



**OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO EN
PROYECTOS DE RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE TERRITORIOS
SUJETOS A ESQUEMAS DE PSA EN LA CORPORACIÓN MASBOSQUES**

Oscar Daniel Cagua Cuadros

Trabajo de investigación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesor

Camilo Andrés Valderrama Benítez, estudiante maestría en Ingeniería Ambiental

Universidad de Antioquia

Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería

Ingeniería Ambiental

Medellín

2023

Cita	(Cagua, 2023)
Referencia	Cagua Cuadros, O. (2023). <i>OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO EN PROYECTOS DE RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DE TERRITORIOS SUJETOS A ESQUEMAS DE PSA EN LA CORPORACIÓN MASBOSQUES</i> [Ingeniería Ambiental]. Universidad de Antioquia, Medellín UdeA.
Estilo APA 7 (2023)	



Corporación para el manejo sostenible de los bosques Masbosques, Asesor interno de prácticas:
Camilo Andrés Valderrama Benítez



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

Resumen	5
Abstract	6
Introducción	7
Objetivos	9
1.1 Objetivo general	9
1.2 Objetivos específicos	9
Marco teórico	10
Metodología	21
Resultados y análisis	22
Conclusiones y recomendaciones	48
Bibliografía	51

Lista de figuras

Figura 1. - Atributos de composición, estructura y función para múltiples niveles de organización jerárquica	28
Figura 2. - Establecimiento de parcelas. Tomado de: propuesta línea base flora Masbosques...	35

Lista de tablas

Tabla 1. - Condiciones Decreto 1007 de 2018	20
Tabla 2. - Conceptos relevantes en el monitoreo ecológico	29

Resumen

El siguiente documento presenta la propuesta de mejora en la información proporcionada por la corporación Masbosques en su servicio Esquema de Pago por Servicios Ambientales BancO₂ a las empresas que hacen uso de este, en donde se implementaron diferentes criterios para una adecuada aplicación de los PSA en el contexto nacional, enfocándose en la mejora y optimización del servicio de monitoreo y seguimiento de proyectos sujetos a esquemas de PSA de preservación de la biodiversidad. En primer lugar se empleó una metodología que reúne información mediante ejercicios técnicos como lo fueron las salidas técnicas de campo realizadas, con el fin de analizar los indicadores medidos en estas, y en segundo lugar, ejercicios de análisis y búsqueda de información mediante diferentes fuentes bibliográficas, análisis comparativos a nivel nacional e internacional, entre otros, que dieron como resultado un conjunto de indicadores enfocados en las mediciones de la dinámica de la vegetación de los territorios de interés de los proyectos, así como recomendaciones y mejoras de los indicadores y procesos socioeconómicos realizados en las familias beneficiadas e involucradas en los proyectos.

Palabras clave: Conservación ambiental, desarrollo sostenible, incentivos económicos, PSA, servicios ecosistémicos.

Abstract

The following document presents a proposal to enhance the information provided by Masbosques Corporation in its BancO2 Environmental Services Payment Scheme to companies utilizing it. The proposal incorporates different criteria for the appropriate application of Payment for Environmental Services (PES) in the national context, with a focus on improving and optimizing the monitoring and tracking service of biodiversity preservation projects subject to PES schemes. Firstly, a methodology was employed to gather information through technical exercises, such as field visits, to analyze the indicators measured during these visits. Secondly, analysis and information retrieval exercises were conducted using various bibliographic sources, comparative analyses at the national and international levels, among others. These efforts resulted in a set of indicators aimed at measuring vegetation dynamics in the project's territories of interest, as well as recommendations and improvements regarding socioeconomic processes involving the beneficiary families participating in the projects.

Keywords: Environmental conservation, sustainable development, economic incentives, PES, ecosystem services.

Introducción

Los Pagos por Servicios Ambientales (PSA) son un instrumento económico que busca asegurar la provisión de los servicios ambientales mediante pagos directos y condicionados, puede ser en dinero o en especie, a los propietarios y/o usuarios locales de los ecosistemas que generan estos servicios, con el fin de que se adopten prácticas que garanticen la conservación de dichas áreas. (Wunder, 2005). Lo fundamental de estos esquemas consiste en que el pago que se efectúa sea el motivo por el cual se genere o mantenga un beneficio ambiental, en un escenario donde esto no hubiera ocurrido en ausencia del incentivo. (Forest Trends, 2008).

En el contexto nacional, existen diferentes entidades que han implementado este mecanismo económico para la conservación y restauración de ecosistemas estratégicos, uno de ellos es la corporación Masbosques, con su metodología BancO₂ y sus tres líneas de acción; BancO₂ bio, BancO₂ agua y BancO₂ plus. La empresa desde el año 2013 es considerada una de las entidades las cuales pueden operar en un Pago por Servicio Ambiental, logrando así, la compensación de 18 mil familias y comunidades étnicas, la implementación de estrategias de PSA en 19 Autoridades ambientales y 4 gobernaciones, 60 empresas han logrado compensar su huella ambiental y, además, la conservación de 236 mil hectáreas de bosque en el país. (Masbosques, 2023)

Los ecosistemas suministran a la sociedad una amplia variedad de servicios ambientales como lo es la provisión de agua dulce, polinización, regulación del clima, alimentos, y adicionalmente, servicios relacionados con la espiritualidad, la identidad cultural y la belleza estética (Minambiente 2021). Por tales razones, es de suma importancia aportar a la conservación y preservación de los ecosistemas con el fin de que estos servicios prevalezcan con el tiempo. Este documento tiene como finalidad proporcionar alternativas de mejora en los indicadores, tanto ambientales como socioeconómicos, utilizados al momento de ejecutar la fase de monitoreo y seguimiento en los proyectos existentes de Pagos por Servicios Ambientales de preservación de la biodiversidad de la corporación Masbosques, donde dichos indicadores ayudaron a optimizar la información suministrada a las empresas asociadas a este tipo de proyecto de compensación y

su vez se aportó a la contribución en la posible conservación de los ecosistemas y los servicios que nos ofrecen como sociedad.

Objetivos

1.1 Objetivo general

Optimizar los indicadores de seguimiento y control del monitoreo del esquema de pagos por servicios ambientales desarrollados por la corporación Masbosques.

1.2 Objetivos específicos

- Evaluar la metodología actual desarrollada por la corporación Masbosques para caracterizar y monitorear los beneficiarios que ingresa al esquema de PSA según su modalidad.
- Comparar la información presentada por la corporación a los diferentes beneficiarios según la normativa vigente y casos de estudios actuales de PSA.
- Implementar las oportunidades de mejoras producto de los análisis anteriores, con el fin de potenciar las actividades de monitoreo y seguimiento ejecutadas en las visitas a las familias y de esta forma mejorar la calidad de la información presentada a los clientes de la corporación.

Marco teórico

Los pagos por servicios ambientales (PSA) surgieron en la década de 1990 como resultado de la implementación de incentivos económicos para la conservación ambiental en varios países. Estos pagos buscan incentivar la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales mediante la compensación económica a quienes los cuidan. El uso de herramientas de PSA se ha vuelto crucial para garantizar la sustentabilidad del medio ambiente, ya que contribuyen a preservar y conservar los diferentes servicios ecosistémicos que recibimos de los ecosistemas naturales. Estos servicios incluyen la purificación del agua, la polinización de cultivos, la regulación del clima, entre otros, los cuales son fundamentales para la supervivencia y bienestar de la población (Millennium Ecosystem Assessment, 2015).

En el ámbito internacional, los Pagos por Servicios Ambientales surgieron por primera vez en Costa Rica en 1997, inicialmente con el objetivo de proteger y conservar los bosques y mejorar la calidad del agua a través del programa de "Pago por Servicios Ambientales Hídricos" (PSAH). Sin embargo, desde entonces, se han ampliado para abarcar otros servicios ambientales. Varios países de América Latina, como México, Brasil, Colombia y Perú, han implementado sus propios programas de PSA, cada uno con enfoques y objetivos específicos (Wunder, 2005).

Por ejemplo, en México se ha logrado un éxito notable con el reconocido programa de PSA en la cuenca del Río Lerma, el cual se enfoca en la conservación de bosques y la protección de las cuencas hidrográficas. Este programa ha demostrado cómo los PSA pueden contribuir a la conservación de los ecosistemas, la protección del agua y el mantenimiento de la biodiversidad en una región específica. De manera similar, en Perú se ha implementado un programa de PSA orientado a la conservación de bosques y la protección de las cuencas hidrográficas. Este programa ha logrado avances significativos en términos de conservación de ecosistemas, reducción de la deforestación y promoción del desarrollo sostenible en las comunidades locales. Estos ejemplos demuestran cómo los Pagos por Servicios Ambientales pueden ser adaptados y aplicados de manera exitosa en diferentes contextos y regiones, con el objetivo de promover la conservación de los recursos naturales y garantizar la prestación continua de servicios ecosistémicos vitales.

Colombia, como país megadiverso, cuenta con una extensa superficie cubierta por bosques, abarcando al menos el 52% de su territorio. Sin embargo, debido a diversas presiones antrópicas, como la deforestación, la contaminación de fuentes hídricas y la explotación excesiva de los recursos naturales, el estado del medio ambiente ha sido significativamente afectado, lo que a su vez ha impactado los beneficios de los servicios ecosistémicos. Consciente de esta problemática, el gobierno colombiano ha establecido políticas públicas orientadas a la implementación de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) como una estrategia para abordar estas preocupaciones y promover la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales (CONPES 3886, 2017). En ese sentido, se ha creado el documento de política pública CONPES 3886, el cual tiene como objetivo establecer una estrategia integral para la implementación de los PSA en Colombia. Este documento propone la creación de un sistema nacional de PSA, la promoción de la inversión privada en proyectos de conservación, el fortalecimiento de las capacidades institucionales y la identificación y priorización de áreas clave para la implementación de los PSA. Estas medidas buscan asegurar la eficacia y el impacto positivo de los PSA en la protección y preservación de los servicios ecosistémicos del país.

En los últimos diez años, Colombia ha venido desarrollando políticas públicas para la implementación ordenada y eficiente de los Pagos por Servicios Ambientales. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en coordinación con el Departamento Nacional de Planeación, ha desempeñado un papel fundamental en la elaboración de un marco normativo y de políticas públicas para la inversión de recursos públicos a través de los PSA. Uno de los objetivos clave es lograr la incorporación de un millón de hectáreas del territorio nacional en esquemas de PSA para el año 2030. En este sentido, los PSA han sido incluidos en los Planes Nacionales de Desarrollo desde el año 2010, y se han establecido documentos como el CONPES 3886 de 2017 y el decreto ley 870 de 2017 para regular adecuadamente su implementación y funcionamiento (Minambiente, 2021). Estos esfuerzos por parte del gobierno colombiano demuestran el compromiso y la importancia que se le otorga a la conservación del medio ambiente y a la promoción de prácticas sostenibles en el país. La implementación de los PSA se presenta como una herramienta efectiva para garantizar la protección de los servicios ecosistémicos, la conservación de los recursos naturales y el desarrollo sostenible en Colombia.

En el ámbito normativo y de política, los Pagos por Servicios Ambientales (PSA) en Colombia cuentan con una serie de antecedentes que han ido moldeando su implementación a lo largo del tiempo. Estos antecedentes, en orden cronológico y con sus respectivas modificaciones, se remontan a diferentes leyes, decretos y acuerdos que han establecido los marcos legales y lineamientos para los PSA en el país. En primer lugar, la Ley 1450 de 2011, que hace referencia al Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, junto con el Artículo 111 de la Ley 99 de 1993, sentaron las bases para la promoción de los PSA en Colombia. Posteriormente, la Ley 1753 de 2015, en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 y el artículo 108 de la Ley 99 de 1993, fortaleció la importancia de los PSA como una herramienta para la conservación ambiental.

