



## **Fundamentos y consideraciones generales sobre restauración ecológica para Colombia**

### **Resumen**

Colombia está sufriendo un proceso de degradación ecosistémica acelerado que viene afectando, a diferentes escalas, la oferta de servicios ecosistémicos estratégicos a las poblaciones rurales y urbanas. Este panorama ha hecho que tanto la academia como los tomadores de decisiones y las comunidades deban contemplar diversos mecanismos de gestión integrada de los ecosistemas, desde el fortalecimiento de áreas protegidas (nuevas y existentes), el cambio de uso del suelo, y por supuesto, la restauración de las áreas que prestan servicios estratégicos. Sin embargo, hoy en día en el país existe una importante dispersión sobre las bases conceptuales y metodológicas de la restauración ecológica. El objeto de este documento de trabajo es introducir y hacer algunas aclaraciones sobre los conceptos más importantes relacionados con la restauración ecológica, con el fin de tener una visión institucional y nacional estandarizada, que permita generar un espacio de discusión y aplicación del tema desde las diversas líneas de trabajo e investigadores.

**Palabras clave.** Colombia. Ecología de la restauración. Restauración ecológica. Disturbio. Marco normativo.

### **Abstract**

Colombia has been undergoing a process of rapid ecosystem deterioration that has affected, at different scales, the provision of strategic ecosystem services to rural and urban populations. This situation has led to the need for academics, policy makers, and our local communities to consider various integrated strategies of ecosystem conservation such as the reinforcement of novel and existing protected areas, changing land use and certainly, the restoration of ecosystems that provide strategic services. However, the conceptual and methodological framework of ecological restoration in the country today is significantly dispersed at every level, even within the SINA (Sistema Nacional Ambiental). The purpose of this working paper is

RESUMEN  
ABSTRACT  
INTRODUCCIÓN  
MARCO CONCEPTUAL  
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN  
FASES DEL PROGRAMAS  
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO  
DESAFÍOS ACTUALES  
REFLEXIONES  
CONSIDERACIONES FINALES  
AGRADECIMIENTOS  
BIBLIOGRAFÍA

DE LOS AUTORES

to introduce the most important concepts related to ecological restoration in order to have a standardized institutional vision that may generate a space for the discussion and application of this issue in the institutional programs, lines of work and emphasis of researchers.

Key words. Colombia. Restoration ecology. Ecological restoration.

Introducción

Colombia es un país ambientalmente heterogéneo y esto lo hace altamente diverso tanto biológica como culturalmente, pero también es una nación con abundantes conflictos socioambientales (EJOLT, 2014; Pérez-Rincón, 2014). Históricamente, el país ha planteado su desarrollo económico a partir de modelos basados en la sobreexplotación de los recursos naturales y en la industria extractiva, sin tener en cuenta que en la mayoría de ocasiones el crecimiento económico depende de la capacidad que tenga el ambiente natural para tolerar todos los procesos económicos, sociales, tecnológicos y culturales.

Como consecuencia de lo anterior, al menos el 40 % del territorio continental del país se encuentra actualmente en algún estado de daño, degradación o destrucción (Etter *et ál.*, 2008), presentando tasas de deforestación cercanas a 273.000 ha/año (Ideam, 2010). Esta alteración ecosistémica se ha concentrado principalmente en las regiones Caribe y Andina, en donde alcanza el 82,3 % y el 61,8 % respectivamente (Etter y van Wyngaarden, 2000; Arango *et ál.*, 2003). Dichas regiones, además de concentrar la mayor densidad poblacional del país, son las mayores demandantes de bienes y servicios ecosistémicos pues es allí donde se desarrollan la mayoría de procesos socioeconómicos y culturales: establecimiento de sistemas agropecuarios, explotación forestal, actividades industriales, minería, desarrollo urbano, desarrollo industrial, prestación de servicios, construcción de obras de infraestructura y de megaproyectos, incendios de la cobertura vegetal e introducción de especies exóticas e invasoras (Barrera-Cataño *et ál.*, 2010; MADS, 2013).

Los diferentes procesos antrópicos, además de la alteración ecosistémica y la pérdida de biodiversidad, también han originado el detrimento de los bienes y servicios ecosistémicos, así como del capital social y de las relaciones entre las comunidades humanas y los ecosistemas naturales (Murcia *et ál.*, 2013). Un claro ejemplo de lo anterior es que cerca del 84 % de los municipios del país, en los que vive el 67 % de la población nacional, presentan una amenaza entre muy alta y media de desabastecimiento de agua en años de condiciones hidrológicas medias (Ideam, 1999). Así mismo, esta región también presenta una alta vulnerabilidad en los años más lluviosos; por ejemplo, en el periodo comprendido entre 2010 y 2011 las pérdidas económicas causadas por las lluvias superaron los 20 billones de pesos (MADS, 2013). Adicionalmente, en la mayoría de las regiones del país también se presenta pérdida, contaminación y degradación del suelo y de los cuerpos de agua tanto continentales como marítimos (DNP, 2015).

De otra parte, bajo el posible escenario postconflicto, el uso de ciertos ecosistemas del territorio nacional que antes involuntariamente no tenían presión por deforestación, minería, uso agropecuario, urbanización y desarrollo de obras civiles, ahora podrían verse afectados si el gobierno y la ciudadanía se escudan en el argumento del desarrollo o de combatir la pobreza, sin tener consideraciones ambientales y ante la ausencia de verdaderas estrategias de conservación (Aguilar *et ál.*, 2015).

Teniendo en cuenta el escenario anterior, la restauración ecológica y la ecología de la restauración son estrategias concretas para entender y abordar los procesos de degradación ambiental, así como para conservar y aumentar la biodiversidad, mantener los servicios ecosistémicos, mejorar la calidad de vida de la sociedad y como medida de adaptación al cambio global (Harris *et ál.*, 2006).

El objeto de este documento de trabajo es introducir los conceptos más importantes relacionados con la restauración ecológica y así presentar una visión institucional estandarizada, que permita generar un espacio de discusión sobre el tema desde las diversas líneas de trabajo y énfasis en los investigadores. Este documento es introductorio y muestra ciertos aspectos conceptuales relevantes, pero no pretende abarcar toda la diversidad conceptual sobre la restauración ecológica. Primero se presenta una revisión histórica del desarrollo del tema en el país, luego un acercamiento al contexto teórico, y finalmente algunas reflexiones sobre las implicaciones a nivel técnico, científico, político e institucional de la restauración ecológica. Se anexan una serie de recursos bibliográficos estratégicos.

## Marco conceptual

### Antecedentes nacionales de la restauración ecológica

En Colombia, el desarrollo de la ecología de la restauración y de la restauración ecológica es reciente. Sin embargo, ya en las décadas de los años 60, 70 y 80 se iniciaron en el país importantes procesos de reforestación con especies exóticas para fines de aprovechamiento forestal, prevención de la erosión y para detener la expansión urbana (Murcia & Guariguata, 2014).

Durante los últimos 20 años, diversas instituciones gubernamentales, no gubernamentales e investigadores se han encargado de posicionar el tema a nivel nacional y han desarrollado diversas experiencias de restauración ecológica, cada una con un tipo de enfoque e interés y alcanzando diferentes tipos de resultados. En el Anexo 1 (Vínculos de interés que relacionan la temática de restauración ecológica) se presenta un resumen de la historia de la restauración en el país.

La restauración ecológica en Colombia, de acuerdo con los lineamientos de la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER, 2004), inicia hace 20 años aproximadamente con la Fundación Bachaqueros, que a mediados de los

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

MARCO CONCEPTUAL

LA ECOLOGÍA DE LA  
RESTAURACIÓN

FASES DEL PROGRAMAS

LA IMPORTANCIA  
DEL MONITOREO

DESAFÍOS ACTUALES

REFLEXIONES

CONSIDERACIONES  
FINALES

AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFÍA

DE LOS AUTORES

RESUMEN	noventa da los primeros pasos con la conceptualización y el desarrollo de algunos proyectos. En 1998 el Ministerio de Ambiente formuló el Plan Verde, encargado la restauración de ecosistemas degradados y la promoción de la reforestación protectora, priorizando zonas que prestan servicios ambientales básicos y zonas de significancia para la economía del país. El documento brinda lineamientos conceptuales y establece las metas y los ecosistemas priorizados.
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
MARCO CONCEPTUAL	
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN	
FASES DEL PROGRAMAS	Durante la primera década del 2000 la Fundación Restauración de Ecosistemas Tropicales (FRET), el Ministerio de Ambiente, el Departamento Administrativo del Medio Ambiente (DAMA), el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, la Universidad Nacional (Departamento de Biología) y la Pontificia Universidad Javeriana (Departamento de Biología) promovieron diversos cursos, seminarios, consultorías y trabajos de investigación. El Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) ha venido desarrollando desde entonces programas de restauración ecológica de bosques ribereños, en áreas con erosión severa, incendios y en sistemas ganaderos.
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO	
DESAFÍOS ACTUALES	
REFLEXIONES	
CONSIDERACIONES FINALES	
AGRADECIMIENTOS	
BIBLIOGRAFÍA	
DE LOS AUTORES	El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt desarrolló las herramientas de manejo del paisaje (HMP) en áreas afectadas por uso agropecuario y forestal en diferentes lugares del país, y tiene como uno de sus mayores logros la construcción de cinco corredores biológicos que conectan los bosques subandinos del Parque Regional Natural Barbas-Bremen y El Parque Regional Natural Cañón del río Barbas entre Quindío y Risaralda.
	La Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA) ha desarrollado experimentos y programas de restauración ecológica en canteras, áreas afectadas por especies invasoras, rondas de quebrada, plantaciones forestales, áreas degradadas por la expansión urbana y por uso agropecuario. También ha publicado varias guías técnicas de restauración, un protocolo y un manual de restauración ecológica. El Jardín Botánico de Bogotá ha centrado su trabajo en la restauración de áreas afectadas por especies exóticas y por uso agropecuario, también publicó una guía técnica para abordar la restauración en dichas áreas.
	La Universidad Nacional de Colombia y su grupo de investigación en Restauración, lideró la organización del I Congreso Nacional de Restauración ecológica, y por otra parte, ha desarrollado experiencias de restauración ecológica en ecosistemas de páramo y bosque altoandino afectados por uso agropecuario, plantaciones forestales e invasión de plantas exóticas. La SDA, el Jardín Botánico y el Acueducto de Bogotá han publicado sus resultados colaborativos en formato de guías y documentos de consulta.
	El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) ha formulado políticas, planes y estrategias, entre ellas el Plan Estratégico para la Restauración y el Establecimiento de Bosques en Colombia del año 1998 (Plan Verde); la Guía Metodológica para la Restauración de Ecosistemas en el 2003, en 2006 el Protocolo

de Restauración de Coberturas Vegetales afectadas por Incendios Forestales; la Política para la Gestión Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos de 2012, en la cual se fundamenta el manejo de la biodiversidad a partir de acciones de preservación, uso sostenible, conocimiento e información y restauración ecológica. Finalmente, desde 2010 hasta la fecha se viene desarrollando el Plan Nacional de Restauración Ecológica, el documento rector que determinará los lineamientos para abordar la restauración ecológica a nivel nacional en todos los ecosistemas y para todos los tipos de áreas degradadas.

El Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia viene desarrollando desde 2006 su estrategia de restauración, la cual involucra la participación comunitaria y la mitigación de las diferentes presiones a las que están sometidas sus áreas protegidas. La estrategia cuenta con lineamientos técnicos, metodológicos, sociales y jurídicos para su implementación.

La Escuela de Restauración Ecológica de la Universidad Javeriana se ha dedicado a la formación de profesionales en el tema de la restauración ecológica, ha liderado la creación de la Red Colombiana de Restauración Ecológica (REDCRE) y ha organizado diversos eventos científicos como el I y II Curso de Restauración Ecológica de Áreas Degradadas por la Minería a Cielo Abierto, el I Simposio Nacional de Experiencias de Restauración Ecológica y el III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica. Adicionalmente, se ha concentrado en desarrollar investigaciones para identificar técnicas y estrategias para recuperar áreas disturbadas por minería, uso agropecuario y especies invasoras.

Durante los años 2012 y 2013 el Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR) desarrolló un análisis a nivel nacional sobre las lecciones aprendidas, tendencias y perspectivas futuras sobre el abordaje de la restauración ecológica, para ello se basa en las diferentes experiencias de restauración desarrolladas en las últimas décadas en Colombia.

En el año 2013, la REDCRE y la Red Iberoamericana de Restauración Ecológica organizaron en Bogotá el III Congreso Iberoamericano y del Caribe de Restauración Ecológica. En el marco de este evento se oficializó la Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica y se nombró la junta directiva de la REDCRE.

Desde el 2007, REDCRE ha sido la agremiación de restauradores –científicos, técnicos, e instituciones– más grande e importante de Colombia y ha facilitado la divulgación, desarrollo, consolidación e intercambio de conocimientos en torno a todos los aspectos relacionados con la restauración de los ecosistemas de Colombia. En 2014 se convirtió en una ONG con personería jurídica y durante ese mismo año fortaleció dos de sus nodos regionales (Bogotá y Caribe) y creó los nodos Antioquia y Eje Cafetero. Actualmente, es un grupo líder en Iberoamérica y cuenta con más de 800 miembros.

## RESUMEN

## ABSTRACT

## INTRODUCCIÓN

## MARCO CONCEPTUAL

## LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

## FASES DEL PROGRAMAS

## LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

## DESAFÍOS ACTUALES

## REFLEXIONES

## CONSIDERACIONES FINALES

## AGRADECIMIENTOS

## BIBLIOGRAFÍA

## DE LOS AUTORES



## RESUMEN

## ABSTRACT

## INTRODUCCIÓN

## MARCO CONCEPTUAL

## LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

## FASES DEL PROGRAMAS

## LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

## DESAFÍOS ACTUALES

## REFLEXIONES

## CONSIDERACIONES FINALES

## AGRADECIMIENTOS

## BIBLIOGRAFÍA

## DE LOS AUTORES

**Marco normativo, de gestión y de toma decisiones relacionado con la restauración ecológica**

A partir la Constitución Política de 1991 se reconoció que el Estado colombiano y la sociedad en general son responsables de la prevención, control de factores de deterioro ambiental, reparación de los daños causados y restauración o sustitución de áreas con especial importancia ecológica que se hayan degradado. Por otra parte, desde ese momento se empieza a reconocer la necesidad de invertir en la restauración de los recursos naturales degradados para reincorporarlos a la cadena de bienes y servicios que la sociedad requiere.

Por otra parte, a partir de las primeras reuniones internacionales que trataban sobre el cambio climático y sus efectos sobre el planeta, se reconoció el vínculo entre la ecología y la economía, lo cual se ha convertido en el fundamento básico para interpretar la actual crisis ambiental del planeta, así como para la formulación de posibles soluciones. A partir de ese momento inicia el reconocimiento de la restauración ecológica como la estrategia actual más concreta para mitigar y adaptarse al cambio global.

En la actualidad existen varios documentos nacionales de gestión de la biodiversidad que se relacionan clara y directamente con la restauración ecológica (Anexo 1); entre ellos se destacan la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), que plantea la necesidad de adelantar acciones que fortalezcan la protección y la restauración de la biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos. Esta política integra las metas Aichi 2020 como punto de referencia para la gestión de la biodiversidad y para alcanzar el estado ambiental socialmente deseado; puntualmente, la Meta 15 propone la restauración del 15 % de los ecosistemas estratégicos nacionales degradados.

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2010–2014 “Prosperidad para Todos”, estableció como propósito y objetivo nacional a 2014 la restauración de 280.000 ha degradadas, ajustadas recientemente a 90.000 ha, y del que se reportaron 70.000 ha en el quinto informe en biodiversidad. Quedará por revisar cuantas de estas hectáreas son realmente ejercicios efectivos de restauración (Ramírez 2014).

El Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Colombia, define “que para el año 2020 Colombia habrá avanzado en la implementación de estrategias, acciones y mecanismos para la prevención, corrección, restauración, recuperación y/o detención de los procesos de degradación de tierras, desertificación y mitigación de la sequía, especialmente en las zonas secas, de manera articulada con las instancias internacionales, nacionales, regionales y locales, teniendo en cuenta una visión ecosistémica que garantice la gestión integrada y sostenible de la tierra, el agua, los recursos vivos y ecosistemas, considerando los factores ecológicos, socioeconómicos y culturales del país”.

Por otra parte, se cuenta con el Plan Nacional de Prevención, Control de Incendios Forestales y Restauración de Áreas Afectadas, en el que se establecen lineamientos de orden nacional para la prevención, atención y restauración de áreas afectadas por incendios fo-

restales. También está vigente el Plan Nacional de Desarrollo Forestal, que contempla una serie de acciones que fomentan la restauración y recuperación ecológica de ecosistemas forestales para mejorar la oferta de bienes y servicios ambientales y el Programa Nacional “Uso Sostenible, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Manglar”, y plantea la identificación, zonificación, restauración ecológica, la evaluación y seguimiento de áreas de manglar alteradas, deterioradas y críticas.

Adicionalmente, frente al desarrollo minero-energético del país se contempla la utilización de las regalías provenientes de estos sectores económicos, específicamente para proyectos de conservación y restauración ecológica debido a la pérdida de biodiversidad que supone el establecimiento y funcionamiento de dichos sectores económicos. Por su parte, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) dentro de la normatividad del Plan de Abandono de Minas, y en los términos de referencia de los estudios de impacto ambiental (EIA), proponen la restauración ecológica como la estrategia principal para mitigar los impactos dañinos sobre la biota. Lo anterior se reglamenta en los decretos 1503 de 2010 y 1517 de 2012.

El decreto 1900 de 2006 reglamenta que todo proyecto, obra o actividad que involucre en su ejecución y operación el uso de agua proveniente de fuentes naturales y que esté sujeto a la obtención de una licencia ambiental, tiene la obligación de designar el 1 % de la inversión total para la recuperación, conservación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica que alimenta la respectiva fuente hídrica. Adicionalmente, con la Resolución 1517 de 2012, se adopta el Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad, para las obras minero-energéticas y de mega infraestructuras. Dicho manual obliga a las empresas a adoptar dos opciones para compensar: la conservación mediante PSA y adquisición de predios y por otra parte la restauración de zonas degradadas.

Finalmente, el Plan Nacional de Restauración Ecológica (PNR) del MADS define una serie de elementos conceptuales que permiten entender cómo la restauración se convierte en una herramienta de gestión y planificación de acciones que orientan y promueven el restablecimiento de la biodiversidad y de los bienes y servicios ecosistémicos. Dicho documento está estructurado en tres fases temporales que buscan ordenar las acciones y priorizar ecosistemas. Así mismo, el PNR propone incluir las acciones de restauración dentro de la planificación y ordenación territorial, apoyando las iniciativas para el desarrollo y la implementación de criterios e indicadores que definan elementos de ordenación sostenible. El Plan proyecta la inclusión de acciones de restauración como una de las posibilidades de compensación por pérdida de biodiversidad causada por las diferentes locomotoras de desarrollo.

Una forma sintética de ver la importancia de la restauración como mecanismo de gestión integrada del territorio se menciona en el Plan Estratégico del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) 2011-2020 que, con las metas de Aichi, presenta su visión del Plan: “para 2050, la diversidad biológica se valora, conserva, restaura y utiliza en forma racional, manteniendo los servicios de los ecosistemas, sosteniendo un planeta sano y brindando beneficios esenciales para todos”.

## RESUMEN

## ABSTRACT

## INTRODUCCIÓN

## MARCO CONCEPTUAL

## LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

## FASES DEL PROGRAMAS

## LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

## DESAFÍOS ACTUALES

## REFLEXIONES

## CONSIDERACIONES FINALES

## AGRADECIMIENTOS

## BIBLIOGRAFÍA

## DE LOS AUTORES

RESUMEN	Recientemente, el gobierno colombiano ha emprendido varios compromisos nacionales e internacionales. En diciembre 2012 se ratificó la Hyderabad Call de la Convención de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre la Diversidad Biológica, que implica el compromiso de restaurar un 15 % de todos los ecosistemas degradados al año 2020 (CDB, 2012). Colombia también se comprometió a colaborar con el objetivo 3 (b)(i) de la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES 2013), que pide evaluaciones temáticas sobre la degradación y restauración de los sistemas terrestres y de agua dulce.
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
MARCO CONCEPTUAL	
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN	
FASES DEL PROGRAMAS	
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO	
DESAFÍOS ACTUALES	
REFLEXIONES	
CONSIDERACIONES FINALES	
AGRADECIMIENTOS	
BIBLIOGRAFÍA	
DE LOS AUTORES	

Recientemente, el gobierno colombiano ha emprendido varios compromisos nacionales e internacionales. En diciembre 2012 se ratificó la Hyderabad Call de la Convención de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre la Diversidad Biológica, que implica el compromiso de restaurar un 15 % de todos los ecosistemas degradados al año 2020 (CDB, 2012). Colombia también se comprometió a colaborar con el objetivo 3 (b)(i) de la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES 2013), que pide evaluaciones temáticas sobre la degradación y restauración de los sistemas terrestres y de agua dulce.

En diciembre de 2014 algunos países de Latinoamérica y el Caribe lanzaron la iniciativa 20x20, para restaurar al año 2020, 20 millones de hectáreas de tierras degradadas. En este caso, Colombia se comprometió a desarrollar procesos de restauración ecológica en un millón de hectáreas (WRI 2014).

Finalmente, el gobierno nacional en el PND 2014-2018 tiene como meta desarrollar procesos de restauración en 210 mil hectáreas entre ecosistemas marinos y terrestres a través de cuatro estrategias: 1) Implementación del Plan Nacional de Restauración Ecológica. 2) Ejecución de programas y proyectos regionales y locales de restauración. 3) Desarrollo de alianzas con los sectores productivos del país haciendo énfasis en el mejoramiento de los medios de vida en el campo. 4. Promoción del uso de herramientas de manejo para la conservación de la biodiversidad en paisajes rurales transformados (DNP 2015).

