	4	4	4	4	2	2	5	2	4	4
Ausencia o bajo nivel de gobernanza	3	3	2	3	3	3	3	3	3	5	5	5
Cacería de subsistencia, comercial y deportiva	4	2	5	4	4	3	2	2	4	2	4	4
Extracción de especies y tráfico de fauna	4	2	5	4	3	3	2	2	4	2	4	4
Explotación selectiva de especies forestales valiosas y en estado de amenaza	4	2	4	4	2	3	2	2	4	2	4	5
Cambio en el uso de la tierra por ocupación campesina	4	3	4	4	4	3	1	1	4	2	4	4
Actividades de agricultura y forestales no sostenibles	4	3	4	4	3	3	1	1	4	2	4	4
Extracción de madera para leñateo	4	2	4	3	3	3	2	2	3	2	4	3

Nota. Los colores obedecen a las cinco categorías establecidas (donde: 5 = muy alta-rojo; 4 = alta-naranja; 3 = media-amarillo; 2 = baja-verde claro, y 1 = muy baja-verde oscuro)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Categorización de riesgos de origen natural resultante para las subzonas ecológicas

Amenazas de origen natural	Estimación del riesgo												Categoría Final
	SE 1	SE 2	SE 3	SE 4	SE 5	SE 6	SE 7	SE 8	SE 9	SE 10	SE 11	SE 12	
Incendios forestales	5	4	5	5	5	4	3	3	5	4	5	5	5
Sequía extrema	4	4	3	4	5	4	2	2	4	3	4	4	4
Cambio climático	4	4	4	4	4	4	3	3	4	2	4	4	4
Poca adaptabilidad genética al cambio climático	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Erosión	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Desertificación	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Desbordamiento de ríos e inundaciones	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2
Movimientos sísmicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Salinización de los suelos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Avenidas torrenciales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Movimientos en masa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tormenta eléctrica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vendaval	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Granizada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Erupción volcánica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota. Los colores obedecen a las cinco categorías establecidas (donde: 5 = muy alta-rojo; 4 = alta-naranja; 3 = media-amarillo; 2 = baja-verde claro, y 1 = muy baja-verde oscuro)

Fuente: elaboración propia.

los que se vislumbran altos valores de riesgo en la mayoría de SE; así mismo, los riesgos relacionados con actividades de extracción de recursos como la cacería de subsistencia, la extracción de especies y tráfico de fauna y la explotación selectiva de especies forestales y en estado de amenaza.

Se evidencia la existencia de SE del área de compensación con un mayor nivel de riesgos de origen antrópico como son las SE 1, 3, 4, 5, 6, 9, 11 y 12, que son más degradadas y tienen mayor accesibilidad (Tabla 7). En un nivel medio de riesgos se encuentra la SE 2, y en un nivel bajo de riesgos de origen antrópico se encuentran las SE 7, 8 y 10.

Aproximadamente, el 74% del área que comprende el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ está en riesgo alto y muy alto de afectación por actividades de ganadería no sostenible y por afectación de actividades provenientes de pesca no controlada; el 68% está en alto riesgo por invasión antrópica;

el 51% está en alto riesgo por actividades antrópicas de cacería de subsistencia, y aproximadamente el 37% del área se encuentra en alto riesgo por extracción de especies y tráfico de fauna y por explotación selectiva de especies forestales valiosas y en estado de amenaza.

Las amenazas de origen antrópico que representan un riesgo medio para el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ son: el turismo mal controlado, que alberga aproximadamente un 67% del área categorizada como de riesgo alto para el proceso de RE; las actividades de deforestación con un 37% del área con riesgo alto; la ausencia y bajo nivel de gobernanza con un 19% en alto riesgo; la extracción de madera para leñateo, con un 15% del área en alto riesgo, y las actividades náuticas inadecuadas, de robo, sabotaje y conflicto con las comunidades vecinas que no presentan áreas o subzonas categorizadas como de alto riesgo.

Tabla 7. Categorización de riesgos de origen antrópico resultantes para las subzonas ecológicas