El Conpes 3580 de 2015 marcó un hito al establecer el Fondo Colombiano en Paz, el cual definió los PSA como una línea de inversión, reconociendo así su valor en la construcción de una paz sostenible en el país. Además, el Acuerdo Final para la Consolidación de una Paz Estable y Duradera incorporó programas orientados al cierre de la frontera agrícola y la protección de zonas de reserva, como parte de los esfuerzos para promover la conservación ambiental en áreas afectadas por el conflicto. Posteriormente, en el año 2017, se emitieron importantes documentos y decretos relacionados con los PSA. El Conpes 3886 estableció los lineamientos del Programa Nacional de Pagos por Servicios Ambientales, sentando las bases para su implementación a nivel nacional. El Decreto ley 870 de 2017 estableció los PSA y otros incentivos a la conservación, brindando un marco normativo para su adecuada regulación. Además, el Conpes 3901 de 2017 planteó los PSA como una línea de inversión del crédito Colombia Sostenible, reforzando su importancia en el ámbito financiero.

La reglamentación de los PSA se estableció mediante el Decreto 1007 de 2018, que estableció las disposiciones generales para su implementación. Posteriormente, el Decreto 1207 determinó la inclusión de los PSA como parte de las inversiones ambientales de empresas de servicios del sector de agua potable y saneamiento básico. No obstante, la Ley 1955 de 2019, que expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad", también

incorporó disposiciones relacionadas con los PSA, reafirmando su importancia en la estrategia nacional de desarrollo sostenible. Por último, la Resolución CRA 907 de 2019 modificó la metodología para la incorporación de las inversiones ambientales, incluyendo los PSA.

En cuanto a las guías técnicas, existe una específica para el diseño e implementación del Proyecto tipo PSA en la modalidad hídrica en Colombia. Esta guía, creada con el objetivo de estandarizar los proyectos de PSA y mejorar su eficacia en la conservación de los recursos hídricos y la protección de las cuencas hidrográficas, se basa en diversos recursos legales relacionados, entre ellos la Ley 99 de 1993.

Estos antecedentes normativos y técnicos proporcionan el marco necesario para la implementación, contextualización y mejora del accionamiento de los esquemas de PSA en la empresa Masbosques, la cual es una empresa colombiana fundada en 1992 que se ha posicionado como una organización dedicada a la conservación y restauración de bosques, así como al desarrollo sostenible en las zonas rurales de Colombia. Su enfoque se basa en la implementación de Pagos por Servicios Ambientales (PSA) a través de su esquema denominado BancO₂, el cual, tiene como objetivo principal promover la conservación de ecosistemas naturales de gran importancia ambiental mediante la entrega de incentivos económicos o en especie a los poseedores de predios con características biológicas destacadas. Esta iniciativa se divide en tres líneas de acción fundamentales; la primera línea es BancO₂ Plus, la cual se enfoca en la reducción de gases de efecto invernadero a través de la evitación de la deforestación. (Masbosques, 2023). Masbosques reconoce la importancia de preservar los bosques como sumideros naturales de carbono y trabaja en conjunto con los propietarios de predios forestales para evitar su pérdida y contribuir a la mitigación del cambio climático; la segunda línea de acción es BancO₂ Bio, la cual promueve el pago por servicios ambientales en áreas y predios que permiten la conservación y enriquecimiento de la biodiversidad, además de buscar proteger y fortalecer los ecosistemas estratégicos, como los corredores biológicos, que facilitan el desplazamiento de la fauna y contribuyen a la conectividad de los diferentes hábitats, por último, BancO₂ Agua se centra en la protección y conservación de fuentes hídricas en Colombia. Masbosques reconoce la importancia vital de los recursos hídricos y trabaja en estrecha colaboración con los propietarios de predios

que cuentan con fuentes de agua relevantes para su conservación y gestión adecuada. (Masbosques, 2023).

La empresa también ofrece servicios de consultoría ambiental y asesoría técnica. A través de su servicio llamado "línea verde", Masbosques busca promover proyectos productivos que diversifiquen los ingresos de las comunidades rurales. Algunos ejemplos de estos proyectos son "Miel BancO₂", "Café BancO₂", "Arroz BancO₂", "Mejoragro" y "Paisajero". Estas iniciativas buscan no solo la conservación ambiental, sino también el desarrollo económico sostenible de las comunidades locales.

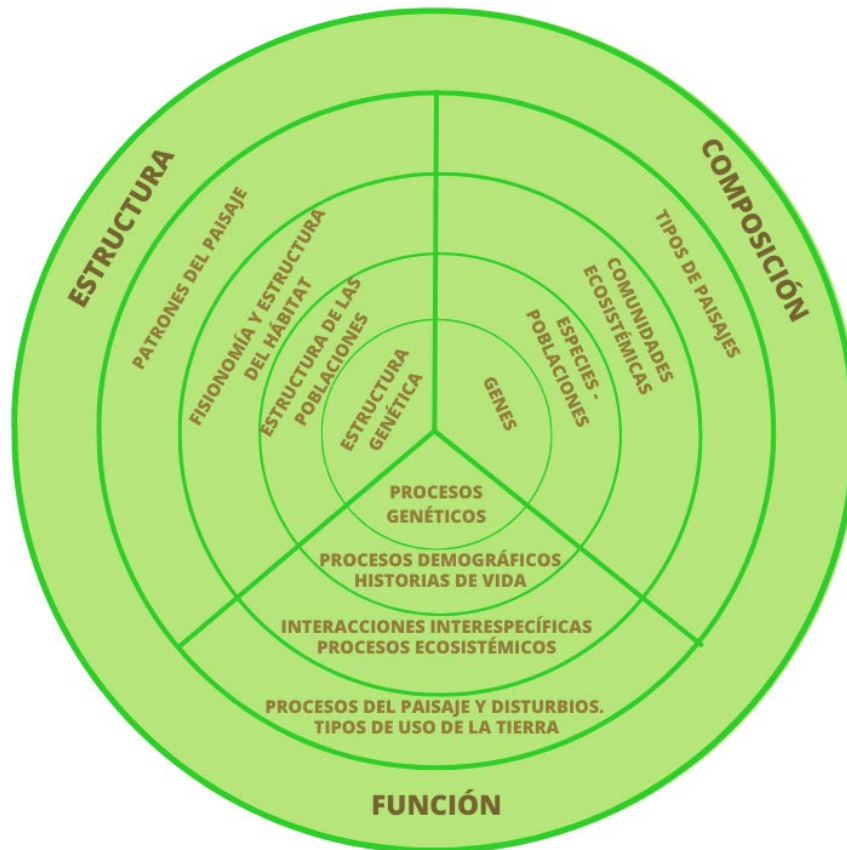
El monitoreo es una etapa fundamental en los proyectos de Pagos por Servicios Ambientales (PSA), ya que permite evaluar el progreso y la efectividad de las prácticas de conservación o restauración implementadas en los ecosistemas. Para llevar a cabo el monitoreo, se utilizan indicadores, que son herramientas que permiten identificar y medir la respuesta del ecosistema y la gestión de las prácticas implementadas. El objetivo principal del monitoreo es evaluar si se están cumpliendo los objetivos y metas establecidos al inicio del proyecto. Esto implica verificar el cumplimiento de los acuerdos voluntarios y las obligaciones establecidas, especialmente en lo que respecta al aislamiento y la no intervención de las áreas pactadas para preservación o restauración espontánea. (Aguilar Garavito & W. Ramírez, 2015).

Es fundamental que los proyectos de PSA tengan objetivos claros y realistas, así como metas concretas, además, se requiere contar con un conjunto de indicadores y cuantificadores precisos, que permitan medir el avance de los proyectos en el tiempo, dichos indicadores deben ser seleccionados de manera cuidadosa y representar aspectos clave como la estructura, composición, función y aspectos socioeconómicos del ecosistema en restauración, asimismo, representan variables o componentes del ecosistema que reflejan los cambios que están ocurriendo. Cada indicador se obtiene mediante la utilización de cuantificadores, que son mediciones, observaciones o registros específicos, la selección de los cuantificadores depende del tipo de ecosistema, el disturbio presente, los objetivos y metas del proyecto, así como de los criterios e indicadores establecidos. (Aguilar Garavito & W. Ramírez, 2015).

Por otra parte, Franklin, et al. (2001), reconocen tres atributos primarios de los ecosistemas; Composición, estructura y función. Estos tres atributos determinan las características y las propiedades emergentes propias de los sistemas naturales ubicados en un área. La composición corresponde a la identificación de la variedad de elementos contenidos en el sistema (especies, componentes abióticos). La estructura es la organización física o el patrón espacial y de relaciones del ecosistema (complejidad y distribución de hábitats, patrones o parches de distribución de especies). Y, por último, la función la cual incluye los procesos ecológicos y evolutivos, se refiere entre otros, a los ciclos de nutrientes, flujos de energía, perturbación, disturbios y flujo genético entre las especies.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, se expresa claridad sobre la manera de estudiar un ecosistema, para lo cual es necesario crear modelos conceptuales mediante el análisis de la composición, estructura y función ecosistémica. En el ámbito del monitoreo, estos aspectos son de especial importancia, ya que solamente a partir de un modelo conceptual del ecosistema a estudiar, podremos comprender temporal y espacialmente su comportamiento ante diferentes factores de presión y/o perturbación, su capacidad homeostática o resiliencia y la capacidad de respuesta o recuperación que tienen o resistencia. La figura mostrada a continuación representa los atributos de composición, estructura y función para múltiples niveles de organización jerárquica.

Figura 1. Atributos de composición, estructura y función para múltiples niveles de organización jerárquica.



Adaptado de: Programa de monitoreo ecológico y socioeconómico del pacífico medio y sur colombiano, 1997.

El concepto de jerarquía de los sistemas naturales, sugiere que un programa de monitoreo puede desarrollarse para múltiples niveles de organización y múltiples escalas temporales y espaciales. No existe un único nivel de organización apropiado para monitorear, ni un solo nivel de resolución; cada nivel tanto de organización como de resolución temporo-espacial es indicado para lograr diferentes objetivos. Según el nivel en el cual se realice el análisis (por ejemplo, paisaje, ecosistema, comunidades), surgen diferentes factores (económicos, sociales, culturales, técnicos o ambientales) que modulan el desarrollo y la sostenibilidad y, por consiguiente, se requiere de diferentes herramientas para abordar los estudios. De hecho, una de las herramientas de más amplia aplicación, es la utilización de indicadores, de esta forma, es importante identificar

o diseñar un sistema de indicadores adecuados para el monitoreo de diferentes procesos ecológicos y de actuación antrópica sobre los ecosistemas (Winograd, 1995).

Se recomienda alternativamente el uso de indicadores en una forma amplia como parte de la estrategia comprensiva de análisis de aspectos relacionados con el hábitat, en donde se incluyen corredores, mosaicos y otras estructuras de los paisajes, y así mismo con las especies. De tal manera se propone la utilización de los indicadores para la fase de monitoreo y seguimiento de los proyectos en términos del monitoreo de la composición, estructura y función a múltiples niveles de organización. (Noos, 1990). En la tabla mostrada a continuación se reúnen las definiciones y la importancia de estos conceptos dentro de los trabajos de monitoreo ecológico en tres niveles: paisaje, ecosistema y comunidad y criterios socioculturales y económicos, en donde se destaca su importancia en las fases de monitoreo.

