



Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres

Mauricio Aguilar-Garavito
Wilson Ramírez
Editores





CAPÍTULO 1

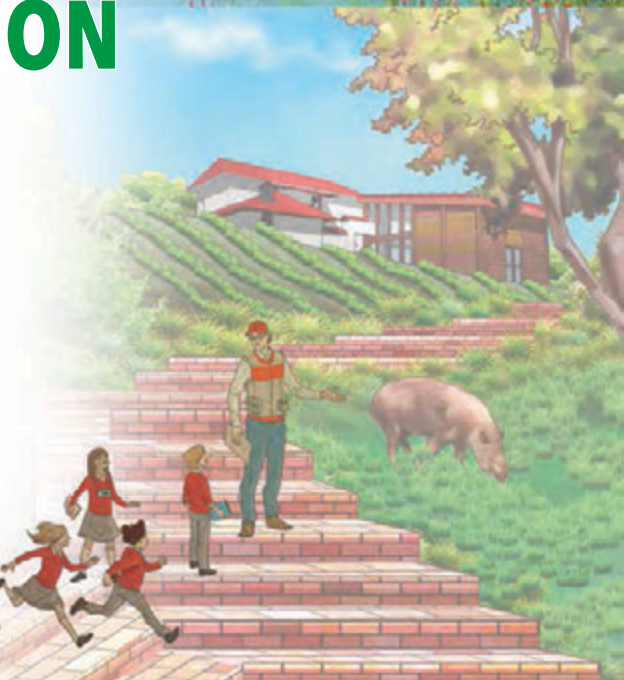
GENERALIDADES

DEL MONITOREO

EN LA

RESTAURACIÓN

ECOLÓGICA





ESTADO DEL MONITOREO DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN COLOMBIA

Carolina Murcia, Manuel R. Guariguata y Elena Montes

La restauración ecológica requiere de un compromiso a largo plazo y que toma décadas para mostrar los resultados esperados (Rey Benayas *et al.* 2009, Moreno-Mateos *et al.* 2012). La restauración ecológica conlleva un alto nivel de incertidumbre producto de la compleja naturaleza socioecológica de los proyectos, del entorno biofísico y de la naturaleza experimental de metodologías aún en desarrollo. Por añadidura, es una actividad costosa que puede ascender a varias decenas de miles de dólares por hectárea (e.g., Erskine 2002), especialmente cuando se requieren obras de ingeniería. Esta combinación de incertidumbre, largo plazo y alto costo le confiere a la restauración ecológica un alto nivel de riesgo, lo cual puede interferir con el apoyo del público y los donantes. Una forma de asegurar este apoyo es demostrando la eficiencia, efectividad e impacto de los proyectos, lo cual se logra con un programa de monitoreo. El monitoreo brinda transparencia y claridad en la rendición de cuentas y así genera confianza sobre el proyecto y su administración entre donantes y otros actores (Crawford y Bryce 2003).

El monitoreo permite: 1) controlar, durante la implementación del proyecto, que la inversión se haya hecho de la forma planificada en monto y tiempo; 2) determinar, en distintos hitos de la ejecución, si se están cumpliendo o se han cumplido los objetivos a corto plazo y las metas a largo plazo; 3) administrar el proyecto de forma adaptativa para hacer ajustes en respuesta a amenazas o resultados inesperados; y 4) extraer lecciones aplicables a otros proyectos. A pesar de los potenciales beneficios de realizar monitoreo, esta no es una práctica frecuente y cuando se realiza adolece de problemas de diseño y rigurosidad en la obtención, manipulación y procesamiento de la información (Legg y Nagy 2006).

Colombia tiene una historia de más de medio siglo en restauración ecológica (Murcia y Guariguata 2014), respaldada por programas y políticas de gobierno que han impulsado esta práctica (e.g., MADS 1998, MADS 2012a, 2012b). El desarrollo de la disciplina es aún más promisorio en el futuro cercano gracias al nuevo Plan Nacional de Restauración (MADS 2015) que propone “Orientar y promover la restauración ecológica, la recuperación y la rehabilitación de áreas disturbadas” y al Manual de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad (MADS 2012a) que reconoce la restauración ecológica como uno de los dos mecanismos de compensación disponibles a las empresas en contraprestación de los impactos negativos a la biodiversidad.