Amenazas de origen antrópico	Estimación del Riesgo												Categoría Final
	SE 1	SE 2	SE 3	SE 4	SE 5	SE 6	SE 7	SE 8	SE 9	SE 10	SE 11	SE 12	
Ganadería	5	4	5	5	4	4	2	2	5	2	4	5	4
Cacería de subsistencia, comercial y deportiva	4	2	5	4	4	3	2	2	4	2	4	4	4
Extracción de especies y tráfico de fauna	4	2	5	4	3	3	2	2	4	2	4	4	4
Invasión antrópica	4	3	4	4	4	4	2	2	4	3	4	4	4
Pesca no controlada o indiscriminada	4	4	4	4	4	4	2	2	4	2	4	4	4
Explotación selectiva de especies forestales valiosas y en estado de amenaza	4	2	4	4	2	3	2	2	4	2	4	5	4
Turismo mal controlado	4	3	4	4	4	4	2	2	4	2	4	4	3
Extracción de madera para leñateo	4	2	4	3	3	3	2	2	3	2	4	3	3
Deforestación	4	3	4	4	3	3	2	2	4	3	4	4	3
Ausencia o bajo nivel de Gobernanza	3	3	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3
Actividades náuticas inadecuadas	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3
Robo y sabotaje	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3
Conflicto con las comunidades vecinas	3	2	3	3	3	2	1	1	3	2	3	3	3
Especies invasoras	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2
Incendios estructurales	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2
Presencia de animales domésticos (perros y gatos ferales)	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Disputas por la propiedad de la tierra	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
Atropellamiento de fauna	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2
Contaminación de residuos sólidos o vertimientos	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2
Ataques de plagas y enfermedades (hormigas, larvas, insectos, pudriciones, entre otros)	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2
Cambio en el uso de la tierra por ocupación campesina	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2
Actividades de agricultura y forestales no sostenibles	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2
Guaquería	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Construcción de infraestructura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota. Los colores obedecen a las cinco categorías establecidas (donde: 5 = muy alta-rojo; 4 = alta-naranja; 3 = media-amarillo; 2 = baja-verde claro, y 1 = muy baja-verde oscuro)

Fuente: elaboración propia.

Recomendaciones

La implementación de acciones que promuevan la gestión integral de riesgos tanto de origen natural como antrópico será fundamental para el logro a largo plazo de las metas y los objetivos de los procesos de RE. A partir de los resultados obtenidos

en este trabajo, a continuación se exponen algunas recomendaciones para avanzar en la gestión de los principales riesgos para el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ.

Debido a la incertidumbre que se presenta en todo proceso de RE por su complejidad y largo

plazo, todavía existen vacíos en la normatividad de las compensaciones ambientales en Colombia, donde todavía no se contempla la planificación y manejo de áreas en proceso de RE a gran escala y a largo plazo, por lo que es fundamental formular, asignar recursos e implementar un plan de gestión de riesgos a lo largo de todo el proceso de RE y posterior a su terminación, para buscar la sostenibilidad y conservación de las áreas intervenidas a futuro.

Los resultados arrojan una primera aproximación de la identificación de los principales riesgos de origen natural y antrópico a los que se enfrenta el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ, por lo tanto, se hace necesario desarrollar más investigaciones específicas sobre cada una de las principales amenazas y riesgos en este proceso de RE. En estas pesquisas se debe dar prelación a incendios forestales, sequía extrema, cambio climático, ganadería no sostenible y todo lo relacionado con actividades de extracción y uso de recursos e invasión, no solo antes de la implementación, sino a lo largo de todo el proceso.

Se sugiere enfocar la gestión del riesgo para este proceso de RE en las expectativas y necesidades que tienen las comunidades locales de los municipios del área de influencia directa, así como en el estado de degradación del ecosistema de Bs-T. Esto se debe a que la RE modifica el uso del suelo, lo cual puede conllevar en el futuro posibles conflictos en las dinámicas sociales y naturales del territorio.

Es determinante que Enel Colombia contemple estos resultados como insumo para la formulación de su Plan Integral de Gestión de Riesgos para el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ que se está llevando a cabo en el área de compensación ambiental. Esta iniciativa debe estar articulada con el plan de emergencias de la CHEQ y con el plan de manejo para la RNSC Cerro Matambo.

Del mismo modo, se debe buscar fortalecer los vínculos y cooperación con todos los actores locales y regionales relacionados con la gestión del riesgo e integrarlos de forma incluyente y participativa, como lo son las alcaldías y cuerpos de bomberos de los municipios de El Agrado, Garzón, Gigante, Paicol y Tesalia. Así mismo, se deben estudiar detalladamente las capacidades y necesidades de capacitación y entrenamiento por parte de Enel Colombia y sus diferentes colaboradores, para afrontar los posibles

riesgos y planificar las intervenciones que se requiera desarrollar en el territorio.

Se hace preponderante implementar la matriz de riesgos para el proceso de RE, teniendo en cuenta las dinámicas socioecológicas del área, lo que hace que los riesgos a su vez sean dinámicos. Por lo tanto, se recomienda diseñar e implementar un plan de contingencia bajo una perspectiva socioecológica de los riesgos, el cual debe ser actualizado periódicamente, en un periodo de entre tres y cinco años, dependiendo de la frecuencia e intensidad que cada riesgo presente regionalmente.

Hay que mencionar además la importancia de implementar un sistema de información donde se contemplen indicadores de monitoreo, evaluación y seguimiento de riesgos para el proceso de RE y donde se estructuren distintas variables de tipo geográfico y temporal para potencializar el conocimiento de los riesgos para este proceso de RE de Bs-T de la CHEQ.