Tabla 2. Conceptos relevantes en el monitoreo ecológico

Definición	Importancia
<p>Paisaje: el término paisaje hace énfasis en la complejidad espacial de las regiones, considerado de esta forma, el paisaje hace referencia al mosaico de climas, geoformas, suelos, tipos de vegetación y formas de uso de la tierra existentes en un lugar dado y diferenciables por determinadas características composicionales, estructurales y funcionales de otras zonas (Hobbs, 2007).</p> <p>Monitoreo: la estructura del paisaje se debe inventariar y monitorear a partir de imágenes de sensores remotos, como son fotografías aéreas, imágenes de radar e imágenes de satélite, las cuales se analizan, procesan y organizan mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), en los cuales los análisis espaciales, como la dimensión fractal, conectividad y vecindad entre otros, y temporales, como en análisis de series de tiempo, aplicados a imágenes de sensores remotos y bases de datos espaciales como los mapas, brindan una relevante herramienta para el estudio del comportamiento evolutivo del paisaje.</p> <p>En el monitoreo de la composición del paisaje es prioritario considerar las especies dominantes que componen un parche determinado e identificar la fisionomía y estructura de cada uno de ellos. La función del paisaje generalmente se monitorea a través del análisis de procesos de disturbio, presión y recuperación que muestran los hábitats y de las tasas que presentan los ciclos biogeoquímicos y los flujos de energía.</p>	<p>1) La relevancia del estudio y análisis de la estructura del paisaje dentro de la fase de monitoreo y seguimiento de los proyectos es muy alta. Características del paisaje como el tamaño de parches, heterogeneidad, la relación área-perímetro de los parches o dimensión fractal y la conectividad espacial son de gran importancia en el establecimiento de las formas dinámicas que se dan mediante la utilización de una zona determinada de monitoreo, de la evolución de las formas de aprovechamiento e intervención por parte del hombre, como también, inciden y controlan la composición y abundancia de especies, sus patrones de distribución y la viabilidad que ciertas especies amenazadas, del sitio de interés, pueden poseer para sobrevivir.</p> <p>2) No obstante, la composición del paisaje (identificación y proporción de hábitats) y la combinación e interrelación funcional que establecen dichos hábitats, es de vital importancia para los procesos de regeneración, sucesión y mantenimiento de especies animales que utilizan los hábitats. (Herrick, 2006).</p>
<p>Ecosistema y comunidad: un ecosistema se define como un conjunto integrado de componentes biológicos que constituyen una comunidad biótica o biocenosis más su medio abiótico. (Hobbs, 2007).</p>	<p>Los integrantes bióticos fundamentales de un ecosistema son los productores o autótrofos, los consumidores y descomponedores, cada uno de estos grupos a su vez están compuestos por poblaciones y especies. Las diferencias que se observan entre los distintos tipos de ecosistemas pueden estudiarse e interpretarse en términos de las reservas y flujos asociados a cada componente del ecosistema.</p>
<p>Criterios socioculturales y económicos: se expondrán a continuación cuatro criterios que pueden orientar la selección de los indicadores es los aspectos socioculturales y económicos:</p> <p>1) La estructura sociocultural: la sostenibilidad del bosque debe considerar los usos, creencias y costumbres de las comunidades locales, la lógica</p>	<p>3) Los aspectos político-administrativos y normatividad vigente: las actividades forestales y aprovechamiento de recursos de los territorios exigen un control adecuado a nivel político y administrativo en las áreas involucradas en los proyectos.</p>

<p>de sus actividades productivas y la percepción frente a los recursos forestales.</p> <p>2) Los beneficios sociales y económicos: la utilización del bosque como recurso sostenible debe considerar necesariamente la generación de beneficios económicos. (Harris, 2006).</p>	<p>4) Participación comunitaria: los proyectos de conservación/restauración necesitan el consenso de las comunidades involucradas en los esquemas. Por tanto, los niveles de participación de las comunidades deben ser analizadas para determinar posibles fortalezas y/o amenazas en programas futuros, así como el diseño de una estrategia de participación adaptada a las particularidades del programa de monitoreo. (Harris, 2006).</p>
--	--

Según la Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad (2011), en su guía para el desarrollo y uso de indicadores de biodiversidad nacional plantea que los indicadores de biodiversidad son diseñados y comunicados para ayudar a resolver preguntas clave sobre los usuarios, es recomendable desarrollar y comunicar dichos indicadores en respuesta a unas preguntas clave relacionadas con la conservación y dinámica de la biodiversidad del sitio de estudio y monitoreo, el planteamiento de dichas preguntas contribuye a definir el propósito del indicador de biodiversidad, algunas de las preguntas clave que sirven para este tipo de proyectos en la fase de monitoreo y seguimiento son las siguientes:

- ¿Cuántas especies hay en la zona de interés?
- ¿Qué especies están amenazadas de extinción?
- ¿La biodiversidad después de las intervenciones en la zona de interés está aumentando?
- ¿Cuáles son las principales amenazas para la biodiversidad en esta zona de interés?
- ¿Cuál es el estado de la fauna y flora más importante de este territorio?

Cuando se quiere abordar los proyectos de restauración ecológica, es importante tener en cuenta que cuando un área natural es intervenida por intervenciones antrópicas quedan zonas externas expuestas a condiciones bióticas y abióticas propias de dicha intervención, esas condiciones pueden posteriormente ingresar hasta diferentes distancias al interior del relicto de bosque que se conservó, generando una franja al límite entre el bosque y el área intervenida, conocida como borde. (Aguilar & Ramírez, 2015). El caso más conocido de la influencia del efecto borde se da por la fragmentación de coberturas y la consecuente pérdida de hábitat, siendo así uno de los limitantes para la recuperación natural de un ecosistema, y por tanto, un indicador a considerar

importante dado que dentro de las consecuencias de la fragmentación se afectan bastantes dinámicas de los ecosistemas como lo es la desaparición o disminución de especies por eliminación directa, afectación en las especies sensibles al aislamiento al no poder mantener el flujo entre individuos de la misma especie entre fragmentos, impidiendo su dispersión a través de las zonas disturbadas, como es el caso de anfibios, reptiles y algunas plantas dispersadas por animales de corta movilidad, también se ven afectadas las especies clave como las polinizadoras, depredadores, entre otras, que generan reacciones en la cadena trófica.

Las métricas como indicadores para el monitoreo de proyectos de restauración desde el paisaje son: 1) la composición: hace referencia al número de categorías o clases en los mapas de interés; 2) la configuración: busca describir características de los parches y la relación entre estos; 3) número de parches por cobertura: este indicador hace referencia al número de unidades de cada tipo de cobertura, con el fin de analizar los arreglos del paisaje en términos de riqueza y dominancia; 3) tamaño de los parches: este indicador calcula el área de cada unidad dentro de la zona de análisis, está relacionado de igual forma con la riqueza y la dominancia del paisaje; 4) forma: se relaciona bajo el supuesto de que las coberturas antrópicas suelen tener formas homogéneas y geométricas, mientras que las coberturas naturales tienen formas heterogéneas, de hecho, es óptimo que en los procesos de monitoreo se verifique el avance de la restauración a medida que los valores de índice de forma incrementen hacia la irregularidad de las coberturas naturales; 5) núcleo: las áreas de parche que se mantienen sin el efecto borde se conocen como áreas de interior o núcleo y es la que mejor mantiene los procesos originales del ecosistema (Aguilar-Garavito & Ramírez, 2015).

Metodología

1. Para la contextualización del problema, planteamiento de oportunidades de mejora y punto de inicio para el desarrollo del trabajo, se empezó con el análisis de los documentos proporcionados por la corporación Masbosques respecto al mecanismo de implementación de BancO₂ con sus propósitos principales, centrándose en dos pasos clave; la Caracterización de las familias BancO₂ y el Seguimiento y monitoreo de los proyectos, no obstante, también se obtuvo información y propuestas de mejora por parte de los diferentes profesionales pertenecientes a la corporación por medio de salidas técnicas de campo en donde se tuvo la oportunidad de encuestarlos y hacer diferentes preguntas relacionadas con la inquietud de para ellos cuales podrían ser las oportunidades de mejora en los procesos de monitoreo y seguimiento de los proyectos.
2. Posteriormente, se procedió a analizar la forma para desarrollar de la mejor manera los objetivos esperados con el desarrollo del trabajo, basándose en diferentes fuentes bibliográficas tanto como lo fue la normativa vigente en documentos como el Decreto 1007 de 2018 y el Documento CONPES 3886, asimismo, documentos emitidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como el Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales (PSA) y la Guía técnica para el diseño e implementación del Proyecto Tipo de PSA para la modalidad hídrica, y de igual manera, documentos de monitoreo a procesos de restauración ecológica como lo es el documento Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres emitida por el Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt (IAvH), entre otros documentos expuestos más adelante.
3. Finalmente, con la información recolectada y analizada referente al paso a paso de la implementación de los proyectos PSA de la corporación y con la información investigada previamente, se presentarán un conjunto de indicadores ambientales y socioeconómicos que tienen el fin de optimizar la fase de monitoreo y seguimiento de los proyectos y así brindar mejor información a las empresas asociadas mediante los informes de seguimiento.

Resultados y análisis

- **Diagnóstico y contextualización de la metodología actual empleada por Masbosques:**

Con el fin de entrar en una mejor contextualización acerca del desarrollo del presente trabajo, se hará un breve resumen acerca del proceso empleado por la corporación Masbosques al momento de efectuar los planes de compensación de Pagos por Servicios Ambientales con las familias seleccionadas pertenecientes a los territorios estratégicos y beneficiadas por las empresas compensantes, en donde se hará un énfasis más adelante en los pasos número 4) Caracterización de las familias BancO₂ y 11) Seguimiento y monitoreo.

1. **Firma del Convenio entre Masbosques y la Autoridad Ambiental:** en este paso los actores encargados es el director de Masbosques, el director de la Autoridad Ambiental y la Gestión jurídica de Masbosques y el área jurídica de cada Autoridad Ambiental.
2. **Consecución de recursos para la implementación de BancO₂:** el área de Mercadeo y los enlaces con las empresas son los encargados de ejecutar de manera correcta este paso. Además, se desarrollan actividades en caso de compensar como lo es la propuesta de compensación y los análisis de mercado de la jurisdicción de la Autoridad Ambiental.
3. **Identificación de las áreas prioritarias y ecosistemas estratégicos para la conservación, preservación y/o restauración ambiental:** en este paso, las Autoridades Ambientales se encargan de priorizar las áreas ecosistémicas para la conservación, preservación y restauración ambiental dentro de sus jurisdicciones, en las cuales posteriormente se implementará BancO₂ con alguna de sus tres líneas de conservación; BancO₂ plus, BancO₂ bio y BancO₂ agua. Estas áreas ecosistémicas corresponden a ecosistemas estratégicos, en los que se priorizará la implementación de BancO₂ y que cumplen con las siguientes condiciones; 1) Son áreas o ecosistemas estratégicos con riesgo de degradación de la cobertura natural, especialmente por expansión de la frontera agropecuaria y se hace énfasis a aquellas que se localicen en municipios priorizados para el posconflicto; 2) Son áreas o ecosistemas estratégicos degradados y en conflicto del uso del suelo, con énfasis en aquellas que se localicen en municipios priorizados para el posconflicto.

No obstante, la focalización de áreas y ecosistemas estratégicos donde se implementará BancO₂, corresponden a las zonas identificadas en el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales REAA o en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas: RUNAP.