Sin embargo, a pesar de estos programas de gobierno y de la inversión realizada hasta la fecha, la Contraloría General de la República estima que el número de hectáreas restauradas no solo no ha sido suficiente para cumplir la metas de estos planes sino que tampoco es suficiente para compensar la pérdida de bosques por deforestación (Contraloría General de la República 2012). Esta medida de éxito está basada en un único parámetro: número de hectáreas tratadas con relación al área objetivo del proyecto. A pesar de lo anterior, la restauración es más que plantar árboles y por lo tanto es necesario evaluar otros parámetros que midan su efectividad en el país: ¿Se ha cumplido con el objetivo global de la restauración, es decir, se ha ayudado al restablecimiento de ecosistemas degradados o destruidos (SER 2004)? Para contestar esta pregunta hemos analizado el estado de las prácticas de evaluación y monitoreo en la restauración ecológica del país como un sustituto de las evaluaciones de campo, las cuales exigen mucho más tiempo y recursos.

Esta sección del libro está basada en un análisis reciente que caracterizó los proyectos de restauración del país, con el objeto de extraer lecciones aprendidas e identificar los factores que han contribuido o entorpecido al avance de la disciplina en Colombia (Murcia y Guariguata 2014). En esta sección, nos enfocamos exclusivamente en los hábitos de monitoreo de los proyectos, nuestro objetivo es evaluar el avance de la disciplina con respecto a la evaluación y el monitoreo y hacemos una serie de recomendaciones para subsanar las deficiencias encontradas.

Procedimiento metodológico para realizar un análisis de la restauración ecológica en Colombia

En el 2013 se realizó un análisis de país sobre el estado de la restauración ecológica. Inicialmente, se identificaron 169 proyectos de restauración ecológica en ecosistemas terrestres realizados desde mediados del siglo XX, pero solo se obtuvo información suficiente de 119 (Murcia y Guariguata 2014). El análisis se hizo con base en información colectada de forma estandarizada por medio de un formulario de 87 preguntas que cubrían ocho componentes, uno de los cuales se enfocó explícitamente en la evaluación y monitoreo de los proyectos.

En principio, se buscó que la información viniera directamente de las personas responsables de los proyectos. Aproximadamente el 15 % de los contactados respondieron el cuestionario. También se recopilaron datos mediante entrevistas personales o a partir de información almacenada tanto en documentos publicados como inéditos. No fue posible obtener respuestas de todos los proyectos para todas las preguntas, por lo tanto el tamaño de muestra varía de una a otra. La información obtenida se aceptó de buena fe y no se hicieron visitas para corroborar la precisión o veracidad de los datos reportados.

Para el análisis del componente de monitoreo se formularon 15 preguntas que iban dirigidas a establecer cuatro aspectos: a) la planificación para el monitoreo (planes definidos a priori y considerados tanto en la planificación financiera como operativa); b) las bases sobre las cuales se hace el monitoreo (objetivos y metas del proyecto, y estado inicial y ecosistema de referencia); c) los actores responsables de la ejecución de las evaluaciones y el monitoreo y d) la solidez del programa de monitoreo (estrategias de evaluación del desempeño y estrategias de monitoreo).

Índice de Refinamiento del Monitoreo en procesos de restauración ecológica

Para evaluar la solidez del programa de monitoreo de los proyectos, se creó un Índice de Refinamiento del Monitoreo (IRM) así: primero se listaron todas las variables monitoreadas que reportaron colectivamente todos los proyectos. Cada variable se ponderó con un valor de 1, 2 o 3, dependiendo de si evaluaba metas de corto, mediano o largo plazo, respectivamente. Para cada proyecto se le asignó un valor de 1 a cada variable monitoreada y un valor de 0 a las que no se incluyeron en el monitoreo. El IRM de cada proyecto resultó de multiplicar el valor de cada variable (1 o 0) por el valor de ponderación correspondiente a ese tipo de variable. Aquellos proyectos que tuvieran más de un tipo de variable evaluada, o que incluyeran variables de mayor valor de ponderación recibieron mayor puntaje en el índice.

Resultados del análisis sobre el monitoreo en la restauración ecológica en Colombia

Planificación del monitoreo

De un total de 119 proyectos, solo el 56 % reportaron tener un plan de trabajo (Tabla 1) y el 52 % (62 proyectos) fueron explícitos sobre la documentación en la cual se basaron para este plan de trabajo. Menos de la mitad de los proyectos tenía un esquema temporal que definiera los plazos de intervención y monitoreo (Tabla 1). El 63 % de los proyectos indicó tener un plan de monitoreo definido *a-priori*, mientras que el 46 % tenía un plan de evaluación de cumplimiento (Tabla 1).