De la misma forma, para lograr una gestión integral de riesgos en este proceso de RE es necesario hacer un diagnóstico detallado y apropiado de cada una de las posibles amenazas, vulnerabilidad y riesgos. En procesos de RE que abarcan grandes áreas, como el de la CHEQ, es útil analizar cada amenaza y riesgo por subzonas ecológicas y de acuerdo con esto formular e implementar estrategias específicas que permitan hacer una debida prevención, control y mitigación de los riesgos.

En línea con lo anterior, los resultados de este trabajo también deben tenerse en cuenta en la priorización de áreas, ubicación, diseños, implementación y mantenimiento de las nuevas estrategias de RE asistida y no asistida para las siguientes etapas y fases de intervención del proceso de RE de Bs-T de la CHEQ.

Discusión

El propósito de este trabajo fue establecer las implicaciones de las amenazas y riesgos (naturales y antrópicos) para un proceso de RE en Bs-T, tomando como estudio de caso el plan de RE de Bs-T de la CHEQ. Desarrollar estudios y tener en cuenta las aproximaciones sobre las implicaciones de las amenazas y los riesgos de origen natural y antrópico

constituyen una de las bases fundamentales tanto para la toma de decisiones, como para incorporar los criterios de prevención y mitigación dentro de todo proceso de planificación (Galvis, 2009). En la literatura, la mayoría de trabajos se concentran en pocas amenazas de origen natural y antrópico para una determinada área, pero son escasas las investigaciones sobre el estudio y análisis de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico en ecosistemas estratégicos, en áreas de conservación y menos aún sobre procesos de RE (Tamayo, 2020). Aunque en la literatura existe buena información acerca de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico, esta información en la gran mayoría de investigaciones solo se orienta hacia los análisis de riesgos de desastres.

La construcción de la CHEQ generó cambios en los atributos de la base natural de la región que afectaron las dinámicas socioeconómicas y culturales, lo que ocasionó conflictos ambientales (Clavijo-Bernal, 2021). Específicamente, para el área de compensación de la CHEQ, González (2018) realizó un trabajo sobre gobernanza ambiental en el que se identificaron conflictos socioambientales y se evidenciaron posiciones e intereses contradictorios en diferentes niveles de gobernabilidad (local, regional y nacional) que pueden llegar a representar un riesgo para la conservación futura de las 11 079 ha de Bs-T en proceso de RE. Asimismo, el trabajo menciona la existencia de riesgo en caso de no existir la voluntad por parte de las instituciones para recibir y gestionar el área de compensación una vez cumplidos los 24 años de la compensación, así como el posible surgimiento de otros riesgos socioecológicos que pueden incidir en el cumplimiento del objetivo de la RE.

Todos los grupos de interés encuestados coincidieron en afirmar que las amenazas naturales de incendios forestales y sequía extrema son las de mayor afectación para el proceso de RE de Bs-T. Esto coincide con lo planteado por Vargas (2011) y Pizano et al. (2015), quienes consideran como una de las mayores amenazas en procesos de RE a los incendios forestales. Lo anterior también corrobora los hallazgos de Díaz (2019) en su investigación, que caracterizó la ocurrencia y extensión de 424 incendios forestales entre 2000 y 2017 en los Bs-T del valle alto del río Magdalena.

Los resultados también coincidieron con la actualización del plan de gestión del riesgo de desastres de la CHEQ que realizó Enel Colombia (2019), el cual está enfocado en la infraestructura de la central, sin dar mayor atención al área de RE. En dicho plan se registraron datos históricos de los municipios del área de influencia de los incendios forestales, que fueron identificados como la mayor amenaza en cuanto a recurrencia. Así mismo, el plan de gestión del riesgo de desastres de la CHEQ indicó que los eventos de tipo climatológico característicos del Bs-T son los que más favorecen y generan escenarios propicios para incendios forestales en el área (Enel Colombia, 2019; Tamayo, 2020). Igualmente, en el plan de manejo formulado para la RNSC Cerro Matambo, localizada en 3598 ha del área de compensación ambiental de la CHEQ, se identificó la amenaza de incendio forestal con un alto grado de peligrosidad para los objetos de conservación (Fundación Natura y Enel Colombia, 2019).