4. **Caracterización de las familias BancO₂:** este paso tiene como actores encargados el equipo BancO₂ región, en donde se debe realizar la visita a las familias con el fin de conocer las características del predio y del ecosistema a conservar, adicionalmente, se reúne la información de la tenencia del predio y los documentos del propietario de este divididos en; 1) documentos para todos; 2) documentos del predio propietario; 3) documentos del poseedor u ocupante de buena fe; 4) poseedor de sucesión líquida; 5) persona jurídica, cada división con sus documentos requeridos respectivos. Adicionalmente, se ejecuta la preparación del trabajo de campo, en donde a partir de las áreas ecosistémicas priorizadas se revisa la información secundaria existente de la zona a visitar (biofísica, cartográfica, socioeconómica, bases de datos, planes de manejos, proyectos desarrollados, entre otros). Y se dictan los requisitos de las personas que quieran conservar los ecosistemas naturales mediante BancO₂, los cuales son; 1) acreditar alguna de las siguientes calidades: propietario, poseedor u ocupante por un periodo igual o superior de 5 años de un predio que tenga bosque natural y que esté ubicado en ecosistemas estratégicos identificados por la Autoridad Ambiental, Sistema de Áreas protegidas SINAP y Reserva Forestal de la ley 2da de 1959, Predios ubicados además en áreas de reservas municipales, regionales o de la sociedad civil o Predios con bosques remanentes de gran valor biológico o cuencas hidrográficas que surten acueductos. En el caso de ser poseedor, la persona deberá suministrar la declaración extra juicio, el certificado de acción comunal o compraventa, además, deberá firmar una declaración juramentada de posesión regular del predio en el formato de declaración de posesión del inmueble; 2) habitar el predio o vivir muy cerca de él; 3) nivel de vulnerabilidad: La compensación BancO₂ será otorgada a las personas que se encuentren en los niveles de vulnerabilidad establecidos por el SISBEN y el censo nacional agropecuario; así como los pueblos indígenas y demás grupos étnicos identificados como en peligro de exterminio definidos en el auto 004 de 2009 de la Corte Constitucional o pueblos indígenas que se encuentren en situaciones similares de vulnerabilidad. Para el caso de posesión, las personas deben suministrar

alguno de los documentos mencionados en el punto anterior. No obstante, en este paso se realiza la Caracterización de los predios; en donde se realiza la visita de campo para efectuar el proceso de caracterización ambiental del predio, la georreferenciación de la propiedad, la toma de los registros fotográficos de la vivienda, los aspectos socioeconómicos de las familias, las actividades productivas de las familias y las áreas en conservación y/o restauración, asimismo, en esta etapa se diligencia el Formato de caracterización socios BancO₂, en donde dicho formato reúne datos como: información del socio, información general del predio, información familiar, información de la vivienda, información social y comunitaria, información social y comunitaria relacionada referente a la victimización de las familias del conflicto, información de salud, información de educación, información de seguridad alimentaria y nutricional, información de infraestructura, información económica, información ambiental.

5. **Verificación y validación de información SIG, ambiental, social y jurídica:** en este paso se realiza el estudio de títulos y la validación cartográfica y ambiental
6. **Calcular el costo de oportunidad:** en este paso se cuantifica el valor de la compensación en dinero o en especie, para esto se utiliza como referencia el costo de oportunidad de las actividades productivas que se adelantan en las áreas y ecosistemas estratégicos de la zona a conservar.
7. **Firma de los acuerdos de conservación y/o restauración y elaboración del plan de inversión de recursos:** el acuerdo de conservación es el documento por el cual se formaliza la compensación y las obligaciones de las parte involucradas frente al cuidado de los ecosistemas identificados en el predio, por otro lado, el plan de inversión de recursos es un formato el cual tiene como fin proponerles a las familias orientaciones respecto a la inversión de la compensación que empezarán a recibir, en donde se prioriza el fortalecimiento de los sistemas productivos, tiene 5 líneas posibles de inversión, las cuales son: ambiental, desarrollo productivo, infraestructura, formación académica, derechos y otros.
8. **Bancarización:** este paso hace referencia al proceso mediante el cual se hace la inscripción de la cuenta bancaria de los socios BancO₂.

-
9. **Inclusión de familias en plataforma:** este paso tiene como objetivo publicar a los socios y predios a compensar en la plataforma web de BancO₂.
 10. **Pago a las familias:** después de que el equipo de gestión financiera de Masbosques recibe la información necesaria de los socios a compensar, se comienza con el proceso para realizar los respectivos pagos.
 11. **Seguimiento y monitoreo; este paso consta de diferentes actividades a realizar que se resumen en las siguientes:** realizar el seguimiento del acuerdo de conservación firmado por los socios, verificar la no alteración o disminución del área de conservación o restauración pactada en el acuerdo de conservación, identificar el impacto socioeconómico de la compensación BancO₂ orientado por el plan de inversión de recursos. En general, el seguimiento se realiza una vez por año, sin embargo, la periodicidad podrá ser definida por cada Autoridad Ambiental dependiendo de factores como los costos de seguimiento, el registro fotográfico para evidenciar cambios en el predio, el recorrido por el predio para identificar posibles cambios en el uso del suelo o en el estado de conservación del área y tomar nuevamente las coordenadas en puntos de interés, por otra parte, se diligencia el formato de Seguimiento BancO₂, el cual consta de información como lo es la información del socio, información familiar, información general del predio, información de la vivienda, información de factores socioeconómicos e información ambiental. Además de eso, se debe identificar a través del formato Plan de inversión descrito en el paso número 7 los ítems en los cuales las familias están invirtiendo los recursos de la compensación.
 12. **Capacitaciones, proyectos productivos y de servicios:** en este paso las familias socias BancO₂ tienen la opción de consolidar proyectos productivos y de servicios, con el fin de dinamizar su economía, de hecho, Masbosques en alianza con Autoridades Ambientales han desarrollado productos BancO₂ y ecoturismo como lo son “arroz BancO₂”, “miel BancO₂”, “café BancO₂” y “Paisajero”.

- **Normativa, análisis de los procesos de la corporación y contextualización de la meta a resolver:**

Ahora bien, se procederá a hacer uso de la tabla que muestra las diferentes directrices planteadas respecto al proceso de Monitoreo y seguimiento de proyectos de PSA planteado por el Decreto 1007 de 2018, y en su paralelo las acciones implementadas y desarrolladas por parte de la corporación para dar cumplimiento a las condiciones allí expuestas:

Tabla 1

Comparación entre las directrices estipuladas en el Decreto 1007 de 2018 con las implementadas por Masbosques

Decreto 1007 de 2018	
Directrices	Acciones realizadas por Masbosques
<p>1) Las personas públicas y privadas que implementen los proyectos de pago por servicios ambientales efectuarán el monitoreo y seguimiento del comportamiento de los servicios ambientales asociados al uso del suelo acordado dentro del área o ecosistema estratégico, con los elementos técnicos disponibles y el apoyo de las autoridades ambientales.</p>	<p>Entre ambas partes, tanto de las personas que están implementando el proyecto y la corporación, y según el presupuesto del proyecto se desarrollan actividades de socialización, encuentros comunitarios en donde se realizan talleres más grandes con las comunidades o en los casos que se hacen las actividades de educación y sensibilización predio a predio con las familias beneficiadas.</p>
<p>2) Las personas públicas y privadas que implementen los proyectos de pago por servicios ambientales darán a la comunidad relacionada e interesada en el proyecto, la información y capacitación requerida de acuerdo a las particularidades locales y regionales, propiciando su participación activa que contribuya al seguimiento y control y a la consolidación y sostenibilidad del incentivo.</p>	<p>La corporación realiza una serie de capacitaciones a la comunidad interesada y participe de los proyectos, la cual se desarrolla por parte de técnicos de campo calificados y previamente preparados con el fin de actuar como educadores en el tema de concientización e importancia de proteger los recursos naturales, no obstante, existen proyectos en los que de acuerdo con el presupuesto existente se realizan monitoreos participativos en los cuales la comunidad participa activamente haciendo uso de intercambio de saberes en actividades como la relección de muestras, monitoreo y seguimiento, registro de especies de fauna y flora, entre otras.</p>
<p>3) Igualmente, estas personas, durante el desarrollo de los proyectos, facilitarán la participación de las autoridades ambientales, y otros actores regionales y locales, para que se apropien de los mismos, efectúen el acompañamiento a los proyectos y se conviertan en un instrumento de gestión participativa de la conservación de las áreas y ecosistemas estratégicos en su jurisdicción.</p>	<p>Masbosques como empresa operadora efectúa las actividades de seguimiento y en los momentos que las autoridades ambientales o personas públicas y privadas son partícipes de los proyectos, se logra llegar a un apoyo mutuo para el correcto desarrollo de las labores, sin embargo, normalmente Masbosques actúa como operador y como entidad que ejecuta los recursos y es el único encargado de hacer las actividades de seguimiento.</p>

Las prácticas de conservación y restauración ecológica en Colombia se consideran incompletas, esto tiene varias razones, en primer lugar, se debe a que no se incluye el monitoreo desde un principio en la planeación de los proyectos, y cuando ocurre, no necesariamente se le asignan los recursos necesarios. En segundo lugar, porque no todos los proyectos miden las condiciones iniciales y el control o el ecosistema de referencia y, en tercer lugar, porque no todos los proyectos tienen metas claras y cuantificables y las variables que se están monitoreando no son las correctas para determinar si se cumplieron. (Mauricio Aguilar Garavito, 2015). Por tanto, para tener procesos de restauración/conservación ecológica más exitosos y con información concisa y de calidad se debe tener claridad sobre los pasos iniciales; 1) Definir de una forma adecuada los objetivos, de manera que sean concretos, medibles, alcanzables, realizables y circunscritos a un lapso de tiempo específico; 2) Es esencial la selección de un ecosistema de referencia para poder definir con claridad la metodología y luego poder verificar si las metas en cada etapa de la restauración se está acercando a los objetivos propuestos y en qué medida (Clewell y Aronson 2013, Balaguer et al. 2014). 3) Es necesario evaluar los resultados por un proceso de monitoreo. Adicionalmente, al considerar que Colombia es un país tropical y frente a la complejidad ecológica de los ecosistemas tropicales, la manera de hacer monitoreo más adecuada es haciendo monitoreo de ciertas especies y grupos funcionales de especies vegetales y animales, para de esta forma, lograr un monitoreo significativo con costos relativamente bajos.

No obstante, el monitoreo en los proyectos es clave no solo para evaluar en qué medida se están cumpliendo los objetivos y metas planteados previamente, sino que provee también información relacionada con el costo-beneficio de su implementación y estima la eficiencia de la inversión; todo esto es clave para la toma de decisiones por parte de los propietarios, instituciones, empresas y público en general, para quienes es importante conocer el balance entre las metas del proyecto y los beneficios que trae consigo a la sociedad. (Murcia y Guariguata 2014).

El punto de partida del proceso de monitoreo y seguimiento es el diagnóstico de la situación inicial del área, en este caso, los predios de las familias objetivo a ser beneficiadas del esquema. En términos generales es necesario invertir un tiempo en realizar la caracterización y documentación del punto de partida, en donde, generalmente se hace con herramientas tales como registros

fotográfico detallados de la situación antes de la intervención, haciendo uso de fotografías panorámicas del territorio que permitan entender el contexto del paisaje, no obstante, en casos donde el área del predio sea bastante grande se podría hacer uso de drones e imágenes satelitales, y dependiendo de la intervención, en el momento de hacer la caracterización de la línea base, se pueden incluir otras variables como estudios de la vegetación y la fauna silvestre presente, análisis de los suelos y la calidad del agua, entre otras cosas.