Menos de la mitad (45 %) de los proyectos tenían un plan financiero (n=53) y, de estos, menos de la mitad incluyó en su respuesta las fases de planeación del proyecto (23 proyectos), diagnóstico y línea base (22 proyectos) o monitoreo (23 proyectos) (Tabla 1).

Bases para el monitoreo: estado inicial, ecosistema de referencia

Aunque no estaba contemplada como una fase explícita de los proyectos, 81 proyectos (68 % del total) hicieron medidas para establecer una línea de base que sirviera de referencia inicial para el monitoreo. Las variables utilizadas describían los

Tabla 1. Número de proyectos que respondieron de manera afirmativa o negativa a preguntas sobre su planificación. NS/NR=No sabe o no respondió.

Pregunta	Sí	No	NS/NR
¿Hay un plan de trabajo?	67	5	47
¿Hay documentación del plan de trabajo?	62		57
¿El plan de trabajo tenía/tiene una planificación temporal que incluya plazos de intervención y monitoreo?	50	17	52
¿Hay un plan <i>a priori</i> de seguimiento?	75	5	39
¿Hay un plan de evaluación de cumplimiento?	55	10	54
¿Hay una planificación financiera?	53		66
¿El monitoreo es una de las fases del plan de trabajo?	23		96

sitios con base en su fisiografía, biología o contexto social. Las variables usadas más frecuentemente correspondían a descriptores de la vegetación, desde las más simples (cobertura y riqueza de especies) hasta medianamente elaboradas (e.g., composición de especies, su contribución proporcional al ecosistema y su distribución en el espacio) (Tabla 2). En menor proporción se evaluaron las condiciones iniciales del paisaje, los suelos, el agua o la fauna (Tabla 2). Solo ocho proyectos cuantificaron la presencia de especies invasoras y únicamente dos proyectos incluyeron medidas funcionales tales como: el estado del banco de semillas y tasa de depredación de semillas, entre otras. La línea base socioeconómica solo se estableció en el 18 % de los proyectos (Tabla 2).

El 41 % de los estudios que tomaron medidas iniciales de línea base (i.e., 33 proyectos) utilizó solo un tipo de variable y en casi todos los casos (30 proyectos) este enfoque exclusivo fue en la vegetación. El resto de los estudios usaron dos tipos de variables (n=19), tres (n=15), o 4-5 (n=10). Solo tres proyectos midieron variables de las seis categorías de la Tabla 2.

Poco más de la mitad de los proyectos (n=65) definieron *a priori* el ecosistema de referencia y 19 reconocen que no se estableció. Los ecosistemas de referencia se definieron con base en nueve criterios diferentes (Tabla 3).

Actores responsables del diseño y ejecución del monitoreo

En 96 proyectos se hizo (o se está haciendo) algún tipo de monitoreo (aunque este no estuviera contemplado en la planificación inicial, Tabla 1). De estos, en el 84 % (n=81) el plan de monitoreo lo ha diseñado la entidad dueña o responsable del proyecto. En el resto de los casos, el diseño lo han diseñado los contratistas (11 proyectos) u otros socios como la comunidad o el sector académico (4 proyectos). En el 75 % de los casos (72 proyectos), quien diseñó el monitoreo también lo realizó. En el resto de los casos la ejecución la realizaron las comunidades involucradas (n=9), las universidades (n=3) o se delegó a los contratistas. En conjunto, un poco más de la mitad del monitoreo (52 %) la realizó alguna entidad del estado (Figura 1), mientras que la academia y las ONG, se encargaron del monitoreo del 33 % de los proyectos, y las comunidades, bien sea de manera independiente o aliadas con las ONG, han monitoreado el 10 % de los proyectos.

Tabla 2. Tipo de variables utilizadas para establecer la línea base de los proyectos y número de proyectos (de un total de 81) que utilizaron cada tipo de variable. Con frecuencia, los proyectos utilizaron más de una variable.