## La ecología de la restauración y restauración ecológica

La ecología de la restauración es una disciplina científica interdisciplinaria originada a finales del siglo XX. Esta ciencia estudia los ecosistemas degradados y su proceso de restablecimiento, teniendo como herramientas para el abordaje, análisis y reflexión todos los conceptos, teorías, métodos y herramientas de la ecología básica (Bradshaw, 1993; Cairns Jr., 1993; Clewell, 1993; Hobbs & Harris, 2001; van Diggelen, 2001; SER, 2004). Por su objeto de estudio provee los modelos, herramientas, métodos, técnicas<sup>1</sup> y estrategias<sup>2</sup> para entender y afrontar la degradación de los ecosistemas.

El desarrollo práctico de la ecología de la restauración se hace a través de la restauración ecológica, definida como el proceso de asistir o ayudar el restablecimiento estructural y funcional de un ecosistema degradado, dañado o destruido, teniendo como punto de partida el conocimiento adquirido desde la ecología de la restauración, el potencial natural actual del ecosistema y ciertos estados posibles y deseables socialmente (National Research Council, 1992, 2004; SER, 2004).

1. El Diccionario de la Real Academia Española define técnica como: 1. El conjunto de procedimientos y recursos de que sirve una ciencia o arte. 2. Perteneciente o relativo a las aplicaciones de las ciencias y las artes. 3. Habilidad o pericia para utilizar procedimientos o recursos. 4. Habilidad para ejecutar cualquier cosa, o para conseguir algo. 5. Procedimiento o conjunto de reglas, normas o protocolos que tienen por objetivo obtener un resultado determinado.
2. El Diccionario de la Real Academia Española define estrategia como el arte, modo o conjunto de acciones planificadas sistemáticamente en el tiempo para dirigir un asunto o para alcanzar un determinado fin o misión.



La restauración ecológica plantea que la reposición de los valores, bienes y servicios se pueden alcanzar analizando los problemas de manera sistémica y manejando los procesos que inciden actualmente en el sistema ecológico para orientar la dinámica hacia un proceso direccionado. Esto quiere decir que se deben manejar la sucesión ecológica y los disturbios. Para lo anterior, existen diversas técnicas que provienen de diferentes áreas del conocimiento, incluyendo la ingeniería. A continuación se mencionan algunas de estas técnicas: revegetación, manejo silvícola, obras de conservación de suelos, obras para mejorar el hábitat para la fauna, obras hidráulicas, estabilización de terrenos y taludes, reconfiguración topográfica, aplicación de enmiendas orgánicas al suelo, eliminación de especies invasoras, bioremediación, ordenación territorial, herramientas de manejo del paisaje, manejo del fuego y educación ambiental.

Sin embargo, la restauración ecológica no es solo la aplicación de ciertas técnicas de manera estratégica o el implementar algunas obras. Es un proceso de análisis, reflexión y aplicación de cuatro componentes que interrelacionados generan el concepto y el abordaje de la restauración ecológica (Temperton *et ál.*, 2004): dinámico, histórico, territorial y social (Figura 1).

Desde el **componente dinámico** entendemos que todos los sistemas ecológicos presentan diferentes niveles de resiliencia y tienden a mantenerse estables o en diferentes estados metaestables en el tiempo. Sin embargo, el desarrollo de los ecosistemas es un proceso activo, creativo y repetitivo –pero nunca en los mismos términos–, el cual es originado por los disturbios y por la sucesión ecológica (Odum, 1963; Margalef, 1974; Begon *et ál.*, 1996; McCook, 1994).



**Figura 1.** Componentes del marco conceptual de la Restauración Ecológica (McCook, 1994; Hobbs & Harris, 2001; SER, 2004, Temperton *et ál.*, 2004; Hobbs, 2002, 200; Young *et ál.*, 2005; Hobbs *et ál.*, 2006; Van Andel & Aronson, 2005; Barrera-Cataño *et ál.*, 2010).

## RESUMEN

## ABSTRACT

## INTRODUCCIÓN

## MARCO CONCEPTUAL

## LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

## FASES DEL PROGRAMAS

## LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

## DESAFÍOS ACTUALES

## REFLEXIONES

## CONSIDERACIONES FINALES

## AGRADECIMIENTOS

## BIBLIOGRAFÍA

## DE LOS AUTORES

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
MARCO CONCEPTUAL	
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN	
FASES DEL PROGRAMAS	
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO	
DESAFÍOS ACTUALES	
REFLEXIONES	
CONSIDERACIONES FINALES	
AGRADECIMIENTOS	
BIBLIOGRAFÍA	
DE LOS AUTORES	

Este proceso le otorga a cada ecosistema una identidad particular entre muchas posibles; por lo anterior también entendemos que pueden existir diferentes rutas para el desarrollo de un ecosistema y que por tanto nunca las trayectorias serán las mismas ya que dependen de la estocasticidad ambiental, del nivel de degradación y de la capacidad de los mismos organismos para organizar su entorno (McCook, 1994; Hobbs & Harris, 2001; Temperton *et ál.*, 2004; Hobbs, 2002, 2007).

Por otra parte, el **componente histórico** nos permite entender que un ecosistema cuenta con una serie de elementos irrepetibles como el relieve, los suelos, los procesos ecológicos y los regímenes de disturbio. Desde este componente también se reconoce que el ecosistema actual es el resultado de un largo y único proceso histórico en el que han jugado un papel preponderante todos los factores formadores del paisaje.

Desde el **componente territorial** se diseña la restauración de un espacio degradado en función de objetivos concretos y posibles, lo cual depende de la expresión en múltiples escalas de la composición, estructura, funcionamiento ecosistémico, procesos ecológicos, los diferentes tipos gradientes (ambientales, de nutrientes, de humedad, altitudinales, etc.), y el uso del territorio (Hobbs, 2002; Van Andel & Aronson, 2005; Hobbs 2007). Esta perspectiva permite entender que a escala del paisaje la restauración ecológica debe invertir las dinámicas globales de degradación, teniendo en cuenta las unidades de paisaje, los atributos que conectan o separan las poblaciones, el movimiento o dispersión de organismos, los efectos entre hábitats adyacentes y la interacción de los procesos ecológicos (Battin & Sisk, 2003). A escala local, el componente territorial nos invita a desarrollar acciones direccionadas a recuperar aquellas estructuras y funciones de los ecosistemas que soporten su mantenimiento en un entorno cambiante y difícilmente predecible (Van Andel & Aronson, 2005).

Finalmente, el **componente social** de la restauración considera que cada ecosistema actual es resultado de una peculiar configuración territorial que expresa la relación secular de las sociedades con su territorio (Petersen *et ál.*, 1994; Young *et ál.*, 2005). Por lo tanto, la conservación o degradación actual es resultado de los intereses, de las acciones o inacciones particulares de los grupos sociales y por lo tanto la dirección y las alternativas de recuperación dependerán directamente de los procesos que desarrollen dichas sociedades (Hobbs *et ál.*, 2006). Aquí la restauración ecológica le apunta a integrar la población y los usos del ecosistema para generar un tejido socioeconómico para generar cambios en la relación hombre-ecosistema.

## La práctica de la restauración ecológica

Para abordar la restauración de las áreas disturbadas es fundamental entender los cuatro componentes anteriormente explicados, a partir de los cuales se puede comprender el funcionamiento del sistema ecológico, así como el tipo y las causas de los disturbios que lo afectan (Temperton *et ál.*, 2004). Es importante resaltar

que un disturbio es un evento discreto, no planeado, de origen natural o antrópico que afecta negativamente la composición estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Money & Godron, 1983; Bender, 1984; Pickett & White, 1985; Grime, 1989; Beeby, 1993; Brown & Lugo, 1994; Turner *et ál.*, 1998; Rapport & Whitford, 1999; Whithe & Jentsch, 2001). Después de su ocurrencia generan en el ecosistema afectado una dinámica -fluctuaciones, claros, parches y sucesiones- impredecible la cual tendrá consecuencias espacio-temporales y su severidad dependerá del tipo, de la magnitud y de la frecuencia del disturbio.

De acuerdo con el Plan Nacional de Restauración (MADS, 2013) y Barrera-Caño *et ál.*, (2010), en Colombia se han identificado las siguientes tipologías de disturbio: uso agropecuario, deforestación, contaminación, especies invasoras, plantaciones forestales, industria extractiva, expansión urbana, obras civiles e incendios de las coberturas vegetales. Cada uno de los anteriores afecta de manera diferencial los compartimentos del ecosistema, así como el clima y las comunidades que viven en inmediaciones de las áreas afectadas.

Por otra parte, es importante recordar que todos los sistemas ecológicos se encuentran, en alguna medida, sometidos a factores tensionantes y limitantes. Cuando tales factores rompen o dañan la composición, estructura o la función de un ecosistema se convierten en disturbios. Los factores tensionantes son considerados como estímulos externos que pueden dañar o no los sistemas naturales (Brown & Lugo, 1994; Barrera y Valdés, 2007). Un factor limitante son todas las condiciones propias de los sistemas que impiden su normal desarrollo (Terradas, 2001; Barrera y Valdés, 2007).

Para abordar la restauración ecológica de los sistemas disturbados es necesario establecer el por qué y para qué se debe restaurar y cuándo y cómo hacerlo, esto facilita la definición de un objetivo de restauración y la identificación de los posibles estados ideales. Lo anterior se realiza de acuerdo al tipo, magnitud y frecuencia del disturbio, también al estado actual del ecosistema, su incidencia negativa sobre los ecosistemas adyacentes y, sobre todo, al estado de los bienes y servicios ecosistémicos deseados socialmente.

Adicionalmente, desde una perspectiva más amplia e integrando la economía, la ciencia y la política, y partiendo de la necesidad que tiene la humanidad de preservar y manejar los recursos naturales (capital natural) remanentes, en la actualidad está tomando fuerza el enfoque propuesto por la restauración del capital natural (RCN). Lo anterior es una estrategia de inversión en la recuperación de los recursos naturales degradados para reincorporarlos a la cadena de bienes y servicios que la sociedad requiere. Recurre a una serie de conceptos y herramientas que permiten integrar armónicamente la sociedad con el ambiente, relacionándolos directamente con el incremento, la inversión o la recuperación de las reservas de capital natural para promover el bienestar humano y la conservación de la biodiversidad a largo plazo (Cairns, 1993b; Janzen, 2002; Milton *et ál.*, 2005; Clewell & Aronson, 2006, 2007; Aronson *et ál.*, 2006, 2007a, 2007b).