La caracterización del territorio por parte de Masbosques se hace en el paso 4) Caracterización de las familias BancO₂, en donde, se diligencia el Formato de caracterización socios BancO₂, el cual es adecuado en su función de caracterización y contextualización del predio y de las familias beneficiadas, se diligencian datos relacionados con la información del socio representante del acuerdo, información general del predio, en el que se incluyen datos como la Autoridad Ambiental competente, el sector, el área total del predio, el área en conservación, el área productiva, información familiar relevante como la cantidad de miembros de la familia, información de la vivienda de la familia con sus condiciones de entorno y vivienda, entre otras cosas más. Respecto a la información ambiental del predio el técnico de campo diligencia datos como el área, zona, subzona hidrográfica del predio, información referente a la existencia de alguna fuente hídrica en el predio, el abasto del ecosistema, focos de contaminación en la fuentes de agua del predio, tipo de ecosistema, estado del ecosistema, existencia de áreas protegidas en el predio, zonas de vida, especies de flora y fauna representativas en el predio, necesidades de restauración en el predio, actividades madereras en el predio y las especies principales aprovechadas, en donde efectivamente se tienen datos representativos tanto de las familias y su condición socioeconómica, así como de la caracterización y contextualización del territorio sujeto a procesos de restauración/conservación.

Los encargados de hacer el diligenciamiento del formato Seguimiento BancO₂ son los técnicos de campo en sus actividades de monitoreo y seguimiento de los proyectos, dicho formato debe ser diligenciado en su totalidad por parte de los técnicos mediante una encuesta a las familias pertenecientes a los proyectos, cualquier pregunta que no aplique se debe informar o se debe notificar que no se encuentra algún tipo de información para responder a dicha pregunta. Ahora

bien, se les dará importancia a dos preguntas en particular del formato dado que las respuestas a ellas pueden ser utilizadas como una oportunidad de mejora en el desarrollo del trabajo, una de las preguntas es la siguiente: ¿Su predio presenta necesidades de restauración? Teniendo como respuesta las opciones “Si”, “No”, y rellenar el Área aproximada, la respuesta a dicha pregunta se hace por medio de la concertación con la familia y de acuerdo con la vocación del suelo, sin embargo, no se resuelve basada en estudios. Otra pregunta analizada fue la siguiente: ¿Está interesado en realizar actividades restaurativas en su predio? Con las siguientes opciones de respuesta: “Si”, “No”, y rellenar el Área aproximada, dicha pregunta le presenta la posibilidad a la familia de pertenecer en el proceso de restauración de su predio, en donde, las modalidades que se realicen dependerán entre otras cosas del presupuesto del proyecto al cual la familia compensante pertenece. Si la familia no se encuentra interesada en participar en actividades de restauración, Masbosques realiza a todo costo las siembras y demás actividades restaurativas, por el otro lado, si la familia se encuentra interesada, Masbosques involucraría a la familia con su aporte de mano de obra brindándoles el apoyo y la asesoría necesaria para realizar dichas actividades como pueden ser rescate de semillas, viveros en sus predios, rescates de plántulas, entre otros, en el que dependiendo del proyecto las familias involucradas recibirían un incentivo económico por las actividades de restauración.

Particularmente, en los proyectos que se decida realizar actividades de restauración, se plantea en primer lugar definir un ecosistema de referencia para los proyectos, el cual, es un conjunto de áreas con mejor estado de conservación que el sitio a restaurar, que se encuentra localizado en un lugar geográfico determinado que posee características ambientales, ecológicas y socioeconómicas similares y que pueden servir como un modelo para la planeación del proceso de restauración (Thorpe y Stanley 2011). Dichos ecosistemas pueden ser ecosistemas históricamente conservados o descripciones ecológicas de ecosistemas previamente existentes o propuestos a partir de las condiciones edáficas o climáticas de la región. La existencia del planteamiento de un ecosistema de referencia sirve como guía para planear el desarrollo del proyecto, hacer explícitas las metas de este en un período de tiempo determinado y establecer un marco de comparación para realizar el correcto monitoreo después de haber implementado las técnicas y estrategias de restauración del proyecto. (Choi 2004).

Ahora bien, la forma ideal para determinar el éxito o no en los proyectos de conservación o restauración, es mediante la verificación del cumplimiento de los objetivos planteados al momento de realizar la planeación del proyecto. El éxito del proyecto plantea el desafío de evaluar en el tiempo lo que está ocurriendo en los grandes componentes del sistema objeto del proyecto, como lo son el paisaje, las comunidades, las especies, los genes, entre otros, y dichos componentes se deben relacionar con atributos de la biodiversidad (composición, estructura y función) comparados a su vez con los criterios planteados de los objetivos y metas del proyecto. (Noss 1990). En el caso de los proyectos donde se decide hacer actividades de restauración algunos aspectos importantes que se deben tener en cuenta al momento de plantear los objetivos y metas son los siguientes: 1) el ecosistema tiene un funcionamiento adecuado para el presente y el futuro, 2) hay una productividad primaria similar a la original o en una trayectoria parecida, 3) presenta retención de nutrientes, 4) incorpora interacciones bióticas, 5) presenta cierta composición y abundancia de especies, así como la estratificación vertical de la vegetación y del suelo, 6) el sistema en proceso de restauración es auto sostenible y resistente a invasiones o a especies indeseables, 7) evidencia una estratificación horizontal heterogénea, 8) desarrolla varios procesos funcionales como el flujo y transferencia de energía, el ciclado de nutrientes y la dinámica sucesión – resiliencia. (Thorpe y Stanley, 2011).

Por lo tanto, para alcanzar un éxito idóneo en los proyectos desarrollados por la corporación, el programa de monitoreo y seguimiento debe involucrar una evaluación de metas y objetivos del proyecto, de forma que se puedan validar en varios lapsos de tiempo y que ofrezcan umbrales de respuesta respecto a criterios basados en indicadores y cuantificadores de éxito de los cuales posteriormente se hará referencia.

En relación a los objetivos planteados por los proyectos, estos deben ser propuestos con claridad, desde el inicio y en general, deben considerar los siguientes aspectos: 1) la identificación y la reposición de valores, bienes y servicios ecológica y socialmente deseables; 2) la identificación y recuperación de elementos y procesos esenciales para la existencia del ecosistema; 3) la educación ambiental y la mejora en la calidad de vida de las poblaciones humanas. En cuanto a las características de las metas y criterios, deben estar determinadas sobre un lapso de tiempo en el

cual deben ser alcanzables y medibles, además, se relacionan con temporalidades de corto, mediano y largo plazo. Para el correcto planteamiento de las metas y criterios se recomienda que éstas sean determinadas a partir de los siguientes criterios: 1) los principios, criterios y teorías socioecológicas que definen y estructuran a los proyectos realizados por la empresa; 2) de los criterios y aspectos ambientales y socioecológicos identificados en la fase de diagnóstico y caracterización de los procesos. (Aguilar & Ramírez, 2015).

Las metas de los proyectos se deben evaluar a partir de una serie de indicadores, los cuales sirven para representar de una forma cuantificable aspectos como lo son la estructura, la composición, la función y los aspectos socioeconómicos que ocurren e inciden en las áreas destinadas al proyecto y las comunidades habitantes de dichas áreas (Choi 2004, Thorpe y Stanley 2011). Para que una variable o componente sea seleccionado como indicador se determina la forma en que la presencia, ausencia o fluctuación de este manifiesta cambios en el ecosistema y el entorno donde se está desarrollando el proyecto y de esta forma, si la evaluación realizada en los procesos de monitoreo y seguimiento muestra que dichos cambios se alejan de los resultados esperados se determinarían decisiones para realizar acciones correctivas en el desarrollo del proyecto para de esta forma acercarse a los escenarios esperados en el proyecto. No obstante, dependiendo del tipo de proyecto, se recomienda que durante el proceso de selección de los indicadores y cuantificadores se identifique el comportamiento de estos en el ecosistema de referencia, y, además, considerarlos a diferentes escalas y niveles de organización y así mejorar el entendimiento del avance del proyecto de acuerdo con sus distintos elementos y efectos en el mantenimiento y provisión de servicios ambientales. (Aguilar & Ramírez, 2015).

Se presenta a continuación una serie de cuestionamientos útiles en el momento de planificar y seleccionar los indicadores para el seguimiento y monitoreo de los proyectos tomado del libro “Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres. (2015)”:

- ¿De qué tipo son los cuantificadores seleccionados? (numéricos, descriptivos, registros de ausencia-presencia)
- ¿Qué escala o rango de variación tiene cada uno de los indicadores?

-
- De acuerdo a las metas planteadas, ¿Qué indicadores se medirán en el corto, mediano y largo plazo?
 - ¿Qué instrumentos, equipos o materiales son necesarios para la obtención de la información del indicador?
 - ¿Qué unidades tienen los indicadores?
 - ¿Qué áreas o sitios de muestreo serán seleccionados o priorizados para localizar los puntos de monitoreo?
 - ¿En qué periodo del año se llevará a cabo la toma de la información?
 - ¿Los indicadores son influenciados por la época de lluvia o época seca?
 - ¿Quiénes serán los responsables de realizar las mediciones u observaciones?
 - ¿Cómo se analizará la información, quién será el responsable, y cuándo se realizará el primer análisis?
 - ¿Dónde será almacenada la información?
 - ¿Qué medios de divulgación se utilizarán?

No obstante, el Programa de monitoreo ecológico y socioeconómico de los bosques del pacífico medio y sur Colombiano (1997), plantea entre otras cosas, que el monitoreo del estado de los aspectos o elementos que representan los objetivos de conservación, relacionado con el monitoreo de algunas variables del clima, es fundamental para ampliar el conocimiento sobre los impactos de la variabilidad climática a nivel de la biología de las especies, sobre las relaciones entre los organismos y las condiciones ambientales y a nivel de poblaciones. Asimismo, plantea que los criterios socioculturales y económicos deben considerar la realidad geopolítica del área y deben contemplar y estar atentos a los cambios que se generen en los procesos globales, lo cual podría obligar a adoptar nuevos y de pronto “sorpresivos” indicadores en el desarrollo del proyecto. Además, plantea que el éxito de un programa de monitoreo depende en su orden de las siguientes condiciones: una buena planificación, un adecuado apoyo logístico y una coordinación efectiva con otros programas relacionados, lo que se resumen en una acertada gerencia de los proyectos.

- **Indicadores propuestos:**

Después de analizar el proceso por el cual la corporación Masbosques da cumplimiento a los requerimientos mínimos según la normativa para ejecutar correctamente los procesos de caracterización y monitoreo y seguimiento sus proyectos, a continuación se presentarán los indicadores de monitoreo seleccionados, en donde es necesario el uso de parcelas de monitoreo, teniendo en cuenta la manera en que la corporación lleva a cabo la instalación y monitoreo de dicho recurso, para así optimizar y mejorar el análisis de la dinámica de la vegetación de la zona de estudio y poder obtener análisis idóneos al momento de desarrollar el seguimiento y monitoreo. Por último, se presentarán unas oportunidades de mejora en las herramientas utilizadas tanto en la caracterización de las familias como en el seguimiento de los proyectos, apoyado en los diferentes informes de seguimiento y las encuestas utilizadas relacionadas con los factores sociales y económicos propios de las familias.