Por otro lado, el plan de manejo consideró el cambio climático como una amenaza en un grado de afectación medio para los objetos de conservación, lo que difiere un poco con respecto a los resultados del presente trabajo, que determinan al cambio climático como una amenaza de nivel alto para el proceso de RE. Esto corresponde con lo expuesto en el Plan de Acción de Cambio Climático del departamento del Huila (Gobernación del Huila y CAM, 2014), en el cual se estima que en la región existe una tendencia de incremento en la temperatura y una reducción en la precipitación de aproximadamente 15 %, por esta razón, el centro del departamento del Huila es uno de los que más puede ser afectado por esta amenaza. Un ejemplo de esto es que el departamento presentó el fenómeno de El Niño con mayor intensidad en el país durante el segundo semestre del año 2015 (Núñez y Verbist, 2018). De hecho, el Plan de Acción de Cambio Climático del Huila señala que dentro de los municipios que presentan alta sensibilidad ambiental se encuentran El Agrado y Garzón con un rango muy alto; por su parte, Paicol, Tesalia y Gigante se encuentran dentro de un rango alto de sensibilidad (Gobernación del Huila y CAM, 2014).

El cambio climático es una de las amenazas más serias a las que se enfrenta el planeta, en el ecosistema

de BS-T, particularmente, puede afectar funciones vitales como la fotosíntesis, fenología, germinación de las semillas y otros procesos fisiológicos de las plantas (Gokhale, 2019). Por lo tanto, el cambio climático debe considerarse una amenaza importante para este ecosistema y su RE, que hace necesario realizar acciones inmediatas de mitigación y adaptación en las que se deben integrar la comunidad científica, las entidades encargadas de implementar políticas y los agentes locales interesados. La sequía también se considera un factor de amenaza preponderante en escenarios futuros para los bosques secos de los valles interandinos del río Magdalena (González-M. et al., 2020).

Las amenazas de origen natural que los encuestados consideraron más importantes para el proceso de RE están muchas veces impulsadas por factores humanos, como ocurre con los incendios forestales, que se pueden originar por variables naturales, pero que también pueden ser estimulados por factores antrópicos. Por lo tanto, las amenazas se deben considerar en términos socioecológicos, dado que los fenómenos naturales pueden influir en las dinámicas antrópicas, al mismo tiempo que estas dinámicas antrópicas pueden influir o potenciar las amenazas de origen natural.

En lo que respecta a los resultados para las amenazas de tipo antrópico, estos variaron un poco al analizarlos por grupo de interés, lo cual podría estar relacionado con la visión, conocimiento y expectativas que posee cada grupo sobre el territorio y su interrelación con este, algo que valdría la pena investigar a futuro mediante un ejercicio más detallado de investigación social. Los resultados de amenazas de origen antrópico a nivel general mostraron que las principales amenazas consideradas como las que representan mayor grado de afectación para el proceso de RE son la ganadería no sostenible y aquellas asociadas a extracción y uso de recursos. Esto coincide con investigaciones realizadas en áreas protegidas que recalcan como factores de amenaza persistentes a la ganadería con manejo inadecuado, tala y leñateo y actividades de cacería (PNN, 2012). No obstante, otras investigaciones destacan factores de amenazas que para esta investigación no fueron tan relevantes, como por ejemplo, la agricultura y construcción de infraestructura (Pizano et al., 2015).

En cuanto a los resultados encontrados sobre los principales riesgos naturales para el proceso de RE, a partir de los factores de vulnerabilidad analizados y valorados en esta investigación, se determinó que el principal riesgo son los incendios forestales. Esto significa que se necesita un tratamiento especial en el proceso de RE para fortalecer los planes de acción con los que se pueda prevenir y hacer frente a posibles eventualidades de incendios forestales a lo largo de los próximos veinte años.

Adicionalmente, según los resultados finales, los otros riesgos para los que se debe estar preparado, durante el proceso de RE y para mantener su sostenibilidad, son el cambio climático y la sequía extrema, por lo cual será fundamental ejecutar acciones enfocadas en la adaptación al cambio climático.

Para los resultados a nivel general de los riesgos de origen antrópico de mayor impacto para la RE, después de aplicar el proceso metodológico, también se determinó que los riesgos de ganadería no sostenible, los relacionados con actividades de extracción y uso de recursos y la invasión antrópica son los de mayor repercusión para el proceso de RE de Bs-T. En concordancia con esto, estudios realizados en áreas protegidas mediante diversas metodologías también han identificado riesgos asociados principalmente a la ganadería, actividades relacionadas con cacería e invasión antrópica, factores que representan mayores impactos negativos sobre la estructura y composición de la flora y fauna de las áreas protegidas (Galindo et al., 2016). La ganadería ha sido históricamente la actividad humana que ha causado mayores impactos o transformaciones en los ecosistemas de bosques (Etter, 2022).

Otro factor importante que puede contribuir a incrementar los riesgos antrópicos es el bajo nivel de gobernanza, que fue determinado con categoría de riesgo medio para el proceso de RE de Bs-T. Para González y Pérez (2018), los riesgos de origen antrópico que subyacen en el proceso de RE son también el resultado de una limitada visión integral del territorio —si se entiende como un sistema socioecológico— y de ciertas variables como el desconocimiento por parte de algunas de las comunidades locales sobre el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ.