## RESUMEN

## ABSTRACT

## INTRODUCCIÓN

## MARCO CONCEPTUAL

## LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

## FASES DEL PROGRAMAS

## LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

## DESAFÍOS ACTUALES

## REFLEXIONES

## CONSIDERACIONES FINALES

## AGRADECIMIENTOS

## BIBLIOGRAFÍA

## DE LOS AUTORES

RESUMEN
ABSTRACT
INTRODUCCIÓN
MARCO CONCEPTUAL
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN
FASES DEL PROGRAMAS
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO
DESAFÍOS ACTUALES
REFLEXIONES
CONSIDERACIONES FINALES
AGRADECIMIENTOS
BIBLIOGRAFÍA
DE LOS AUTORES

Teniendo en cuenta lo anterior, los grandes objetivos de restauración ecológica pueden ser los siguientes (Brown & Lugo, 1994; Hobbs & Norton, 1996; Hobbs & Harris, 2001; Hobbs, 2002; SER, 2004; Van Andel & Grootjans, 2006; Hobbs, 2007; Holl & Aide, 2011):

- **Restauración ecológica propiamente dicha:** su objetivo es restablecer el ecosistema degradado a una condición similar a la trayectoria del ecosistema pre-disturbio respecto a su composición, estructura y funcionamiento. Además, el ecosistema resultante debe ser un sistema autosostenible y garantizar la conservación de especies, del ecosistema en general y de la mayoría de sus servicios ecosistémicos asociados.
- **Rehabilitación ecológica:** busca llevar al sistema degradado a un sistema o trayectoria similar o no al sistema pre-disturbio, este debe ser autosostenible, preservar algunas especies y prestar algunos servicios ecosistémicos.
- **Recuperación ecológica:** se desarrolla para recuperar algunos servicios ecosistémicos de interés social. Generalmente, los ecosistemas resultantes no son autosostenibles y no se parecen al sistema pre-disturbio.
- **Restauración del capital natural:** es una aproximación global que articula los sistemas naturales, los sistemas de producción y los sistemas urbanos junto con la economía y la ingeniería ambiental para restaurar los sistemas naturales y para rehabilitar las tierras cultivables y otros sistemas de producción de manera sostenible. También busca mejorar la conservación de la biodiversidad local y al mismo tiempo mejorar la oferta de servicios ecosistémicos para la gente (Aronson *et ál.*, 2006, 2007a, 2007b).

En ciertas ocasiones, algunos ecosistemas se encuentran relativamente conservados, por tanto el establecimiento de las prácticas de restauración se reducen a eliminar o detener los agentes que causan la degradación y no se establece ningún otro tipo de actuación (McIver & Starr, 2001), permitiendo que el sistema siga su trayectoria sucesional. Lo anterior es conocido como restauración espontánea (MADS, 2013) y es útil en ecosistemas tropicales poco intervenidos, sistemas saludables donde existen fuentes de propágulos y donde no se han afectado las condiciones edáficas, topográficas, hidrológicas y geológicas o donde los costos de la restauración son muy altos respecto al éxito de las técnicas y al beneficio final que se obtiene (Guerrero & da Rocha, 2010). Sin embargo, se ha demostrado que el proceso de recuperación es lento y se ve afectado por el aislamiento y la aparición de especies exóticas e invasoras (Laycock, 1995; Redi *et ál.*, 2005; Guerrero & da Rocha, 2010), con lo que debe considerarse muy bien su aplicación con las consideraciones previamente descritas.

La restauración espontánea también es conocida como restauración pasiva pero este último término presenta algunas deficiencias conceptuales pues asume que

la sucesión ecológica es lineal y estática, también contradice el término de restauración ecológica propuesto por la SER (2004), donde se establece que la restauración es el proceso de coadyuvar o asistir al ecosistema en su recuperación. Por otra parte, de acuerdo con Clewell & Aronson (2013) “si la recuperación se produce sin ningún tipo de intervención, debería llamarse restablecimiento natural en vez de restauración ecológica”.

## Fases básicas del programa o proyecto de restauración ecológica

Es importante aclarar que las fases para desarrollar un proceso de restauración ecológica que se proponen a continuación surgen de la reflexión y la experiencia propia de los autores. Adicionalmente, se incluyen las recomendaciones más relevantes presentadas por Gómez (2004), SER (2004), Vargas (2007), Barrera-Cataño *et ál.* (2010), LERF (2010), Vargas *et ál.* (2012), Clewell & Aronson (2013) y Aguilar-Garavito y Ramírez (2014).

Todo plan, programa o proyecto de restauración tiene un objetivo y unas metas concretas, una vez se han definido es indispensable seguir las siguientes cuatro fases (Figura 2): 1. Caracterización diagnóstica. 2. Establecimiento de las prácticas de restauración. 3. Diseño e implementación del programa de evaluación y seguimiento. 4. Inclusión de los actores sociales.

### 1. Diagnóstico biofísico y socioeconómico.

Incluye la zonificación cartográfica, identificación, caracterización y priorización de las áreas degradadas; identificación y caracterización de ecosistemas potenciales, análisis de factores limitantes y tensionantes y el establecimiento de los objetivos de restauración, teniendo en cuenta los estados deseables tanto ambiental como socialmente. Lo anterior permite organizar la restauración, identificar los componentes del ecosistema mayormente degradados, conocer los actores sociales y su percepción social, los usos de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos, su valoración económica e identificar las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas del área objeto de la restauración, así como las posibles alternativas de técnicas y estrategias que conduzcan al ecosistema al estado deseable.

### 2. Establecimiento de las prácticas de restauración y mantenimiento.

Es el proceso de aplicación, cuidado, ajuste, mantenimiento o reparación de las técnicas y estrategias que de acuerdo con el diagnóstico tienen la posibilidad de solucionar o mitigar los efectos de los disturbios y de los factores tensionantes y limitantes. Permite las potencialidades que pueden llevar al sistema al estado deseado. Entre las prácticas más utilizadas se encuentran manejo de especies invasoras, obras para controlar la erosión y para estabilización de taludes, obras

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

MARCO CONCEPTUAL

LA ECOLOGÍA DE LA  
RESTAURACIÓN

FASES DEL PROGRAMAS

LA IMPORTANCIA  
DEL MONITOREO

DESAFÍOS ACTUALES

REFLEXIONES

CONSIDERACIONES  
FINALES

AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFÍA

DE LOS AUTORES



RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

MARCO CONCEPTUAL

LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

FASES DEL PROGRAMAS

LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

DESAFÍOS ACTUALES

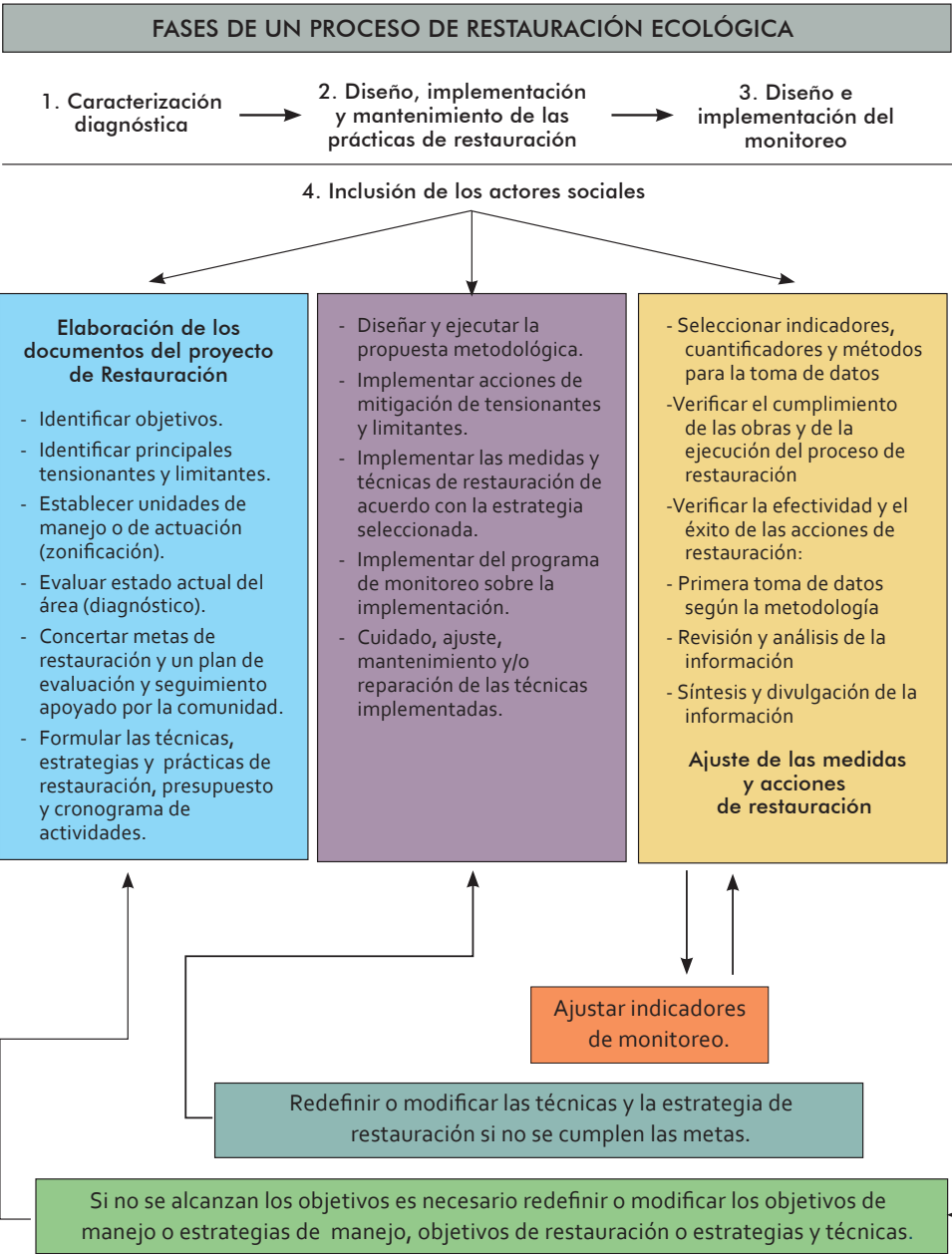
REFLEXIONES

CONSIDERACIONES FINALES

AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFÍA

DE LOS AUTORES



**Figura 2.** Esquema por fases de la elaboración de un proyecto de restauración, las flechas indican la realimentación de un proyecto de restauración que no es estático, el que en ocasiones es necesario redefinir o modificar tratamientos e incluso las variables del programa de evaluación y seguimiento (Modificado de Machmer & Steeger, 2002; Aguilar-Garavito y Ramírez, 2014).

para mejorar el hábitat para la fauna, construcción de refugios artificiales para la fauna, construcción de cuerpos de agua artificial, aplicación de enmiendas y obras para la conservación de suelos, revegetación, repoblación forestal, descontaminación de suelos y de cuerpos de agua, bioremediación y bioingeniería. Si se desconoce el efecto de alguna técnica o estrategia de restauración, se deben establecer experimentos en campo controlados, que respondan una pregunta de investigación clara sobre la aplicación de alguna técnica o estrategia. En este punto es importante seguir el método científico.

### 3. Diseño e implementación del sistema evaluación y seguimiento-monitoreo

Permite medir el éxito de la restauración de acuerdo con los objetivos de restauración planteados. Debe dar respuesta sobre los futuros manejos si algunos objetivos no se están alcanzando (manejo adaptativo). Para lo anterior se deben definir metas a corto, mediano y largo plazo, los criterios ecológicos, indicadores, cuantificadores y métodos para la toma y análisis de la información. En la tabla 1 se presentan algunos ejemplos de los aspectos a evaluar (objetivos), criterios, indicadores y cuantificadores.