Tipo de variable (y variables más utilizadas)	Número de proyectos
Cartografía y geomorfología (ubicación y distribución de parches, fisiografía, geomorfología)	16
Clima (precipitación y temperatura)	8
Suelos (geología, caracterización física, nutrientes, erosión)	24
Agua (caracterización fisicoquímica y contaminación)	15
Vegetación (composición, estructura y cobertura, presencia de especies invasoras, historia natural de especies de interés)	69
Animales (inventarios de aves, otros vertebrados, insectos, macroinvertebrados acuáticos)	19
Social (caracterización socioeconómica, relación con el sitio a restaurar, mapas de impactos y riesgos, demanda de servicios ambientales)	22
Otros (estudios ecosistémicos funcionales)	3

Tabla 3. Criterios utilizados para establecer el ecosistema de referencia.

Criterios	Número de proyectos
Regional - bien conservado	4
Regional - buen estado	35
Aledaño - bien conservado	4
Aledaño - buen estado	11
Conocimiento local, regional - buen estado	4
Conocimiento local	1
Conocimiento previo del ecosistema y regional - buen estado	1
Conocimiento previo del ecosistema	1
Cronosecuencia	3
Plantaciones monoespecíficas	1
NS/NR	54
Total	119

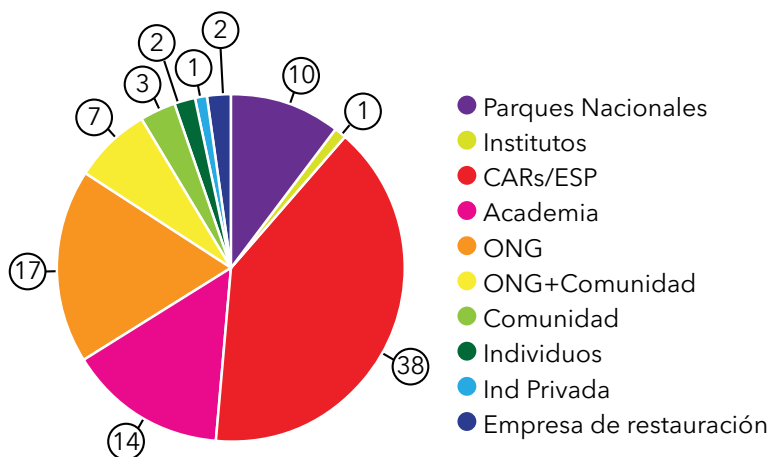


Figura 1. Entidades y personas que han realizado el monitoreo de proyectos de restauración ecológica en Colombia.

Solidez de los programas de evaluación y monitoreo.

Evaluación de la gestión

De los 75 proyectos que reportaron un plan de seguimiento *a priori* solo 55 informaron sobre el contenido de dicho plan. De estos, 44 listaron variables que evalúan la gestión del proyecto, el resto listaron variables de monitoreo de resultados, los cuales se incluyeron en el análisis de monitoreo. Mientras que el 95 % de los 44 proyectos que listaron variables de la gestión evaluaron el cumplimiento de las actividades de siembra (Tabla 4), menos del 16 % de los proyectos evaluó otros aspectos de la gestión, tales como infraestructura, o aspectos sociales como participación y concertación (Tabla 4).

Tabla 4. Tipo de variables utilizadas en 44 proyectos de restauración ecológica para evaluar la ejecución del proyecto.

Indicadores	Número de proyectos
Infraestructura para la restauración (cercos, zanjas, hoyos)	7
Vegetación: cantidad sembrada. Medida como número de plantas sembradas o área cubierta	42
Jornadas de capacitación o número de participantes	4
Participación comunitaria, número de personas trasladadas o número de personas que participaron en actividades	7
Eventos de concertación	4
Investigación/número de personas involucradas	1
Investigación/número de especies estudiadas	1

Monitoreo de resultados

El 95 % de los proyectos (n=96) reportaron tener un programa de monitoreo, este número excede en 20 los proyectos que reportaron haber definido el programa *a priori*. De estos 96 proyectos, el 75 % reportaron que su monitoreo estaba basado en el método científico, un 19 % adicional dicen combinar el método científico con el conocimiento local, y el 3 % restante se basa en un método participativo con conocimiento local.

En 91 proyectos se indicó que existe una relación clara entre las variables que se monitorean y los objetivos del proyecto y 73 de ellos divulgaron las variables utilizadas. En conjunto, se trata de 15 variables, las cuales incluyen tanto evaluación del cumplimiento de los objetivos inmediatos (e.g., la sobrevivencia de las plantas sembradas), como resultados observables a largo plazo (Tabla 5). Existe un sesgo a favor de un monitoreo de variables correspondientes a metas de corto plazo, particularmente la supervivencia y crecimiento de las plantas sembradas. En contraste, el esfuerzo para monitorear variables que indican cumplimiento de metas a mediano o largo plazo fue muy inferior (Tabla 5). En este análisis se observó que el 78 % de los proyectos tuvo un IRM igual o menor de cuatro y el resto obtuvo un valor del índice entre cinco y 14, muy por debajo del valor máximo posible de 28 (Tabla 6).