La contribución de este trabajo es relevante para identificar las amenazas y riesgos de origen natural

y antrópico que pueden llegar a afectar el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ e incidir en el cumplimiento del objetivo de la RE y la compensación ambiental, también por el reto que significa restaurar un área tan extensa (11 079 ha) de un ecosistema considerado en estado crítico y altamente vulnerable, por ser uno de los más amenazados e intervenidos (Pizano y García, 2014; Etter et al., 2017). En términos generales, el artículo contribuye con la formulación de algunas recomendaciones que pueden servir como hoja de ruta para la incursión de la gestión de riesgos enfocada en la RE de los ecosistemas y áreas de conservación.

Conclusiones

Mediante este trabajo se evidenció que las amenazas y riesgos de origen natural y antrópico a largo de los procesos de RE han sido poco estudiados y escasas veces son tenidos en cuenta en la planeación, financiación y desarrollo de los procesos de RE. Por lo tanto, las amenazas y riesgos no solo deben ser contemplados para la población humana y su bienestar integral, sino también para lograr el bienestar y sostenibilidad de los ecosistemas, áreas de conservación y en procesos de RE asistida y no asistida, como en el área de 11 079 ha en proceso de RE de Bs-T de la CHEQ.

Las amenazas y riesgos no solo se deben tener en cuenta en las primeras etapas del proceso de RE, como en la caracterización, diseños, implementación, mantenimiento y monitoreo, sino que también deben proyectarse a largo plazo, con el propósito de garantizar la sostenibilidad de las áreas en el proceso de RE y el cumplimiento de sus objetivos.

Mediante la presente investigación se identificó un total de 29 amenazas de tipo natural y 46 de tipo antrópico que pueden llegar a afectar los diferentes procesos de restauración ecológica. Para el caso del proceso de RE de Bs-T de la CHEQ se determinaron 15 posibles amenazas de origen natural y 24 de origen antrópico, que pueden llegar a afectar este proceso de restauración. Se determinó para este proceso de RE de Bs-T que pueden ocurrir el 51% de las posibles amenazas de origen natural identificadas y el 52% de las posibles amenazas de origen antrópico que pueden afectar un proceso de restauración.

A partir de la metodología empleada, en la que se hizo un análisis de amenaza y vulnerabilidad, se establecieron los principales riesgos que pueden afectar el proceso de restauración de Bs-T, a saber: los incendios forestales, el cambio climático y las sequías extremas son los principales riesgos de origen natural. Por su parte, los principales riesgos de origen antrópico fueron: ganadería no sostenible, invasión antrópica y aquellos relacionados con la extracción y uso de recursos naturales, como la cacería de subsistencia, comercial y deportiva, la extracción de especies y tráfico de fauna, la pesca no controlada e indiscriminada y la explotación selectiva de especies forestales valiosas y en estado de amenaza.

Se identificaron mayores niveles de riesgo asociados a tres amenazas de origen natural y los mayores niveles de riesgos de origen antrópico se concentraron en siete amenazas. Los incendios forestales son el riesgo de mayor impacto, identificado por todos los grupos de actores relacionados con el proceso de RE. Por lo tanto, este requiere un tratamiento especial en la RE de Bs-T, para formular y fortalecer los planes de acción con los que se pueda prevenir, mitigar y controlar posibles incendios forestales a corto, mediano y largo plazo.

Las subzonas ecológicas que configuran el área de compensación ambiental con un mayor nivel de riesgos de origen natural son el sector Laguna Garañón (SE1), Buenavista (SE 3), Pedernal-La Mosca (SE 4), El Tabor-Jerusalén (SE 5), Valle de río Páez (SE 9), Bengala-Barzal (SE 11) y Cabuyal-Balseadero (SE 12). En un nivel alto de riesgo se encuentran La Enea-La Ensillada (SE 6) y Tigre-Totumal (SE 2), y en un nivel medio y bajo de riesgos de origen natural se encuentran Matambo (SE 7), Quebradas El Cedro y Las Guaduas (SE 8) y Loma de la Cruz-Gigante (SE 10).

Por su parte, las SE que representan un mayor nivel de riesgo de origen antrópico son las que componen el sector Laguna Garañón (SE 1), Buenavista (SE 3), Pedernal-La Mosca (SE 4), El Tabor-Jerusalén (SE 5), La Enea-La Ensillada (SE 6), Valle de río Páez (SE 9), Bengala-Barzal (SE 11) y el Cabuyal-Balseadero (SE 12). En un nivel medio de riesgos se encuentra el Tigre-Totumal (SE 2), y en un nivel bajo de riesgos de origen antrópico se encuentran Matambo (SE 7), Quebradas El Cedro

y Las Guaduas (SE 8) y Loma de la Cruz-Gigante (SE 10).