### 4. Inclusión de los actores sociales

Se debe tener en cuenta a todos los actores sociales involucrados en la degradación o recuperación del ecosistema objeto de restauración (durante todo el proceso de planificación del proyecto), lo ideal es que este acercamiento se a lo largo de todas las fases del proyecto de restauración, incluyendo a la comunidad en la definición de los objetivos de restauración, la priorización de las áreas a restaurar, el diseño y establecimiento de obras de restauración ecológica, la toma de datos de caracterización diagnóstica y de seguimiento, la designación de responsabilidades respecto al cuidado tanto de las áreas conservadas como de los espacios en proceso de recuperación y, especialmente, en el cambio de actitud tanto a nivel comunitario como individual respecto a la relación con el ambiente natural. En esta fase se debe plantear la restauración ecológica como una estrategia para mitigar el desempleo y para mejorar la calidad de vida de los habitantes cercanos a las áreas a intervenir. Lo anterior implica no solo la contratación y capacitación de los pobladores durante y para la restauración, sino también en el diseño de estrategias de restauración que permitan el uso y aprovechamiento sostenible tanto de la biodiversidad como de los servicios ecosistémicos.

#### RESUMEN

#### ABSTRACT

#### INTRODUCCIÓN

#### MARCO CONCEPTUAL

#### LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

#### FASES DEL PROGRAMAS

#### LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

#### DESAFÍOS ACTUALES

#### REFLEXIONES

#### CONSIDERACIONES FINALES

#### AGRADECIMIENTOS

#### BIBLIOGRAFÍA

#### DE LOS AUTORES

RESUMEN	Tabla 1. Relación entre el objetivo de restauración, criterios, indicadores y cuantificadores en el monitoreo. Dichos indicadores deben ser comparados, a través de los cuantificadores y con el ecosistema de referencia en el corto, mediano y largo plazo (Adaptado de Cabrera 2014).				
ABSTRACT					
INTRODUCCIÓN					
MARCO CONCEPTUAL	Objetivo	Criterio	Indicador	Cuantificador	Unidad
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN	Recuperación de un ecosistema determinado.	Estructura de la vegetación	Cobertura vegetal.	Porcentaje de suelo desnudo en el área de incidencia.	% por m².
FASES DEL PROGRAMAS				Área total de cobertura de páramo.	Hectáreas
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO				Índice de conectividad entre coberturas de páramo.	Sin unidad
DESAFÍOS ACTUALES		Biodiversidad	Diversidad de mamíferos. Diversidad de microorganismos.	Riqueza de especies de mamíferos.	Sin unidad
REFLEXIONES				Índice de Shannon para la diversidad de microorganismos.	Sin unidad
CONSIDERACIONES FINALES					
AGRADECIMIENTOS		Procesos ecológicos	Parámetros hidrológicos del páramo.	Porcentaje de retención de agua en el suelo.	% m³ de agua/ m3 suelo
BIBLIOGRAFÍA				Nivel de escorrentía.	m³
DE LOS AUTORES					
		Suelo	Características físicas. Biota del suelo.	Densidad aparente.	
				Profundidad efectiva.	Gramos
				Biomasa de microorganismos.	Metros
	Índice de diversidad de Simpson para macroinvertebrados del suelo.			Gramos/volumen Sin unidad	

La importancia del monitoreo en la restauración ecológica

En ocasiones es difícil predecir con exactitud la trayectoria final o el éxito de un proyecto de restauración y existen varias razones que lo explican:

- 1. La restauración se realiza muchas veces en territorios privados y son diversas tanto las responsabilidades como los intereses por parte de los actores sociales involucrados.
- 2. Se trabaja con organismos vivos.
- 3. En el sistema ocurren diversos procesos difíciles de controlar, el ambiente es heterogéneo y cambiante.
- 4. Se tiene poca información documentada respecto al ecosistema de referencia y su historia de degradación.

5. Hay poco tiempo para el análisis de la problemática y para la implementación de las técnicas.
6. La restauración se requiere de manera urgente o inmediata.
7. Han ocurrido múltiples procesos de degradación.
8. Se cuenta con pocos recursos y la intervención se planea a corto plazo.
9. Existen múltiples estados posibles a los que se puede llevar un área degradada.
10. La medida de éxito depende de las posibilidades ambientales y de los intereses y perspectivas de todos los actores sociales que están involucrados en el uso del ecosistema.

Las razones anteriormente planteadas evidencian que detrás de un proyecto de restauración hay múltiples y complejas razones que pueden hacer que el resultado final no sea el esperado.

Teniendo en cuenta las implicaciones ecológicas y temporales de los proyectos, es imposible hablar de restauración si esta no incluye en su planificación y en su presupuesto un programa de monitoreo (Figura 3). Por definición, el objetivo de un programa de monitoreo es recopilar la información necesaria para conocer el desempeño que han tenido las prácticas implementadas de restauración respecto al alcance de las metas inicialmente planteadas, a partir de lo cual se toman decisiones de gestión pertinentes para ajustar la estrategia o las técnicas de restauración (p.e. adaptabilidad) (Figura 2), y de esta manera incrementar las posibilidades de alcanzar las metas de restauración planteadas desde el principio (SER 2004, Herrick *et ál.*, 2006, Barrera-Cataño *et ál.*, 2010). Durante esta fase también se identifican los progresos alcanzados y se establecen los umbrales intermedios de éxito (SER 2004, Herrick *et ál.*, 2006).

A pesar que lo dicho anteriormente, es común encontrar que en muchos proyectos se haya entendido el éxito de la restauración como el cambio de una cobertura por otra, en la presencia, densidad y porcentaje de cobertura vegetal en un periodo determinado o como la tasa de supervivencia del material vegetal plantado. Lo anterior se traduce en algunos casos en que la comunidad vegetal se haya restaurado parcialmente pero no así los servicios ecosistémicos que requiere la sociedad (Herrick *et ál.*, 2006). A manera de ejemplo, en Colombia se ha identificado que en la mayoría de proyectos de restauración, el principal indicador del éxito de un proyecto es el de la supervivencia y éxito de la siembra en periodos cortos de tiempo (Murcia & Guariguata, 2014); por supuesto, esto responde a los requerimientos de cumplimiento de metas para la interventoría de un proyecto y no a un programa de monitoreo planificado. Cabe resaltar que la simple evaluación de la composición de la vegetación en cortos plazos ha demostrado ser insuficiente para medir el éxito de un proyecto de restauración (LERF, 2013), es necesario considerar otras variables y lapsos de tiempo que permitan medir con mayor precisión la evolución y el éxito del proyecto planteado. Evaluar variables asociadas al éxito

## RESUMEN

## ABSTRACT

## INTRODUCCIÓN

## MARCO CONCEPTUAL

## LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

## FASES DEL PROGRAMAS

## LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

## DESAFÍOS ACTUALES

## REFLEXIONES

## CONSIDERACIONES FINALES

## AGRADECIMIENTOS

## BIBLIOGRAFÍA

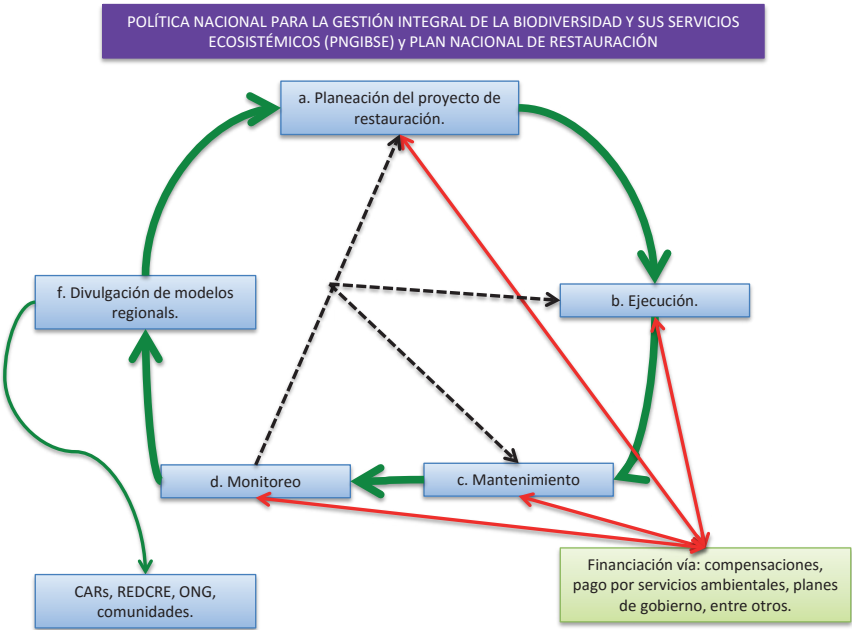
## DE LOS AUTORES

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
MARCO CONCEPTUAL	
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN	
FASES DEL PROGRAMAS	
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO	
DESAFÍOS ACTUALES	
REFLEXIONES	
CONSIDERACIONES FINALES	
AGRADECIMIENTOS	
BIBLIOGRAFÍA	
DE LOS AUTORES	

de siembra, únicamente, responde más un enfoque de la valoración de éxito de una plantación forestal, olvidando el enfoque sistémico (SER 2004, Herrick *et ál.*, 2006, Harris *et ál.*, 2006).

Así mismo, es importante diferenciar el monitoreo de un proyecto de restauración ecológica (práctica), de uno de ecología de la restauración (investigación). El primero busca dar solución a los problemas que puede tener un área disturbada y por tanto requiere de un diseño de muestreo que permita verificar el desempeño de las técnicas de restauración y las subsiguientes acciones de manejo que se requieran si tales metas no se están alcanzando (National Research Council 1992, SER 2004). Por otra parte, el proyecto de ecología de la restauración busca dar respuesta específica a una pregunta de investigación y requiere de un diseño experimental controlado, con cierto número de repeticiones y réplicas, y debe mantenerse en el tiempo sin ningún tipo de modificación o intervención adicional (Harris *et ál.*, 2006; van Diggelen, 2001; SER, 2004).

Finalmente, es de gran importancia que el programa de monitoreo acompañe al proceso de restauración desde el inicio, por tal razón este debe plantearse de manera conjunta con el diagnóstico, los objetivos, el cronograma y el presupuesto del proyecto para luego ser ejecutado desde la implementación de las acciones de restauración hasta alcanzar las metas de restauración (Hobbs, 2007), considerando siempre un posible escenario adaptativo (Figura 3).



**Figura 3.** Las fases indispensables en un proyecto de restauración, en azul se ilustran los pasos y la retroalimentación regional, en punteado se destaca que el monitoreo obliga a estar revisando los tres primeros pasos (restauración adaptativa), en rojo ejemplo de posibles fuentes de recursos nacionales para llevar a cabo dichos proyectos. Adaptado de LERF (2010).