Dinámica de la vegetación:

Teniendo en cuenta las condiciones en que Masbosques instala las parcelas de monitoreo y seguimiento, se propondrá un esquema de monitoreo complementario, en donde, se tendrán elementos de implementación similares, pero con algunos detalles adicionales que favorecerán a la optimización de dicho proceso. Se seguirán las pautas del documento “Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres”. Las parcelas para el monitoreo de los bosques son utilizadas para el estudio y comprensión de los mecanismos que controlan la dinámica de los procesos ecológicos de los ecosistemas a diferentes escalas espaciales y temporales (Phillips et al. 2009, Brienen et al. 2015). Las parcelas permanentes corresponden a un área delimitada, en la mayoría de casos 1 hectárea, en donde se marcan todos los árboles con Diámetro de Altura del Pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm, en el caso de la metodología empleada por Masbosques para el establecimiento de las parcelas, en primer lugar, se instalan cuatro vértices fijos en cada una de las parcelas, los cuales son marcados con tubos PVC (1 ½”) de color naranja, los cuales son georreferenciados con ayuda de GPS. Adicionalmente, cada tubo es marcado con una placa de aluminio, en la cual se indica el número del vértice y la parcela. En cada parcela se censan todos

los individuos arbóreos (fustales) con un DAP > 10 cm, los cuales son marcados con una placa de aluminio con un código consecutivo, también se marca con pintura asfáltica amarilla en el punto donde se mida la circunferencia del tallo de cada individuo.

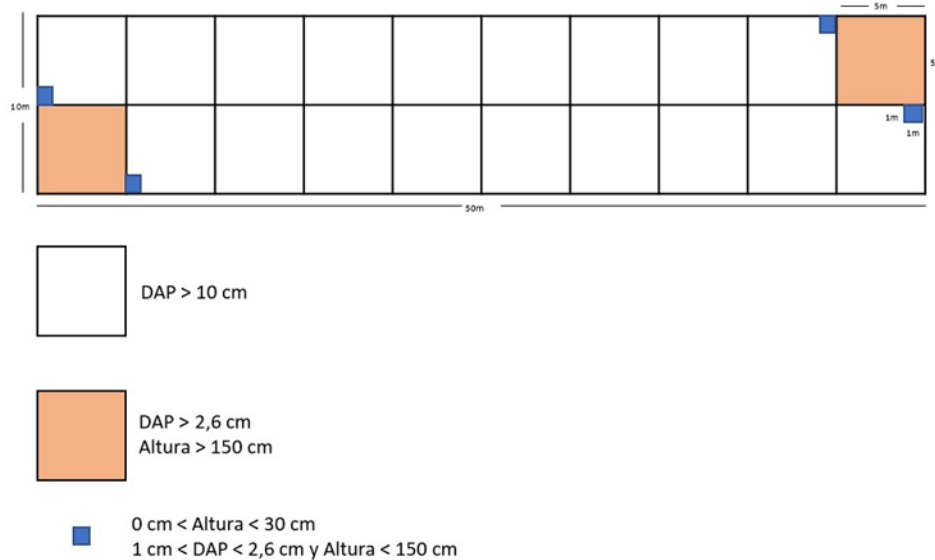
El Instituto Sinchi recomienda en este punto realizar mediciones sobre la altura total de los individuos, la altura del fuste y características como las raíces tabulares u otras condiciones relevantes:

- **Altura total del árbol:** la medición de la altura de un árbol puede ser medida de forma directa o indirecta. Para las técnicas de medición directa por lo general se emplea una cinta métrica y se suele utilizar en individuos pequeños ($\leq 3,0$ m de altura) donde se utiliza una vara extensible (hasta de 15 m). Por lo general en los árboles más altos la altura es estimada de manera indirecta, usando instrumentos como clinómetros e hipsómetros mediante cálculos trigonométricos por medio de los cálculos correspondientes.
- **Altura del fuste:** es la longitud del tronco del árbol desde la base hasta donde comienzan las ramas principales. Los métodos descritos anteriormente se utilizan de igual forma para medir la altura del fuste de los individuos.
- **Raíces tabulares:** las raíces tabulares son un tipo especial de raíces que se caracterizan por ser horizontales, anchas y planas, se extienden lateralmente cerca de la superficie del suelo y debido a su forma plana y disposición horizontal les permite anclarse de manera efectiva y proporcionar estabilidad a los árboles en terrenos con suelos poco profundos o inestables. La caracterización de las raíces tabulares al momento de instalar una parcela de monitoreo permite determinar la capacidad de las plantas para acceder a los recursos subterráneos necesarios para su crecimiento y supervivencia, también tienen propiedades de estabilidad y resistencia, anclaje y prevención de la erosión de los suelos y adicionalmente, pueden ayudar en la selección de especies adecuadas para la restauración o conservación de territorios. (Kurt S. et al. 2002). A continuación, se presentan algunos métodos de medición para la caracterización de raíces tabulares: 1) Diámetro de la raíz: se puede hacer mediante la excavación manual, en donde se utiliza una pala o herramienta similar para excavar alrededor de la raíz y posteriormente se mide el diámetro con una

cinta métrica o un calibrador de diámetro. 2) Profundidad de la raíz: se propone realizar este método mediante el sondeo con varilla de sonda de suelo, en donde se inserta la varilla en el suelo hasta un punto en el que se encuentre resistencia, al medir la longitud de la parte introducida, se puede estimar la profundidad de la raíz. 3) Longitud de la raíz: se pueden tomar muestras de raíces utilizando herramientas como una pala para extraer secciones de raíz, posteriormente se mide la longitud de las muestras utilizando una cinta métrica. 4) Toma de muestras en diferentes áreas: se pueden excavar trincheras o tomar muestras puntuales en áreas específicas alrededor del árbol utilizando herramientas de excavación y luego se mide la longitud y el diámetro de las raíces tubulares en cada muestra. 5) Estado de salud de las raíces: se pueden tomar muestras de raíces y analizarlas en un laboratorio para detectar enfermedades específicas, utilizando técnicas como el cultivo de hongos. (Kurt S. et al. 2002).

El propósito de una parcela permanente de monitoreo es la de generar información sobre la composición y estructura de los bosques, asimismo de su dinámica en el tiempo, además, información relacionada con la riqueza, abundancia y distribución de las especies arbóreas de los bosques, así como información sobre mortalidad y crecimiento de los individuos identificados y marcados previamente que son factores que determinan el almacenamiento de cada bosque (Phillips, 2009). El equipo encargado de Masbosques dentro de cada una de las parcelas de 500 m^2 realizan dos sub-parcelas de 25 m^2 (5m x 5m), en las cuales se evalúan los individuos en categoría latizal (altura > 150 cm y DAP > 2,60 cm y < 10 cm) y cuatro subparcelas de 1 m^2 para los individuos pertenecientes a las categorías de plántulas (0 – 30 cm) y juveniles (30,1 – 150 cm de altura y DAP < 2,6 cm).

Figura 2. Establecimiento de parcelas.



Tomado de: Propuesta línea base flora Masbosques, 2022.

Posterior al establecimiento de las parcelas y las sub-parcelas se empieza con el análisis de la información, en donde se realizan análisis de diversidad, estructura vertical y horizontal. A su vez, se hace la categorización del estado de conservación, veda y restricción comercial de las especies identificadas, según la resolución 1912 de 2017 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Libros rojos de Colombia, Lista de especies amenazadas en el mundo y los Apéndices de la Cites. Se realiza la composición florística y especies de interés mediante la consulta de la nomenclatura y clasificación de especies en < www.tropicos.org >, el listado de las especies se clasifica en familias, géneros y especies respectivamente según el sistema APG IV y el listado de conservación de las especies es consultado en los listados regionales, del IDERENA, CITES, UICN y en la normatividad colombiana vigente. Se usan adicionalmente, indicadores como la diversidad alfa (α), el índice de dominancia de Simpson (λ), el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y el volumen de la biomasa (V). Después de conocer los indicadores que la corporación Masbosques utiliza para hacer sus actividades de seguimiento y monitoreo, se procede a proponer un conjunto de indicadores adicionales:

Índice de crecimiento anual del DAP (ICAd): Esta medición es común en estudios de árboles y vegetación, dado que proporciona información relevante sobre el crecimiento y desarrollo de los individuos arbóreos, es utilizado para cuantificar y comparar el crecimiento de los árboles durante un intervalo de tiempo específico, en este caso un año, es relevante en procesos de conservación y restauración de territorios, ya que permite evaluar el éxito de las intervenciones y el desarrollo de la vegetación. Calcular el índice de crecimiento anual del DAP (ICAd) implica tomar mediciones del diámetro del tronco al inicio y al final del período de un año y con estos valores calcular su diferencia dividida entre la cantidad de meses, que en este caso sería 12. La fórmula para calcular este índice es la siguiente:

$$ICAd = \frac{DAP_F - DAP_i}{12}$$

Donde:

* DAP_F : diámetro a la altura del pecho al final del período de doce meses.

* DAP_i : diámetro a la altura del pecho al inicio del período de doce meses.

Este cálculo permite obtener un valor que representa el incremento promedio en el diámetro del tronco de un árbol por mes durante un período estudiado de un año. Cuánto mayor sea el valor del índice de crecimiento anual del DAP, mayor será el crecimiento experimentado por el árbol durante ese intervalo de tiempo. No obstante, un resultado negativo en el valor de dicho índice indica que el diámetro del árbol ha disminuido en comparación con mediciones anteriores, una de las razones por las cuales este hecho podría ocurrir es que el individuo haya experimentado una pérdida de tejido debido a factores como pueden ser daños ocasionados por plagas, enfermedades del árbol, heridas o estrés ambiental. (Izco & Argaya, 2003).

La importancia de calcular este índice radica en su capacidad para evaluar el crecimiento y desarrollo de los árboles, lo cual es esencial para comprender el estado de la vegetación en las áreas de estudio de los diferentes proyectos, permite monitorear la respuesta de los árboles a las intervenciones de manejo, evaluar la efectividad de las prácticas de restauración y determinar el rendimiento de las acciones de conservación.

Índice de crecimiento semestral en la altura (ICAh): esta medición es utilizada en estudios de crecimiento y desarrollo de los árboles que permite evaluar la tasa de incremento vertical de los mismos durante un periodo de tiempo determinado. Este indicador es relevante en procesos de conservación y restauración de territorios dado que proporciona información relevante sobre el estado de rendimiento de los individuos arbóreos, su adaptación al entorno y la efectividad de las prácticas de manejo utilizadas. El cálculo del ICAh implica medir la altura de los árboles sujetos a estudio en dos momentos diferentes y luego utilizar la siguiente fórmula para determinar el incremento vertical promedio por semestre. (Inventario forestal nacional manual de campo, 2004):

$$ICAh = \frac{A_F - A_i}{T_s}$$

Donde:

* A_F : diámetro a la altura del pecho al final del período de seis meses.

* A_i : diámetro a la altura del pecho al inicio del período de seis meses.

* T_s : tiempo transcurrido entre las mediciones, generalmente expresado en semestres.

El resultado del cálculo ICAh se expresa generalmente en unidades de altura por semestre, como metros/semestre, si el cálculo para los individuos objetos de estudio es positivo y constante, es un indicador de que las condiciones ambientales y las prácticas de manejo están favoreciendo al crecimiento y la recuperación de la vegetación en el territorio de implementación, por otro lado, un ICAh negativo o de valores considerablemente bajos puede indicar problemas en el crecimiento de los árboles, posiblemente por razones de estrés ambiental, deficiencias nutricionales o competencia por recursos. Al calcular el ICAh, se pueden identificar rápidamente áreas donde es necesario tomar medidas correctivas para mejorar las condiciones de crecimiento de los árboles.