Consideraciones finales

El monitoreo es un proceso y no una meta por sí misma (Hellawell 1991). El monitoreo permite revelar si ha ocurrido un cambio en un sistema, su dirección e intensidad (Hellawell 1991). El monitoreo permite detectar si un sistema se mantiene estable, al compararlo de manera continua o periódica con su estado inicial (o con un intervalo de variación) y observar que los resultados no cambian (Hellawell 1991). En contraste, cuando se manipula un sistema en una dirección esperada, como es el caso de la restauración ecológica, el monitoreo permite evaluar, por un lado, cuánto ha cambiado el mismo con respecto a su condición inicial y, por otro lado si ha cambiado en la dirección esperada hacia un estado ideal o de referencia y qué tan cerca está de ese estado (Ferraro y Pattanayak 2006). Por lo tanto, en la restauración ecológica, el monitoreo es fundamental para determinar si las acciones realizadas han generado los

Tabla 5. Variables monitoreadas (separadas por el tipo de objetivos que evaluaban) y número y porcentaje de los proyectos que utilizaron cada variable. Los valores entre paréntesis en la primera columna corresponden al valor de ponderación de cada clase para el cálculo del Índice de Refinamiento de la Restauración.

Categoría del monitoreo	Variable monitoreada	Número de proyectos	Porcentaje
Objetivos inmediatos (1)	Control de erosion/mejora del sustrato	22	30
	Calidad/cantidad del agua	9	12
	Supervivencia y crecimiento de la vegetacion	55	75
	Cobertura vegetal	14	19
	Composición de la vegetación	19	26
	Control invasoras	7	10
Resultados funcionales a mediano plazo (2)	Carbono/Nutrientes	5	7
	Sucesión secundaria	18	25
	Reproducción vegetación	6	8
	Hábitat fauna	3	4
	Spp. fauna	25	34
Resultados a largo plazo/paisaje (3)	Cambios paisaje	4	5
Resultados sociales/institucionales (3)	Percepcion de la comunidad	4	5
	Gestión interinstitucional	3	4
Control de los disturbios (3)	Disturbios/presencia asentamientos	4	5

Tabla 6. Distribución de los proyectos de restauración ecológica según su Índice de Refinamiento en el Monitoreo.

Índice de Refinamiento del Monitoreo	Número de proyectos	Porcentaje
1	19	25
2	9	12
3	12	16
4	11	15
5	3	4
6	4	5
7	4	5
8	3	4
9	7	9
14	1	1
Total	73	



cambios esperados y si estos han ocurrido o están ocurriendo en la dirección deseada y a la velocidad proyectada en el plan original. Así, el monitoreo es tan importante en un proyecto de restauración como las actividades de siembra de árboles u otras formas de manipulación del ecosistema. Solamente mediante el monitoreo se podrá determinar si se han cumplido o se están cumpliendo las metas, o si es necesario tomar acciones o ajustar los métodos de manejo del sistema para aumentar las probabilidades de éxito en la restauración.

En este contexto, la práctica de la restauración ecológica en Colombia se considera incompleta. En primer lugar, porque no se incluye el monitoreo desde un principio en la planeación de todos 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 (Ferraro y Pattanayak 2006) o el ecosistema de referencia (en el caso de un proyecto de restauración). El éxito e impacto de un programa de restauración se mide con referencia a estos dos valores (Ruiz-Jaén y Aide 2005, Rey Benayas *et al.* 2009, Moreno-Mateos *et al.* 2012).

Por lo tanto, así se plantee un programa riguroso de medidas de variables en el campo, no será posible determinar cuánto se ha avanzado desde las condiciones iniciales ni cuánto falta para llegar al punto deseado si no existen estos dos puntos de referencia. Tampoco será posible determinar si el ecosistema está yendo en la dirección deseada o se está desviando de su curso ideal. En nuestro análisis, la falta de medidas de las condiciones iniciales y la determinación de un estado o ecosistema de referencia indican que hay fallas en la planificación y diseño de los proyectos.