## Algunos desafíos actuales de la restauración ecológica

La restauración ecológica, por ser una disciplina reciente, presenta algunas dificultades que complican el abordaje de la misma. En primera medida, se debe reconocer que a pesar de su fundamento en la ecología y en otros campos del conocimiento se presentan vacíos, confusión y poca claridad tanto a nivel terminológico como en el uso de herramientas para el diagnóstico, evaluación, seguimiento y para la aplicación de algunas técnicas. Otro factor que complejiza la restauración es que la degradación ecosistémica ocurre a grandes velocidades y en múltiples direcciones y en la mayoría de los casos es complejo y costoso conocer la historia de degradación de ciertos ecosistemas. En otros casos la dificultad se presenta al momento de establecer con claridad los objetivos y responsables de la restauración, también la relación costo-beneficio.

Otro gran inconveniente es establecer el éxito de la restauración, teniendo en cuenta la multiplicidad de actores, intereses y perspectivas que están involucradas antes, durante y después de todo proceso de restauración. Adicionalmente, se ha generado confusión respecto a la utilidad y la manera de establecer un ecosistema de referencia, especialmente para no caer en el error de diseñar ecosistemas del pasado.

Otra de las grandes adversidades es el desconocimiento de los efectos a largo plazo que se producirán con los procesos de restauración, debido a la estocasticidad y a la heterogeneidad ambiental. Lo anterior impide que los restauradores puedan definir con precisión a los inversionistas un estado específico resultante al momento de proponer una restauración ecológica, aquí juega un papel determinante el monitoreo a los ejercicios de restauración.

Finalmente, se debe considerar que generalmente en restauración se intervienen ecosistemas con una larga historia de degradación o sistemas con condiciones muy cambiantes. La restauración es un proceso muy complejo, que requiere de la inversión de recursos a largo plazo y se deben involucrar diferencialmente a múltiples actores sociales. Así mismo, para el éxito de la restauración ecológica se deben tomar decisiones sociopolíticas, económicas y educativas que incidan en el cambio de actitud individual para el beneficio común.

## Reflexiones sobre el Instituto Humboldt y la restauración ecológica

Teniendo en cuenta el contexto científico, técnico, socioeconómico, cultural y político de la restauración ecológica, así como la normatividad vigente, los compromisos y las metas de restauración adquiridas por la nación, el Instituto Humboldt (como soporte técnico-científico para el Sistema Nacional Ambiental (Sina) y para el país) debe prepararse para integrar en todas sus líneas de trabajo la restauración ecológica y de esta manera orientar debidamente la investigación, permitiéndole entender al país cómo es el proceso de degradación y de recuperación tanto de los ecosistemas como de bienes y servicios ambientales.

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

MARCO CONCEPTUAL

LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

FASES DEL PROGRAMAS

LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

DESAFÍOS ACTUALES

REFLEXIONES

CONSIDERACIONES FINALES

AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFÍA

DE LOS AUTORES

RESUMEN	El Instituto debe apoyar técnicamente a las instituciones del Sina, otros entes nacionales y las corporaciones autónomas regionales (CAR) y aportar a la discusión sobre esta temática, para que estén actualizadas en contexto teórico de la restauración ecológica, asesorarlas en su planificación y en el diseño e implementación de técnicas y estrategias. Adicionalmente, debe proveer métodos estandarizados para realizar la caracterización diagnóstica de las áreas degradadas, también para la evaluación y seguimiento de los proyectos de restauración ecológica.
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
MARCO CONCEPTUAL	
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN	
FASES DEL PROGRAMAS	
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO	Por otra parte, el Instituto Humboldt debe establecer herramientas que permitan identificar los procesos de uso y conservación de la biodiversidad en donde la restauración ecológica puede ofrecer: 1) Soluciones económicas para las comunidades que mejoren su calidad de vida. 2) Estrategias de inversión en la recuperación del capital natural para los productores y los diferentes sectores económicos del país. 3) Alternativas de ordenamiento del territorio. 4) Como estrategia para mejorar la relación del hombre con el sistema biofísico.
DESAFÍOS ACTUALES	
REFLEXIONES	
CONSIDERACIONES FINALES	
AGRADECIMIENTOS	
BIBLIOGRAFÍA	Es tarea del Instituto aportar en la definición de ecosistemas prioritarios para la restauración, en el establecimiento de patrones de degradación y de conservación a escala del paisaje y a escala local, así como en la definición de los contenidos mínimos y de las fases básicas de los proyectos de restauración y de las investigaciones de la ecología de la restauración. También debe establecer con claridad qué significa el éxito de la restauración, cómo se mide y quiénes se benefician de ella. Para finalizar, el Instituto también debe apoyar y promover mecanismos adecuados de comunicación y de intercambio de experiencias de restauración ecológica a nivel nacional e internacional, considerando múltiples escalas y niveles de organización.
DE LOS AUTORES	

## Consideraciones finales

A continuación se presentan algunas consideraciones básicas para tener en cuenta al momento de abordar el tema. Surgen de la necesidad de dar claridad a los alcances y limitaciones que tiene la restauración como estrategia, en un complejo contexto de toma de decisiones, frente al escenario de degradación de país y la responsabilidad en la gestión integral de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.

- La restauración debe ser siempre una alternativa posterior a la conservación, se debe tener en cuenta que restaurar las propiedades perdidas de un ecosistema es muy costoso y no garantiza en ningún momento el retorno a un sistema pre-disturbio, así que siempre será mejor conservar que restaurar.
- La restauración no es determinista, esto significa que la restauración de ecosistemas no debe entenderse en una sola vía ya que los sistemas ecológicos derivan hacia varios estados de equilibrio, por eso es muy importante definir de manera preliminar el objetivo de restauración, que no siempre será el ecosistema original predisturbio.

- Actualmente, se debe considerar un marco amplio de la restauración ecológica, contemplando como objetivos intermedios la rehabilitación o la recuperación mediante figuras de uso sostenible y restauración del capital natural.
- Los proyectos de restauración siempre deben tener un componente social participativo, es la única forma de asegurar el éxito, desde la pertenencia de la comunidades, de un proyecto desde su diseño, implementación y monitoreo.
- La restauración tiene un marco de carácter experimental y adaptativo, nunca debe considerarse como una receta única de alternativas, ya que las variables socioeconómicas, ecosistémicas y del disturbio son características para cada escenario de disturbio.
- Se debe trabajar sobre lineamientos conceptuales y metodológicos, con una buena base de tipo experimental, que permitan construir teoría y técnicas de la restauración bajo un contexto neotropical.
- La restauración debe abordarse a múltiples escalas y niveles de organización, siendo todos de la misma importancia, para fortalecer el conocimiento alrededor de la misma. Aún existen muchos vacíos desde la restauración a escala paisaje, que es la que aporta al contexto de toma de decisiones regional en el país.
- La restauración ecológica es el proceso de asistir ecosistemas dañados, degradados o destruidos para su restablecimiento espacial, estructural y funcionalmente, con el fin de mantener los bienes y servicios ambientales socialmente deseables. En un sentido amplio, la restauración ecológica involucra múltiples campos del conocimiento y es útil para la conservación de la biodiversidad, para establecer procesos de compensación por pérdida de la biodiversidad, para el ordenamiento territorial y como estrategia de mitigación y adaptación al cambio global.
- Para que un proyecto sea considerado como un proceso de restauración ecológica debe contener al menos una fase de diagnóstico, otra de implementación de estrategias y técnicas, una fase de evaluación y seguimiento y otra fase transversal donde se involucren todos los actores sociales que afectan o que se beneficiarán directamente con la restauración ecológica.
- La restauración ecológica puede ser una vista como una herramienta de gestión, inversión, negociación, planificación, intervención, integración social y manejo de procesos de degradación en el territorio.
- La restauración ecológica requiere de la manipulación de la sucesión ecológica y de los disturbios ya que la recuperación de un ecosistema comúnmente requiere de la repetición del proceso constructor que siguió la naturaleza.
- Los sistemas severamente degradados no se recuperan por si solos (p. ej. espontánea o pasivamente).

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

MARCO CONCEPTUAL

LA ECOLOGÍA DE LA  
RESTAURACIÓN

FASES DEL PROGRAMAS

LA IMPORTANCIA  
DEL MONITOREO

DESAFÍOS ACTUALES

REFLEXIONES

CONSIDERACIONES  
FINALES

AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFÍA

DE LOS AUTORES

RESUMEN	• En la restauración de un ecosistema el interés debe centrarse en el restablecimiento de los procesos ecosistémicos que regulan el flujo de los recursos limitantes, aquí juegan un papel relevante las comunidades locales directamente afectadas.
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
MARCO CONCEPTUAL	• Es muy importante considerar siempre una fase posterior de monitoreo de los proyectos de restauración en la que se evalúe el éxito en términos de composición, estructura y funcionalidad ecosistémica.
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN	
FASES DEL PROGRAMAS	• La restauración ecológica puede ser un tema principal y unificador en la posible era de postconflicto y un motor importante para la creación de empleo.
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO	• Es muy importante que las personas, empresas, actores del conflicto armado y el gobierno de Colombia dejen atrás la cultura del conflicto y la degradación que ha prevalecido durante años y que se empiece a trabajar en conjunto por una cultura de conservación y restauración ecológica del país.
DESAFÍOS ACTUALES	
REFLEXIONES	
CONSIDERACIONES FINALES	• Es de suma importancia invertir en la capacitación ambiental en todos los niveles educativos y hacer énfasis en la formación de profesionales, técnicos y científicos capaces de desarrollar procesos de restauración ecológica.
AGRADECIMIENTOS	
BIBLIOGRAFÍA	
DE LOS AUTORES	• Se debe dar inicio a procesos de restauración a escala del paisaje y bioregional.

## Agradecimientos

Agradecemos los valiosos comentarios de Hernando García y Alexander Rincón a este manuscrito, a la Red Colombiana de Restauración Ecológica (REDCRE) por la información facilitada y el apoyo de la Dirección y Subdirección de Investigaciones del Instituto Humboldt a la Línea de Restauración, así como el apoyo financiero del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

## Bibliografía

- Aguilar-Garavito, M. y W. Ramírez. 2014. Elaboración de un proyecto de restauración ecológica para los páramos. Pp. 296. En: Cabrera, M., and W. Ramírez. Restauración Ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Aguilar, M., J. Sierra, W. Ramirez, O. Vargas, Z. Calle, W. Vargas, C. Murcia, J. Aronson y J. I. Barrera Cataño. 2015. Towards a post-conflict Colombia. Restoring to the future. *Restoration Ecology* 23(1): 4-6.
- Arango N., D. Armenteras, M. Castro, T. Gottsmann, O. L. Hernández, C. L. Matallana, M. Morales, L. G. Naranjo, L. M. Renjifo, A. F. Trujillo y H. F. Villarreal. 2003. Vacíos de conservación del Sistema de Parques Nacionales de Colombia desde una perspectiva ecorregional. WWF Colombia (Fondo Mundial para la Naturaleza). 64 pp.
- Aronson, J., J. N. Blignaut, S. J. Milton & A. F. Clewell. 2006. Natural capital: the limiting factor. *Ecological engineering* 28:1-5.