Área basal: el indicador área basal se utiliza para evaluar la ocupación espacial y el desarrollo de los árboles en un territorio, el cálculo del área basal se realiza a partir del DAP de los árboles sujetos de estudio, sirve para calcular la biomasa en pie, la cual es una medida indirecta de la productividad del proceso de conservación/restauración del sitio de interés. (Rangel & Velasquez, 1997). Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Área basal} = \frac{\pi}{4} \times (DAP)^2$$

El área basal es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura del suelo; se suele expresar en cm o m^2 de material vegetal por unidad de superficie de terreno, se expresa típicamente en metros cuadrados por hectárea (m^2/ha). Existen diversas razones por las cuales es relevante calcular el área basal en procesos de monitoreo y seguimiento de la vegetación en los proyectos de interés, una de ellas es que el cálculo de dicho indicador permite estimar la biomasa y la productividad de los árboles presentes en las parcelas de monitoreo, un valor grande de área basal indica una mayor densidad de los árboles y una mayor ocupación del espacio por la vegetación, esto podría significar un éxito en los esfuerzos de restauración, ya que implica una mayor cobertura vegetal y una mayor capacidad del ecosistema para proporcionar servicios ecosistémicos. Por otro lado, un valor pequeño del área basal puede indicar una baja densidad de individuos o una posible falta de recuperación de la vegetación, esto podría ser un indicio de que los objetivos de conservación o restauración no se están cumpliendo y es posible requerir intervenciones adicionales. (Rodríguez, 2013). No obstante, es importante destacar que la interpretación de los resultados del área basal debe realizarse teniendo en cuenta otro conjunto de medidas y variables, como la diversidad de especies, la estructura vertical de la vegetación y la composición de la comunidad.

Índice de similitud de Sorensen: los coeficientes de similitud son utilizados en las fases de monitoreo de la vegetación de los proyectos con el fin de evaluar la similitud o diferencia en la composición de especies entre diferentes áreas o momentos en el tiempo. Estos índices brindan información valiosa sobre los cambios en la biodiversidad y la efectividad de las estrategias de los proyectos de interés, al analizar este índice se puede obtener información sobre el grado de recuperación de la vegetación, la respuesta de las especies a las intervenciones de conservación o restauración y la dinámica de las comunidades vegetales en general. (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

El análisis de los índices de similitud puede brindar conclusiones relacionadas con la identificación de áreas similares dado que al comparar la composición de especies entre diferentes sitios, se pueden identificar áreas que comparten una alta similitud en su vegetación, lo cual puede

ser útil para identificar áreas de referencia o establecer zonas de conservación prioritarias, asimismo, permite evaluar la efectividad de las intervenciones dado que al comparar la similitud de especies antes y después y arrojar un aumento en la similitud puede indicar una mayor recuperación en la biodiversidad, adicionalmente, al comparar la composición de las especies florísticas a lo largo del tiempo, se pueden identificar cambios en la estructura y composición de la vegetación. (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

Existen una gran variedad de índices de similaridad, sin embargo, los índices más antiguos siguen siendo los más utilizados, pueden ser calculados con base en datos cualitativos (presencia/ausencia) o datos cuantitativos (abundancia). Se propone utilizar en este caso el Índice de Sorensen, el cual es el más utilizado para el análisis de comunidades y permite comparar dos comunidades mediante la presencia/ausencia de especies en cada una de ellas, la fórmula del Índice de Sorensen es la siguiente:

$$IS = \frac{2C}{A + B} * 100$$

Donde:

*IS: Índice de Sorensen

*A: Número de especies encontradas en la comunidad A

*B: Número de especies encontradas en la comunidad B

*C: Número de especies comunes en ambas localidades

El resultado después de aplicar la fórmula del Índice de Sorensen entre más pequeño sea indica que no hay una gran relación de especies compartidas entre los conjuntos, lo que implicaría una disimilitud de especies, por el otro lado, un valor cercano al 100% indicaría que los conjuntos comparten gran parte de sus especies, lo que indica una similitud fuerte entre la composición de las especies y puede ser interpretado como un indicio de un progreso positivo en los procesos de restauración/conservación de los proyectos ya que podría implicar que la diversidad de las especies está siendo recuperada o mantenida de manera similar entre los sitios o los instantes de tiempo comparados.

Densidad (D): La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas en un área determinada. Por otro lado, la densidad relativa (D_r) es una medida

comparativa que se utiliza para evaluar la abundancia relativa de diferentes especies o grupos de individuos dentro de un área de estudio. (Ferro, 2015). Las fórmulas de la densidad y densidad relativa respectivamente son las siguientes:

$$D = \frac{Ni}{A} \quad Dr = \frac{Ni}{Nt}$$

Donde:

*D: Densidad

*Ni: Número de individuos de una especie o grupo

*A: Área de interés

*Dr: Densidad relativa

*Nt: Número total de individuos en el área de estudio

Frecuencia (F): la frecuencia se define como la probabilidad de encontrar un atributo (por ejemplo, una especie) en una unidad muestral y su medida se realiza en porcentaje, dado que dicho porcentaje se refiere a la proporción de veces que se mide en las unidades muestrales en relación a la cantidad total de unidades muestrales. La frecuencia relativa (Fr) sería la relación de los registros absolutos de una especie y el número total de los registros de todas las especies. (Ferro, 2015). Las fórmulas respectivas son las siguientes:

$$F = \frac{Nm}{Nt} \times 100 \quad Fr = \frac{F}{Sf} \times 100$$

Donde:

*F: Frecuencia

*Nm: Número de unidades de muestreo en las que se encuentra la especie

*Nt: Número total de unidades de muestreo

*Fr: Frecuencia relativa

*Sf: Suma de todas las frecuencias de todas las especies presentes

Índice de valor de importancia (I.V.I): el índice de valor de importancia es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente, con base en tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia, términos explicados y mencionados previamente, el I.V.I es la suma de estos tres parámetros y representa la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal, es mejor descriptor que cualquiera de dichos parámetros utilizados individualmente. Para obtener el I.V.I es necesario transformar los datos de cobertura, densidad y frecuencia en sus valores relativos, la suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100, por lo tanto, la suma de los valores del I.V.I debe

ser igual a 300. En algunos casos, no se tiene información o no es posible medir los tres parámetros utilizados para calcular este índice, por tanto, en esos casos se debe sumar los valores de dos parámetros, cualquiera sea la combinación. (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

La fórmula del índice de valor de importancia es la siguiente:

$$IVI = D_r + F_r + C_r$$

Donde:

IVI: Índice de valor de importancia

D_r : Densidad relativa

F_r : Frecuencia relativa

C_r : Cobertura relativa

Una especie con alto valor de I.V.I generalmente se considera dominante o importante en la comunidad, ya que esto significa que está presente en alta abundancia, frecuencia y/o dominancia y esto puede dar indicios sobre su influencia en la composición y el funcionamiento del ecosistema, la importancia de medir el I.V.I en el tiempo radica en que se puede evaluar los cambios en la importancia relativa de las especies a lo largo del tiempo, esto permite identificar posibles alteraciones en la comunidad vegetal, como la disminución de especies dominantes o la aparición de especies invasoras, no obstante, permite identificar aquellas especies que tienen una influencia significativa en la comunidad vegetal de la zona de estudio y dichas especies clave pueden desempeñar roles importantes en el funcionamiento del ecosistema, como proveer hábitat, interactuar con otras especies, influir en los procesos de sucesión ecológica o ser indicadores de una alta calidad del hábitat. De igual manera, el I.V.I puede contribuir como una medida de éxito para evaluar el impacto en los proyectos destinados a conservación/restauración, dado que si las especies objetivo muestran un aumento en su valor de I.V.I esto podría decir que las acciones de manejo y gestión de los proyectos implementadas están teniendo un efecto positivo en la recuperación y conservación de los territorios. (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

Oportunidades de mejora relacionadas con el aspecto socioeconómico para indicadores de seguimiento y monitoreo:

Con el fin de culminar la propuesta de implementación de indicadores y con el objetivo de optimizar los procesos de la fase de monitoreo y seguimiento de los proyectos, se procederá a plantear una serie de oportunidades de mejora en torno a lo relacionado con acciones realizadas actualmente por parte de la corporación en las salidas técnicas de seguimiento y sugerencias relacionadas con el seguimiento tanto social como económico de las familias beneficiadas del esquema de Pagos por Servicios Ambientales:

- Optimización en las salidas técnicas de campo: se recomienda actividades de mejora relacionadas con las visitas técnicas de campo desarrolladas por los técnicos de campo correspondiente en casos que la topografía del predio sujeto a monitorear lo permita, se recomienda no centrarse únicamente en observar el lindero del predio como puede suceder en algunas ocasiones, sino ingresar dentro del territorio sujeto a conservación/restauración y hacer todo el recorrido por el área, para de esta forma poder monitorear de manera más completa y de esta forma registrar todos los detalles relevantes y poder monitorear de mejor manera la evolución del área sujeta de estudio. Esto va de la mano con un adecuado registro fotográfico, en donde se espera poder registrar una idónea vista panorámica del predio, tanto de la parte exterior del lindero del predio, como de la zona interior de este. No obstante, en áreas de gran tamaño se recomienda el implemento de imágenes satelitales o el uso de drones en las zonas donde sea permitido.
- Brindar un asesoramiento efectivo a los técnicos de campo respecto a las matrices de tensionantes sociales y ecológicos que se puedan presentar en los proyectos, en donde se les explique detalladamente qué es un tensionante ecológico, cuales son los diferentes tensionantes que existen, las diferencias entre los tensionantes ecológicos y los tensionantes sociales, para que de esta forma, los técnicos de campo encargados de hacer las diferentes visitas de seguimiento y caracterización, puedan explicar de una forma más eficiente y sencilla dichos tensionantes a las familias beneficiadas.

- Referente a los parámetros socioeconómicos se propone una serie de indicadores, variables y recomendaciones, que pueden ser aplicadas en los documentos de caracterización y/o seguimiento y monitoreo respectivos. En primer lugar, se recomienda realizar una evaluación del porcentaje de los recursos de las familias destinado a la adopción de prácticas sostenibles, en cada visita de seguimiento se podría estimar el porcentaje destinado en cada una de ellas y al final del convenio, se analizaría el comportamiento de dicho porcentaje, en donde se evidencie si fue aumentando con el tiempo la inversión destinado a prácticas sostenibles o por el otro lado disminuyendo. Cabe aclarar que este ejercicio se hará teniendo en cuenta el documento “Plan inversión de recursos PSA” que utiliza la corporación, en los casos donde las familias decidan destinar el incentivo económico en otras actividades que no hacen parte de la línea ambiental del documento, como lo pueden ser las líneas de inversión de infraestructura, formación académica, derechos, entre otras, para así, en las visitas de seguimiento plantearlas la posibilidad de destinar una parte del incentivo en actividades relacionadas con prácticas sostenibles. La pregunta propuesta a incluir en los informes de seguimiento y/o caracterización es la siguiente: 1) ¿Plantea usted destinar un porcentaje del recurso recibido a prácticas sostenibles en sus territorios? Con opciones de “Si”, “No”, y en caso de la respuesta ser afirmativa responder la pregunta “¿Cuánto?”. Adicionalmente, se propone una pregunta para analizar la cooperación que puede existir entre familias relacionada con la adopción de prácticas sostenibles: “¿Usted o algún miembro de su familia han compartido experiencias o conocimientos sobre la conservación del medio ambiente con otros miembros de la comunidad donde habitan?, en caso de ser negativa la respuesta, ¿Les gustaría hacerlo?” Con opciones de respuesta “Si” y “No”. Y finalmente, en los casos que sea posible realizarlo, acompañar a las familias que no participan en el desarrollo de prácticas sostenibles a otros predios en donde efectivamente se estén desarrollando acciones en pro a las diferentes prácticas sostenibles, mediante la siguiente pregunta “¿Han tenido la oportunidad de visitar otros predios sujetos a compensación por esquema de PSA con el fin de aprender en sus experiencias exitosas en la aplicación de prácticas sostenibles en estos territorios?, en caso de ser negativa la respuesta, ¿Les gustaría tener la oportunidad de ir y aprender de estas prácticas?” Con opciones de respuesta “Si” y “No”.