Este trabajo contribuye directamente a la gestión de riesgos para el proceso de RE de Bs-T de la CHEQ, al convertirse en un insumo que contribuye fundamentalmente en la planificación y toma de decisiones sobre el área de restauración y compensación ambiental de 11079 ha, así como para una mejor gestión de una problemática ambiental para el cumplimiento de una obligación de compensación ambiental.

Continuamente se debe estar revisando y actualizando la normatividad referente a la gestión de riesgos en Colombia, específicamente en lo que pueda estar relacionado con los procesos de RE, áreas de compensación y conservación. El presente trabajo puede ser un referente para el desarrollo de otras investigaciones sobre amenazas y riesgos y la formulación de planes de gestión del riesgo para otros procesos de RE, incluso en otros ecosistemas.

Durante el desarrollo de los procesos de RE en grandes áreas se pueden generar cambios en las dinámicas socioeconómicas y culturales, que conllevan posibles conflictos ambientales que pueden llegar a incrementar los riesgos antrópicos para los procesos de RE. Por lo tanto, siempre se debe considerar un enfoque socioecológico para hacer una gestión integral de las posibles amenazas y riesgos en los procesos de RE.

Agradecimientos: Los autores agradecen al profesor Carlos Devia de la Pontificia Universidad Javeriana; a la Fundación Natura Colombia, en especial al plan de restauración de Bs-T de la CHEQ; a Enel Colombia, en especial a Beatriz Miranda y Luisa Fernanda Ruiz, gestoras del plan de restauración de Bs-T, y de manera especial a los 62 participantes del estudio.

Conflicto de interés: Los autores recibieron apoyo financiero de la Fundación Natura para el desarrollo de la investigación expuesta en este artículo.

Contribuciones de autoría: A. Tamayo-Quintana y F. Torres-Romero idearon la investigación, realizaron las encuestas y tomaron los datos, analizaron los datos y redactaron el manuscrito, contribuyeron a la discusión y comentaron los borradores.

Bibliografía

- Arenas, F., Lagos, M., Hidalgo, R., 2010. Los riesgos naturales en la planificación territorial. Centro de Políticas Públicas UC, 5, 1-14. Disponible en: <https://politicaspublicas.uc.cl/wp-content/uploads/2015/02/los-riesgos-naturales-en-la-planificacion-territorial.pdf>; consultado: diciembre de 2022.
- Aronson, J., Goodwin, N., Orlando, L., Eisenberg, C., y Cross, A., 2020. A World of Possibilities: Six Restoration Strategies to support the United Nation's Decade on Ecosystem Restoration. *Restoration Ecology*, 28, 730-736. DOI: 10.1111/rec.13170
- Barrera, I., Valdés, C., 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana*, 12, 11-24. DOI: <http://hdl.handle.net/10554/31939>
- Bernabé, M., Carreón, D., Cerca, M., Culqui, J., González, M. E., González, M., ... Zacarías, S. (2014). *Amenazas de origen natural*. Ecuador: Editorial ESPE.
- Chazdon, R., Herbohn, J., Mukul, S., y Gregorio, N., 2020. Manila Declaration on Forest and Landscape Restoration : Making It Happen. *Forests*, 11(6), 685. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11060685>
- Clavijo-Bernal, O. F., 2021. Repesando el alto Magdalena: conflicto ambiental por la construcción y operación de la central hidroeléctrica El Quimbo. *Gestión y Ambiente*, 24(Supl2), 75-90. DOI: 10.15446/ga.v24n-Supl2.94349
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., Maginnis, S., 2016. Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN, Gland, Suiza. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>
- Corzo, G., Portocarrero, M., Silva, L., 2016. Compensaciones ambientales en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9848/2016-compensaciones-ambientales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>; consultado: diciembre de 2022.
- Cumbres de las Américas, 2001. Conferencia hemisférica para la reducción de riesgos. Disponible en: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/5681A698AD3C5BF3C1256C670038243C-ofdalac-conferencia-dec01.pdf>; consultado: diciembre de 2022.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). Evaluación institucional y de resultados de la política Nacional de la Gestión de Riesgos de Desastres y el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo, a partir de la Ley 1523 de 2012. Informe de Evaluación.
- Díaz, J., 2019. Descripción del régimen de incendios del bosque seco tropical de la cuenca alta del río Magdalena y su relación con la variación climática. Tesis de maestría. Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. <http://hdl.handle.net/11349/23232>
- Díaz, J., Torres, S., Muñoz, L., Avella, A., 2019. Monitoreo de la restauración ecológica en un bosque seco