- Aronson J., S. Milton & J. Blignaut (Eds.). 2007a. Restoring natural capital: Science, business, and practice, Island Press, Washington, D.C.
- Aronson J., D. Renison, J. O. Rangel-Ch., S. Levy-Tacher, C. Ovalle y A. Del Pozo. 2007b. Restauración del Capital Natural: sin reservas no hay bienes y servicios. *Ecosistemas* 16(3): 15-24.
- Barrera-Cataño J. I. y C. Valdés-López. 2007. Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas Scientiarum* (Edición especial II) 12: 11-24
- Barrera-Cataño, J. I., S. M. Contreras-Rodríguez, N. V. Garzón-Yepes, A. C. Moreno-Cárdenas y S. P. Montoya-Villarreal. 2010. Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). Bogotá, Colombia.
- Battin, J. & T. D. Sisk. 2003. Assessing landscape-level influences of forest restoration on animal populations. *In*: Frederic P. (Ed.). Ecological Restoration of Southwestern Ponderosa Pine Forests. Washington D.C.
- Bradshaw, A.D. 1993. Restoration ecology as a science. *Restoration Ecology* 1(2): 71-73.
- Beeby, A. 1993. Applying ecology. First edition. Chapman & Hall., London, Great Britain. 440 pp.
- Begon, M., J. L. Harper, & C.R. Townsend, C. R. 1996. Ecology: Individuals, populations and communities. Blackwell Science Ltd.
- Bender, E.A T. J. Case & M. E. Gilpin. 1984. Perturbation experiments in community ecology: Theory and practice. *Ecology* 65: 1-13.
- Brown, S. & A. E. Lugo. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology* 2 (2): 97-111.
- Cabrera, M. 2014. Identificación y selección de los indicadores en la restauración. Pp. 296. *En*: Cabrera, M., and W. Ramírez. Restauración Ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Cabrera, M. y W. Ramírez. 2014. Restauración ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación. 296 pp. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- Cairns Jr., J. 1993. Is restoration ecology practical? *Restoration Ecology* 1 (1):3-7.
- Cairns J. Jr. 1993b. Ecological restoration: Replenishing our national and global ecological capital. Pp. 193-208. *In*: Saunders D., R.J. Hobbs & P. Ehrlich (Eds.). Nature conservation 3: Reconstruction of fragmented ecosystems. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton, NSW, Australia.
- Clewell A. F. 1993. Ecology, restoration ecology and ecological restoration. *Restoration Ecology* 1 (3): 141.
- Clewell A. F. & J. Aronson. 2006. Motivations for the restoration of ecosystems. *Conservation Biology* 20: 420-428.

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

MARCO CONCEPTUAL

LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

FASES DEL PROGRAMAS

LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

DESAFÍOS ACTUALES

REFLEXIONES

CONSIDERACIONES FINALES

AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFÍA

DE LOS AUTORES



RESUMEN	Clewell A. F. & J. Aronson. 2007. Ecological restoration: Principles, values, and structure of an emerging profession, Island Press, Washington, DC.
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	EJOLT. 2014. Environmental Conflicts in Colombia. Environmental Justice Atlas Disponible en: <a href="http://ejatlas.org/country/colombia">http://ejatlas.org/country/colombia</a> .
MARCO CONCEPTUAL	Departamento Nacional de Planeación (DNP). 2015. Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Todos por un nuevo país. Versión preliminar para la discusión del Consejo Nacional de Planeación. Disponible en: <a href="https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Bases%20Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%202014-2018.pdf">https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Bases%20Plan%20Nacional%20de%20Desarrollo%202014-2018.pdf</a>
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN	
FASES DEL PROGRAMAS	
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO	Etter, A. and W. van Wyngaarden 2000. Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean Region. <i>Ambio</i> 29(7): 443-450.
DESAFÍOS ACTUALES	Etter A., C. McAlpine & H. Possingham. 2008. Historical Patterns and Drivers of Landscape Change in Colombia Since 1500: A Regionalized Spatial Approach. <i>Annals of the Association of American Geographers</i> 98 (1): 2-23.
REFLEXIONES	Gomez O.D. 2004. Recuperación de espacios degradados. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 582 pp.
CONSIDERACIONES FINALES	Grime, J.P. 1989. The stress debate: symptom of impending synthesis? Pp. 3-17. En: Calow, P. and Berry, R. J. (Eds.). <i>Evolution, ecology and environmental stress</i> . Academic Press, London.
AGRADECIMIENTOS	Guerrero A. & P. da Rocha. 2010. Passive Restoration in Biodiversity Hotspots: Consequences for an Atlantic Rainforest Lizard Taxocene. <i>Biotropica</i> 42(3): 379-387.
BIBLIOGRAFÍA	Harris J. A., R. J. Hobbs, E. Higgs & J. Aronson. 2006. Ecological Restoration and Global Climate Change. <i>Restoration Ecology</i> 14 (2): 170-176.
DE LOS AUTORES	Holl, K.D. & T. M. Aide. 2011. When and where to actively restore ecosystems? <i>Forest Ecology and Management</i> . 261(10):1558-1563.
	Hobbs, R. J. & D. A. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for Restoration Ecology.
	Hobbs, R. J. 2002. The ecological context: a landscape perspective. Pp. 22-45. In: Perrow M. R. & A. J. Davy, (Eds). <i>Handbook of ecological restoration</i> , vol. 1: principles of restoration. Cambridge. University Press, Cambridge, United Kingdom.
	Hobbs, R. J. 2007. Setting Effective and Realistic Restoration Goals: Key Directions for research. <i>Restoration Ecology</i> 15 (2): 354-357
	Hobbs, R. J., and J. A. Harris. 2001. Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millenium. <i>Restoration Ecology</i> 9: 239-246.
	Hobbs R. J., S. Arico, J. Aronson, J. S. Baron, P. Bridgewater, V. A. Cramer, P. R. Epstein, J. J. Ewel, C. A. Klink, A. E. Lugo, D. Norton, D. Ojima, D. M. Richardson, E. W. Sanderson, F. Valladares, M. Vilà, R. Zamora & M. Zobel. 2006. Novel ecosystems: theoretical and management aspects of the new ecological world order. <i>Global Ecology and Biogeography</i> 15 (1): 1-7.
	Ideam. 1999. Estudio Nacional del Agua. Balance hídrico y relaciones oferta-demanda en Colombia. Primera Versión, Bogotá D.C.

- Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, I. SINCHI y IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá, D. C., 276 pp.
- Ideam. 2010. Resumen ejecutivo de la memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica para Colombia. Bogotá. Colombia.
- Janzen, D.H., 2002. Tropical dry forest: area de conservación Guanacaste, northwestern Costa Rica. Pp. 559-584. *In*: Perrow M. & A. Davy (Eds.). Handbook of ecological restoration. Vol. 2. Restoration in practice. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Laycock, W. A. 1995. New perspectives on ecological condition of rangelands: can state and transition or other models better define condition and diversity? *In*: Montes, L., Olivia, G. E. (Eds.). Proceedings of the International Workshop on Plant Genetic Resources, Desertification and Sustainability. INTAEEA, Rio Gallegos, Argentina.
- LERF (Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal). 2010. Pacto pela restauração da mata Atlântica. Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo. 259 pp.
- Margalef, R. 1974. Ecología. Omega. Barcelona, España. 968 pp.
- Milton, S. J., J. Aronson & J.N. Blignaut. 2005. Restoring natural capital \_shared visions for ecology and economy. *Quest* 2: 39-41.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). 2013. Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Bogotá, D. C., Colombia. 80 pp.
- National Research Council. 1992. Restoration of Aquatic Ecosystems: Science, Technology, and Public Policy. Washington, D. C. National Academic Press.
- National Research Council. 2004. Adaptive management for water resources project planning. Panel on adaptive management for resource stewardship, committee to assess the U. S. Army Corps of Engineers Methods of Analysis and Peer Review for Water Resources Project Planning. 138 pp.
- Machmer, M. & C. Steeger. 2002. Effectiveness monitoring guidelines for ecosystem restoration. Final Report. Habitat branch, ministry of water, land and air protection. Victoria. B. C.
- McCook, L. J. 1994. Understanding ecological community succession: Causal models and theories, a review. *Vegetatio* 110: 115-147.
- McIver, J., & L. Starr. 2001. Restoration of degraded lands in the interior Columbia River basin: passive vs. active approaches. *Forest Ecology and Management* 153: 15-28.
- Mooney, H. A. & M. Godron. 1983. Disturbance and ecosystems. Springer-Verlag, Berlin and New York, 292 pp.
- Murcia, y M. R. Guariguata. 2014. La restauración ecológica en Colombia: tendencias, necesidades, y oportunidades. Documentos ocasionales 107. Bogor, Indonesia: CIFOR. 85 pp.
- Murcia, C., G. H. Kattan & G. I. Andrade-Pérez. 2013. Conserving biodiversity in a complex biological and social setting: The case of Colombia. Pp. 86-96. *In*: Sodhi NS,

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

MARCO CONCEPTUAL

LA ECOLOGÍA DE LA  
RESTAURACIÓN

FASES DEL PROGRAMAS

LA IMPORTANCIA  
DEL MONITOREO

DESAFÍOS ACTUALES

REFLEXIONES

CONSIDERACIONES  
FINALES

AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFÍA

DE LOS AUTORES

RESUMEN	Gibson L, Raven PH (Eds.) Conservation biology: voices from the tropics. John Wiley & Sons, Ltd., Hoboken, New Jersey.
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	Odum, E. P. 1963. <i>ECOLOGY</i> . Cap.6. Holt, Rinehart & Winston, Nueva York. USA.
MARCO CONCEPTUAL	Pérez-Rincón M. 2014. Conflictos Ambientales en Colombia: Inventario, Caracterización y Análisis. Estudio de Caso para 72 casos de injusticia ambiental. Instituto CINARA, Cali, Colombia. Disponible en: <a href="http://censat.org/apc-aa-files/3ba8718d4f467249a9a9449394c8bcd6/conflictos-ambientales-col-corto-72-m-perez-univalle-cinara.pdf">http://censat.org/apc-aa-files/3ba8718d4f467249a9a9449394c8bcd6/conflictos-ambientales-col-corto-72-m-perez-univalle-cinara.pdf</a>
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN	Petersen, S. L., B. A. Roundy and R. M. Bryant. 2004. Revegetation methods for high-elevation roadsides at Bryce Canyon National Park, Utah. <i>Restoration Ecology</i> 12: 248-257.
FASES DEL PROGRAMAS	Pickett, S.T.A. & P. S. White. 1985. The ecology of natural disturbance and pathways of succession. <i>Academic Press Inc.</i> 472 pp.
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO	Redi B. H., R. J. Van Aarde & T. D. Wassenaar. 2005. Coastal dune forest development and the regeneration of millipede communities. <i>Restoration Ecology</i> 13: 284–291.
DESAFÍOS ACTUALES	Ramírez, W. 2014. <i>Boletín REDCRE</i> . 8 (2): 1-2. Bogotá D.C.
REFLEXIONES	Rapport, D.J. & W.G. Whitford. 1999. How ecosystems respond to stress. <i>Bio-Science</i> 49 (3): 193-203.
CONSIDERACIONES FINALES	SER. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.
AGRADECIMIENTOS	Temperton, V. M., R. J. Hobbs, T. Nuttle & S. Halle. 2004. <i>Assembly Rules and S. 2004. Assembly Rules and restoration ecology: bridging the gap between theory and practice</i> . Society for Ecological Restoration International. Island Press. USA. 429 pp.
BIBLIOGRAFÍA	Terradas, J. 2001. Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisaje. Barcelona, Ediciones Omega. 703 pp.
DE LOS AUTORES	Turner, G. M., W. L. Baker, C. J. Peterson & R. K. Peet. 1998. Factors Influencing succession: lessons from large, infrequent natural disturbances. <i>Ecosystems</i> 1: 511-523.
	Van Andel, J. & J. Aronson (Eds.). 2013. Restoration Ecology: The New Frontier. Blackwell Publishing company Ltd.
	Van Andel, J. & A. P. Grootjans. 2006. Concepts in ecological restoration. <i>Restoration ecology</i> . pp 16-28.
	Van Diggelen, R., A. P. Grootjans & J. A. Harris. 2001. Ecological Restoration: State of the Art or State of the Science? <i>Restoration Ecology</i> 9 (2): 115–118.
	Vargas, J. O. (Ed.) 2007. Guía Metodológica para la Restauración Ecológica del Bosque Atonandino. Universidad Nacional de Colombia, Acueducto de Bogotá, Jardín Botánico de Bogotá y Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá, D.C., Colombia. 194 pp
	Vargas, J. O., J. Díaz-Triana, S. Reyes y P. Gómez. 2012. Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá D.C., Colombia. 92 pp.
	White, P. S. & A. Jentsch. 2001. The Search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystems Dynamics. <i>Progress in Botany</i> 62: 399-450.