-
- Se propone que en el formato de caracterización se incluya una parte destinada a la información de los pesticidas y fertilizantes utilizados por las familias beneficiadas para las diferentes actividades productivas que puedan tener al momento de ingresar al convenio, esto con el fin de realizar actividades de concientización relacionadas con los impactos negativos que tienen dichos pesticidas y fertilizantes químicos, en caso de serlo, en la salud y el estado del medio ambiente y específicamente de sus predios.
 - Medir periódicamente en las visitas de seguimiento dependiendo de la periodicidad de dichas visitas en cada proyecto, y al final del convenio, el grado de participación de las familias en las actividades relacionadas con los proyectos de conservación o restauración de las zonas de interés de los predios, además, brindar en cada visita de seguimiento asesorías y acompañamientos sobre la adecuada gestión sostenible de los recursos naturales de sus predios y la conservación de ecosistemas frágiles, para así, al momento de culminar el convenio con alguna familia, se les pueda medir la capacidad de toma de decisiones en la gestión de los servicios ambientales y recursos naturales en sus áreas, se propone emplearlo mediante una serie de preguntas al final del convenio relacionadas con actividades básicas en la gestión y uso de los recursos naturales de sus territorios.
 - Evaluar el papel de las mujeres en los proyectos, esto con el fin de generar un enfoque basado en género de la participación de las mujeres pertenecientes a las familias beneficiadas del esquema de Pagos por Servicios Ambientales, con el fin de destinar actividades, en los casos de que las familias acepten, únicamente desarrolladas por las mujeres de las familias, esto con el fin de alentarlas a que participen activamente en los proyectos y educarlas en temas de educación ambiental y gestión adecuada de los recursos naturales de los predios. Dependiendo de cada caso, se puede pensar en las siguientes actividades; 1) Uso eficiente del agua: promoviendo el riego por goteo o la utilización de botellas de plástico cortadas para regar las plantas de forma controlada y reducir el desperdicio de agua. 2) Compostaje casero: en donde las mujeres reciban asesorías para aprender a separar los residuos orgánicos, como resto de alimentos y hojas, y utilizarlos para hacer compost en pequeñas pilas, generando así abono natural para enriquecer el suelo de los cultivos. 3) Cultivos de plantas medicinales y aromáticas: en donde tiene como fin establecer pequeñas áreas dedicadas al cultivo de hierbas medicinales y aromáticas,

que pueden tener múltiples usos, desde infusiones hasta productos artesanales. 4) Reciclaje recreativo: en donde se promueve el uso de materiales reciclados en la elaboración de artesanías o en la construcción de pequeñas estructuras como cercas o estanques. En cuanto a proyectos relacionados con educación ambiental se proponen actividades como;

- 1) Talleres de educación ambiental: en donde se realizarían sesiones educativas para mujeres, abordando temas como la importancia de la conservación, el manejo sostenible de los recursos naturales y la promoción de prácticas sostenibles en el hogar y la comunidad.
- 2) Programas de intercambio de conocimientos: en donde tiene como objetivo facilitar espacios de intercambio entre mujeres de diferentes familias para compartir sus conocimientos relacionados con prácticas sostenibles, recetas tradicionales basadas en productos locales y técnicas de conservación de alimentos.

Conclusiones y recomendaciones

Con la información recolectada y analizada, se presentaron un conjunto de indicadores ambientales, sociales y económicos con el objetivo de optimizar la fase de monitoreo y seguimiento de los proyectos de PSA en Masbosques. Estos indicadores proporcionarán una mejor información a las empresas asociadas mediante informes de seguimiento más completos y precisos. Esta propuesta busca fortalecer el proceso de evaluación y gestión de los proyectos, brindando una visión integral de su impacto ambiental, social y económico.

La implementación de los PSA en Masbosques se lleva a cabo a través de un proceso estructurado que involucra diferentes actores, como la autoridad ambiental, el área jurídica, el equipo BancO₂ región y el equipo de gestión financiera. Esta colaboración interdisciplinaria permite garantizar una ejecución eficiente y adecuada de los programas de compensación.

La normativa vigente y los documentos emitidos por entidades como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible proporcionaron las bases legales y técnicas para el desarrollo del trabajo. Estos documentos, como el Decreto 1007 de 2018, el Documento CONPES 3886 y el Programa Nacional de PSA, fueron fundamentales para establecer los objetivos y criterios de implementación de los proyectos.

El proceso de implementación de los PSA en Masbosques se caracteriza por su enfoque integral, que va más allá de la compensación económica. Se promueve la conservación, preservación y restauración ambiental, así como el fortalecimiento de los sistemas productivos de las familias beneficiadas. Además, se fomenta la capacitación, la generación de proyectos productivos y el desarrollo de servicios eco-turísticos, lo que contribuye a dinamizar la economía local y fortalecer la relación entre las comunidades y su entorno natural.

Las prácticas de conservación y restauración ecológica en Colombia se consideran incompletas debido a la falta de monitoreo desde el inicio de los proyectos, la ausencia de metas claras y cuantificables, y la falta de variables adecuadas para evaluar su cumplimiento. Para lograr

procesos de restauración/conservación más exitosos, se deben realizar un conjunto de actividades relacionado con un adecuado planteamiento de los objetivos esperados, un proceso de monitoreo y seguimiento óptimo utilizando indicadores apropiados y relacionados con los objetivos y metas de los proyectos, en donde, es importante considerar el tipo de cuantificadores utilizados, la escala o rango de variación de cada indicador y su relación con las metas establecidas a corto, mediano y largo plazo.

Para evaluar el éxito de los proyectos de conservación o restauración, se deben verificar el cumplimiento de los objetivos planteados y comparar los componentes del sistema con atributos de la biodiversidad. Se destacan aspectos como el funcionamiento del ecosistema, la productividad primaria, la retención de nutrientes, la composición y abundancia de especies, entre otros.

El monitoreo ecológico y socioeconómico de los bosques, así como el análisis de la composición, estructura y función de los ecosistemas, son fundamentales para comprender su comportamiento frente a diferentes factores de presión y perturbación, así como su capacidad de respuesta y recuperación.

Los aspectos socioculturales y económicos son criterios importantes en la selección de indicadores. Es fundamental considerar los usos, creencias y costumbres de las comunidades locales, así como los beneficios sociales y económicos generados por el uso sostenible del bosque. Además, se deben tener en cuenta los aspectos político-administrativos y la normatividad vigente, así como promover la participación comunitaria en los programas de conservación/restauración.

Se han propuesto indicadores de monitoreo basados en el esquema de parcelas de monitoreo para optimizar y mejorar el análisis de la dinámica de la vegetación en la empresa Masbosques. Estos indicadores permiten evaluar el éxito de las intervenciones y el desarrollo de la vegetación, así como monitorear la respuesta de los árboles a las prácticas de manejo, evaluar la efectividad de las prácticas de restauración y determinar el rendimiento de las acciones de conservación. No obstante, los indicadores como lo es el Índice de Crecimiento Semestral del DAP (ICAd) y el

Índice de Crecimiento Semestral en la Altura (ICAh) son dos de los indicadores propuestos en el desarrollo del trabajo, los cuales permiten evaluar el crecimiento y desarrollo de los árboles, así como la adaptación al entorno y la efectividad de las prácticas de manejo utilizadas.

Se recomendó establecer una serie de indicadores, variables y recomendaciones relacionadas con los aspectos socioeconómicos en los informes de caracterización, seguimiento y monitoreo, relacionados con el porcentaje de recursos destinados por parte de las familias a la adopción de prácticas sostenibles, además de recomendaciones relacionadas con la inclusión de información sobre el uso de pesticidas y fertilizantes practicados por las familias.

Se recomendó adicionalmente hacer mediciones sobre el grado de participación de las familias en las actividades propias de los proyectos, proporcionando asesorías y acompañamiento en la gestión sostenible de los recursos naturales de sus predios, asimismo, se recomendó evaluar el papel de las mujeres de las familias vinculadas a los proyectos, con el fin de promover la participación de ellas en actividades específicas con el objetivo de fomentar su participación activa en los proyectos.

Bibliografía

- Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez (eds.) 2015. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá D.C., Colombia. 250 pp.
- Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad. (2011) Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional PNUMA World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, Reino Unido. 40pp.
- Block W. M., A. B. Franklin, J. P. Ward, J. L. Ganey y G. C. White. 2001. Design and Implementation of Monitoring Studies to Evaluate the Success of Ecological Restoration on Wildlife. *Restoration Ecology* 9 (3), 293-303.
- Brienen, R. J. W. et al. 2015. Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature* 519: 344–348.
- Choi Y. D. 2004. Theories for ecological restoration in changing environment: toward “futuristic” restoration. *Ecological Research* 19: 75–81.
- Fermin Izco, Ana. Argaya. (2003). Manual de mediciones forestales. España: Asociación Foresna – Zurgaia.
- Ferro, J. (2015). Manual revisado de métodos útiles en el muestreo y análisis de la vegetación. Cuba: Centro de investigaciones y servicios ambientales (Ecovida).
- Forest Trends, The Katoomba Group & United Nations Environment Programme (UNEP). (2008). Payments for Ecosystem Services. Getting Started: A Primer. EE. UU.: USAID.
- Gabriel E. Páramo, M. S. (1997). Programa de monitoreo ecológico y socioeconómico de los bosques del pacífico medio y sur colombiano. Bogotá: Documento metodológico y de Diseño del Programa elaborado por el Proyecto Estaciones de Monitoreo Ecológico y Socioeconómico en el Pacífico Medio y Sur.
- Herrick J. E., G. E. Schumanb y A. Rango. 2006. Monitoring ecological processes for restoration projects. *Journal of Nature Conservation* 14: 161-171.
- IDEAM, 2018. Manual de Campo Inventario Forestal Nacional Colombia. Colombia. Bogotá, 2018. 160 páginas.

-
- Lambin, E. F., Meyfroidt, P., Rueda, X., Blackman, A., Börner, J., Cerutti, P. O., Dietsch, T... Wunder, S. (2014). Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Glob. Environ. Change*, 28, 129-140.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press.
- Planeación, D. N. (2014). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Mostacedo, Bonifacio; Fredericksen, Todd S. 2000. *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia
- Noss, R. F. 1990. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology* 4 (4): 355-364.
- Phillips, O. L. et al. (2009). Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. *Science*. 323: 1344-1347.
- Rodríguez, N. (2013). *Guía para la cuantificación de la biomasa y el carbono forestal, generación de modelos y uso de herramientas para su estimación*. Bogotá: Corporación autónoma regional de Cundinamarca.
- Thorpe A. S. y A. G. Stanley. 2011. Determining appropriate goals for restoration of imperiled communities and species. *Journal of Applied Ecology* 48: 275-279.
- WINOGRAD, M. 1995. *Environmental Indicators for Latin America and the Caribbean: Toward Land Use*. GASE. Ecological System Analysis Group. Bariloche, Argentina.
- Wunder S. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. *Conserv Biol*. 2007 Feb;21(1):48-58. doi: 10.1111/j.1523-1739.2006.00559.x. PMID: 17298510.