- tropical interandino (Huila, Colombia): programa y resultados preliminares. *Caldasia*, 41, 60-77. DOI: 10.15446/caldasia.v41n1.71318
- Enel Colombia, 2019. Actualización de los Planes de Gestión del Riesgo de Desastres general y específicos de las Centrales Hidroeléctricas de EMGESA. E.S.P. Bogotá, Colombia.
- Etter, A., 2022. Una historia de transformación de los bosques en Colombia. En Rodríguez, M., Valdés, M. F., Colombia país de bosques. Alpha Editorial S. A., Bogotá, Colombia. pp. 99-105.
- Etter, A., Andrade, A., Saavedra, K., Arevalo, P., Amaya-Valderrama, P., 2017. Risk assessment of Colombian continental ecosystems: An application of the Red List of Ecosystems methodology (v. 2.0). Disponible en: <https://iucnrl.org/blog/colombia-red-list-of-ecosystems-version-2.0/>; consultado: diciembre, 2022.
- Flórez, N., Pardo, M., Lopera, M., 2008. Estrategia Nacional de monitoreo del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Parques Nacionales Naturales de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Fundación Natura Colombia, 2018. Zonificación y priorización para la restauración ecológica de la zona de compensación de la Central Hidroeléctrica El Quimbo. Bogotá, Colombia.
- Fundación Natura, Enel Colombia, 2019. Plan de manejo Reserva Natural de la Sociedad Civil "Cerro Matambo" RNSC 136-16. Ejecución de las siembras y mantenimiento en el marco del desarrollo del Plan de Restauración ecológica de Bosque seco Tropical (Fase 2). Contrato n.º 8400131911. Garzón, Huila, Colombia.
- Galatowitsch, S., 2012. Ecological Restoration. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- Galindo, R., et al., 2016. Reformulación participativa del Plan de Manejo Parque Nacional Natural Chingaza. Parques Nacionales Naturales de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], Bogotá, Colombia.
- Galvis, D., 2009. La gestión del riesgo en el Parque Nacional Natural Chingaza por parte de las entidades territoriales y demás instituciones que se encuentran en su jurisdicción. Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/1317?show=full>; consultado: enero de 2023.
- Gobernación del Huila, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena [CAM], 2014. Plan de Acción de Cambio Climático Huila 2050: Preparándose para el Cambio Climático, disponible en: http://cam.gov.co/images/Documentos/Plan_cambio_climatico/Huila%202050-%20Plan%20de%20Cambio%20Climatico.pdf; consultado: enero de 2023.
- Gokhale, P., 2019. Effect of climate change on tropical dry forests. Handbook of Research on the Conservation and Restoration of Tropical Dry Forests. Delhi, University of Delhi, India. DOI: 10.4018/978-1-7998-0014-9.ch002
- González, S., 2018. Gobernanza ambiental en áreas destinadas a la compensación ambiental: el caso de la Central Hidroeléctrica El Quimbo. Tesis de Maestría. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/35563>; consultado: enero de 2023.
- González, S., Pérez, M., 2018. Planeación de escenarios participativos en procesos de gobernanza para la compensación ambiental: el caso de la central hidroeléctrica El Quimbo. *Gestión y Ambiente*, 21(2), 177-194. DOI: 10.15446/ga.v21n2.73698
- González-M., R., García, H., Isaacs, P., Cuadros, H., López-Camacho, R., Rodríguez, N., ... Pizano, C., 2018. Disentangling the environmental heterogeneity, floristic distinctiveness and current threats of tropical dry forests in Colombia. *Environmental Research Letters*, 13, 045007. DOI: 10.1088/1748-9326/aaad74
- González-M., R., Alcázar, C., Avella, A., 2020. El bosque seco en Colombia: estado de conocimiento y desafíos para su gestión integral. En: Moncada, D. M., Borda, A. C., Vieira-Muñoz, M. I., Alcázar, C., González-M., R. (Eds.), Elevando la acción colectiva empresarial para la gestión integral del bosque seco tropical en Colombia. Minambiente, ANDI, ANLA, Instituto Humboldt, TNC, Bogotá, Colombia. pp. 12-25.
- Granizo, T. et al., 2006. Manual de Planificación para la Conservación de Áreas, PCA. The Nature Conservancy y USAID, Quito, Ecuador.
- Guil, M., 2006. Escala mixta Likert-Thurstone. *Anduli*, 5, 81-95.
- Hurtado, J., Guevara, A., 2016. Plan de prevención, control y mitigación de incendios forestales para el área de compensación biótica y restauración ecológica del Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo (Huila). Trabajo de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4871>
- Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IP-BES) y Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2021. Co-sponsored workshop report on Biodiversity and Climate Change. Scientific Outcome, 234. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4659158>
- Keipi, K., Mora, S., Bastidas, P., 2005. Gestión del riesgo de amenazas naturales en proyectos de desarrollo. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D. C., Estados Unidos.
- Lizarazo, J., López, D., 2007. Identificación de amenazas y vulnerabilidades para la elaboración del Plan de