- WRI. 2014. Initiative 20 X 20. Bringing 20 million hectares of degraded land in Latin America and the Caribbean into restoration by 2020. Disponible en: <http://www.wri.org/our-work/project/initiative-20x20>
- Young T. P., D. A. Petersen & J. J. Clary. 2005. The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters* 8(6): 662-673.

## Anexo 1.

### Vínculos de interés que relacionan la temática de restauración ecológica

#### Documentos para descargar

- Principios de SER International sobre la restauración ecológica. <http://www.ser.org/docs/default-document-library/spanish.pdf>
- Plan Nacional de Restauración de Ecosistemas. [https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan\\_nacional\\_restauracion/PLAN\\_NACIONAL\\_DE\\_RESTAURACION%20N\\_2.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACION%20N_2.pdf)
- Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del Distrito Capital. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:GKiLYp9JAE8J:oab2.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/manual-para-la-restauracion-ecologica-de-los-ecosistemas-disturbados-del-distrito-capital+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co>
- Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. [http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user\\_46/file/Guia%20Metodologica.pdf](http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_46/file/Guia%20Metodologica.pdf)
- La restauración ecológica en la práctica. [http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user\\_46/file/Memorias-Congreso-Restauracion.pdf](http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_46/file/Memorias-Congreso-Restauracion.pdf)
- What Do We Mean When We Talk About Ecological Restoration? [http://www.ibiologia.unam.mx/pdf/directorio/z/restauracion/conceptos\\_perspec/dequehablamos.pdf](http://www.ibiologia.unam.mx/pdf/directorio/z/restauracion/conceptos_perspec/dequehablamos.pdf)
- The Development and Application of Ecological Networks A Review of Proposals, Plans and Programmes. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2001-042.pdf>
- Aproximación de ecosistema del Millenium Ecosystem Assessment. <http://www.globalrestorationnetwork.org/restoration/ecosystem-approach/>
- Restoration of wetlands in the Mississippi. <http://www.mississippiriverdelta.org/restoration-projects/overview/>

#### RESUMEN

#### ABSTRACT

#### INTRODUCCIÓN

#### MARCO CONCEPTUAL

#### LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

#### FASES DEL PROGRAMAS

#### LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

#### DESAFÍOS ACTUALES

#### REFLEXIONES

#### CONSIDERACIONES FINALES

#### AGRADECIMIENTOS

#### BIBLIOGRAFÍA

#### DE LOS AUTORES

RESUMEN	Beyond the Fragmentation Threshold Hypothesis: Regime Shifts in Biodiversity Across Fragmented Landscapes. <a href="http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0013666">http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0013666</a>
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
MARCO CONCEPTUAL	Guía para la restauración de turberas. <a href="http://www.qpani.org/documents/PeatlandRestorationguidelinesfinal.pdf">http://www.qpani.org/documents/PeatlandRestorationguidelinesfinal.pdf</a>
LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN	Resiliencia y restauración de los lagos. <a href="http://www.ecologyandsociety.org/vol1/iss1/art2/">http://www.ecologyandsociety.org/vol1/iss1/art2/</a>
FASES DEL PROGRAMAS	Ecological Restoration and Global Climate Change. <a href="http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1526-100X.2006.00136.x/abstract">http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1526-100X.2006.00136.x/abstract</a>
LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO	Restoration Ecology: Interventionist Approaches for Restoring and Maintaining Ecosystem Function in the Face of Rapid Environmental Change. <a href="http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/hobbs2008.pdf">http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/hobbs2008.pdf</a>
DESAFÍOS ACTUALES	Reforming Watershed Restoration: Science in Need of Application and Applications in Need of Science. <a href="http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs12237-008-9129-5.pdf">http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs12237-008-9129-5.pdf</a>
REFLEXIONES	Fundations of Restoration Ecology. <a href="http://www.planta.cn/forum/files_planta/foundations_restoration_ecology_127.pdf">http://www.planta.cn/forum/files_planta/foundations_restoration_ecology_127.pdf</a>
CONSIDERACIONES FINALES	
AGRADECIMIENTOS	
BIBLIOGRAFÍA	
DE LOS AUTORES	

### Artículos sobre el concepto de restauración

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534709002018>

<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/467/sanchez.html>

<http://planet.botany.uwc.ac.za/nisl/invasives/assignment1/hobbsandharris.pdf>

[http://www.crrc.unh.edu/human\\_dimensions/reading\\_materials/higgs\\_cons\\_bio\\_1997\\_restoration\\_endpts.pdf](http://www.crrc.unh.edu/human_dimensions/reading_materials/higgs_cons_bio_1997_restoration_endpts.pdf)

Comunicación para la restauración: Perspectivas de los actores e intervenciones con y por medio de las personas. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/467/castillo.html>

Los pasos fundamentales en la restauración ecológica. <http://observatorioirsb.org/web/wp-content/uploads/2015/11/restauracion-ecologica.pdf>

Principles and Guidelines for Ecological Restoration in Canada's Protected Natural Areas. [http://www.pc.gc.ca/docs/pc/guide/resteco/guide\\_e.pdf](http://www.pc.gc.ca/docs/pc/guide/resteco/guide_e.pdf)

Restauración de ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MAVDT-0116/MAVDT-0116.pdf>



*Revista Universitas Scientiarum*. Vol. 12, Edición especial II. Restauración de áreas degradadas por minería a cielo abierto. [http://www.erecolombia.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=19&Itemid=18](http://www.erecolombia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=18)

## Páginas web

Society For Ecological Restoration. [www.ser.org](http://www.ser.org)

Red Colombiana de Restauración Ecológica (REDCRE). [www.redcre.com](http://www.redcre.com)

Grupo de Restauración Ecológica Universidad Nacional de Colombia (GREUNAL). <http://www.greunal.unal.edu.co/>

Escuela de Restauración Ecológica (ERE). <http://www.erecolombia.com/>

Global Restoration Network. <http://www.globalrestorationnetwork.org/>

Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas. <http://www.fundacionfire.org/>

The Wilma H. Schiermeier Olentangy River Wetland Research Park. <http://senr.osu.edu/research/schiermeier-olentangy-river-wetland-research-park>

Latin America and the Caribbean Atlas of Our Changing Environment. [http://www.unep.org/publications/contents/pub\\_details\\_search.asp?ID=4169](http://www.unep.org/publications/contents/pub_details_search.asp?ID=4169)

## Videos

Resiliencia. <http://www.youtube.com/watch?v=tXLMeL5nVQk&feature=related>  
[http://www.youtube.com/watch?feature=player\\_detailpage&v=6A3SJWr4jXE](http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=6A3SJWr4jXE)

Creación de humedales. <http://www.youtube.com/watch?v=KL-34AZPprE>

Restauración ecológica en el Embalse de la Regadera, Colombia. <http://www.youtube.com/watch?v=hU0f6slO0jo>

Serie de videos que muestran como la estrategia central de un proyecto de restauración a nivel de comunidades puede ser el erradicar una especie exótica.  
<http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&v=4bJDXlPoFwM&NR=1>

El Hombre que plantaba árboles. <http://www.youtube.com/watch?v=ZSeC67YOFn8>

Green Gold - Documentary by John D. Liu.  
<http://www.youtube.com/watch?v=YBLZmwIPa8A>

300% Increase in Agricultural Income on 8.6 Million Acres - Loess Plateau in China  
<http://www.youtube.com/watch?v=sK8JNXHcBMA>

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

MARCO CONCEPTUAL

LA ECOLOGÍA DE LA RESTAURACIÓN

FASES DEL PROGRAMAS

LA IMPORTANCIA DEL MONITOREO

DESAFÍOS ACTUALES

REFLEXIONES

CONSIDERACIONES FINALES

AGRADECIMIENTOS

BIBLIOGRAFÍA

DE LOS AUTORES

## RESUMEN

## ABSTRACT

## INTRODUCCIÓN

## MARCO CONCEPTUAL

LA ECOLOGÍA DE LA  
RESTAURACIÓN

## FASES DEL PROGRAMAS

LA IMPORTANCIA  
DEL MONITOREO

## DESAFÍOS ACTUALES

## REFLEXIONES

CONSIDERACIONES  
FINALES

## AGRADECIMIENTOS

## BIBLIOGRAFÍA

## DE LOS AUTORES

**Mauricio Aguilar-Garavito**

Máster en Restauración de Ecosistemas de la Universidad de Alcalá (España). Investigador asistente de la Línea de Restauración del Programa de Biología de la Conservación del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Experto en el diseño e implementación de proyectos de revegetación, rehabilitación de suelos, restauración de poblaciones y de hábitats para la fauna. Su línea de investigación se centra en áreas afectadas por uso agropecuario, especies invasoras, incendios forestales, dispersión de semillas por murciélagos en paisajes rurales y el papel de las relaciones planta-planta y planta-animal en la regeneración de bosques andinos. Es presidente y miembro fundador de la Red Colombiana de Restauración Ecológica (REDCRE), secretario y miembro fundador de la Sociedad Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica, miembro de la Escuela de Restauración Ecológica de la Universidad Javeriana y de la Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas.

**Wilson Ramírez Hernández**

Doctor en Biología con énfasis en Ecología de la Restauración de la Universidad Autónoma de Barcelona (España). Investigador titular y coordinador de la Línea de Restauración del Programa de Biología de la Conservación del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, con especial énfasis en la restauración y conservación del bosque seco tropical y sistemas de alta montaña. Es miembro del Comité Interdisciplinario de Expertos (MEP) de la Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES) para el objetivo de restauración (3bi), miembro de la Red Colombiana de Restauración Ecológica (REDCRE) y miembro del grupo asesor del Plan Nacional de Restauración de Colombia.