- Emergencias del PNN Corales del Rosario y San Bernardo. Trabajo de grado. Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Martínez, A., Goy, J., Zazo, C., 2014. Water and wind erosion risk in Natural Parks – A case study in “Las Batuecas-Sierra de Francia” and “Quilamas” Protected Parks (Central System, Spain). *International Journal of Environmental Research*, 8, 61-68. DOI: 10.22059/IJER.2014.694
- Montanarella, L., Scholes, R., Brainich, A., 2018. The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Naciones Unidas, Biblioteca Digital, disponible en: <https://bit.ly/3jBbVGS>; consultado: diciembre de 2022.
- Montenegro, M., Gutiérrez, J. (2013). Indicadores sociales y ambientales para la gestión de riesgo en la Mojana. Trabajo de grado. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Moos, C., Fehlmann, M., Trappmann, D., Stoffel, M., Dorren, L., 2017. Integrating the mitigating effect of forests into quantitative rockfall risk analysis – Two case studies in Switzerland. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 32, 55-74. DOI: 10.1016/j.ijdr.2017.09.036
- Murcia, C., Guariguata, M., Quintero-Vallejo, E., Ramírez, W., 2017. La restauración ecológica en el marco de las compensaciones por pérdida de biodiversidad en Colombia: Un análisis crítico. Centro para la Investigación Forestal Internacional, Bogot, Indonesia.
- Núñez, J., Verbist, K., 2018. Atlas de sequía de América Latina y el Caribe. La Serena, Chile, Unesco y Cazalac.
- ONU, 2019. Nueva Década de la ONU para la Restauración de los Ecosistemas, una gran oportunidad para la seguridad alimentaria y la acción climática | UNEP - UN Environment Programme. ONU Programa para el Medio Ambiente, disponible en: <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/nueva-decada-de-la-onu-para-la-restauracion-de-los>; consultado: diciembre de 2022.
- Páramo, G., Cuéllar, M., 2011. Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios forestales de la cobertura vegetal a escala 1:100000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Bogotá, Colombia.
- Pardo, M., Lopera, M., Flórez, N., 2007. Manual de monitoreo del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Parques Nacionales Naturales de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia [PNN], 2012. Plan de acción para la implementación del programa de Trabajo sobre áreas protegidas de la convención sobre la diversidad biológica. Bogotá, Colombia.
- Pequeño, M., Alanís, E., Jiménez, J., Aguirre, O., González, M., Molina, V., 2016. Criterios a considerar para desarrollar proyectos de restauración ecológica. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 3, 94-105.
- Pizano, C., García, H. (Eds.), 2014. El bosque seco tropical en Colombia. Instituto Humboldt, Bogotá, Colombia, disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9333>; consultado: enero 2023.
- Pizano, C., González-M., R., López, R., Jurado, R. D., Cuadros, H., Castaño-Naranjo, A., ... García, H., 2015. El bosque seco tropical en Colombia: Distribución y estado de conservación. En Gómez, M., Moreno, L., Andrade, G., Rueda, C. (Eds.), *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia, disponible en: <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2015/cap2/202/#seccion6>; consultado: diciembre de 2022.
- Puentes, J., Fuentes, A., Jarro, E., 2012. Estrategia nacional de Restauración ecológica del sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Subdirección de Gestión y Manejo de Áreas Protegidas, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, E., Villamizar, L., Celis, A., 2016. Normatividad ambiental, investigación básica y aplicada en los procesos de restauración ecológica, como medida de compensación por la fragmentación de ecosistemas, en la ejecución de proyectos de infraestructura vial. Trabajo presentado en III Congreso Colombiano de Restauración Ecológica de la Red Colombiana de Restauración Ecológica, Rionegro, Colombia.
- Sarmiento, J., 2007. El desafío de la gestión de riesgos como estrategia de intervención multisectorial y participativa al servicio del desarrollo. Docplayer, disponible en: <https://docplayer.es/46856788-El-desafio-de-la-gestion-de-riesgos-como-estrategia-de-intervencion-multisectorial-y-participativa-al-servicio-del-desarrollo.html>; consultado: diciembre de 2022.
- Tamayo, A., 2020. Evaluación de riesgos de origen natural y antrópico que pueden afectar el proceso de restauración ecológica del bosque seco tropical en el área de compensación ambiental de la central hidroeléctrica El Quimbo. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/47328>; consultado: enero de 2023.
- Torres-Rodríguez, S., Díaz-Triana, J., Villota, A., Avella-M., A., 2019. Diagnóstico ecológico, formulación e implementación de estrategias para la restauración de un Bosque Seco Tropical interandino (Huila, Colombia). *Caldasia*, 41, 42-59. DOI: 10.15446/caldasia.v41n1.71275
- Vargas, O., 2011. Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16, 221-246. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028008017.pdf>; consultado: diciembre de 2022.