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. El 66 % de los proyectos analizados tienen como meta la recuperación de procesos ecológicos, en particular la recuperación de la funcionalidad de las cuencas (68 proyectos) (Murcia y Guariguata 2014). Sin embargo, solamente 9 proyectos han monitoreado la calidad o cantidad de agua. Mientras el 55 y 52 % de los proyectos tienen como metas el aumento en el área de un ecosistema y el aumento en la conectividad del paisaje (Murcia y Guariguata 2014), solo 16 proyectos establecieron una línea base que incluyera cartografía, necesaria para determinar el área inicial de un ecosistema y si cambió la conectividad del paisaje. Además, solo cuatro proyectos incluyeron medidas de cambios en el paisaje en sus programas de monitoreo.

Se detectó una aparente confusión entre la evaluación de la gestión y el monitoreo. Además del monitoreo, todos los proyectos deben tener un mecanismo que evalúe si se han realizado las actividades de acuerdo con un plan pre-establecido, y que mida la eficiencia en el uso de los recursos (e.g., Anbari 2003). Por ejemplo, la evaluación de la gestión puede incluir medidas para determinar si se realizaron todas las actividades de extensión o de siembra que estaban previstas y si sobrevivió un determinado porcentaje de las plantas sembradas. Solo 42 proyectos tienen incorporados estos elementos de control interno, los cuales son fundamentales para demostrar transparencia y eficiencia en el uso de recursos, y así satisfacer a los donantes y garantizar la credibilidad de la disciplina (Cheung *et al.* 2004).

Producto de esta aparente confusión entre la evaluación de la gestión y el monitoreo, se observa una tendencia a enfocarse en variables que miden objetivos a corto plazo, con un sesgo hacia variables que describen las condiciones biológicas o

biofísicas de los ecosistemas. Se están dejando por alto las variables que midan metas a largo plazo tanto en el ámbito biológico como en los aspectos sociales, económicos y políticos de los proyectos.

Finalmente, la restauración ecológica es una disciplina que integra una diversidad de aspectos que incluyen los biológicos, sociales, económicos y políticos (Clewell y Aronson 2013). La degradación o transformación de los ecosistemas está motivada por problemas sociales, económicos o políticos, y tiene manifestaciones biológicas. Por lo tanto, es importante trabajar de forma holística en esos cuatro frentes para asegurarse que se corrijan tanto las manifestaciones del problema como sus motores principales; de lo contrario, es posible que el proyecto no sea sostenible a mediano o largo plazo (Clewell y Aronson 2013). El sesgo en el monitoreo y planeación de los proyectos hacia los aspectos biológicos, en detrimento de los otros aspectos sugiere que la comunidad de restauración ecológica aún no ha llegado al punto de interdisciplinariedad necesaria. Es fundamental asegurar que haya una participación de profesionales de varias disciplinas que logren un balance y una visión holística de los proyectos.

Por otra parte, el nivel de participación de las comunidades y otros actores en procesos de planeación y ejecución del monitoreo, sugiere una potencial debilidad de los proyectos de restauración que se puede convertir en una amenaza a mediano y largo plazo (Vallauri *et al.* 2005). El monitoreo participativo es, tal vez, una de las mejores formas de acercar las comunidades a proyectos de esta índole (Evans y Guariguata 2008). Esto contribuye a que los actores locales desarrollen un sentido de pertenencia con el proyecto, observen y cuantifiquen los cambios generados por las acciones de restauración en sus propias condiciones de vida e, idealmente, deriven ingresos adicionales que contribuyan a mejorar sus condiciones económicas.

Habiendo analizado la situación de los proyectos de restauración ecológica en el país, es necesario ponerla en un contexto más amplio. Al igual que en la conservación, aún padecemos de una ausencia de prácticas de monitoreo sólidas. Esto se debe, en gran parte a que no se definen metas y objetivos claros ni se diseñan programas de muestreo apropiados que garanticen la suficiente información y el poder desde el punto de vista estadístico que permitan probar si los sistemas han cambiado y cuánto (Legg y Nagy 2006). Por lo tanto, con frecuencia los resultados son insuficientes o engañosos y es importante cambiar esta tendencia (Legg y Nagy 2006), especialmente por la inversión que se necesita para restaurar y por los costos de oportunidad si no se hace bien.

La evaluación de los resultados de la restauración no es sencilla y los científicos aún debaten cuál es la mejor forma y cuáles variables son las que indican de forma más efectiva si se ha logrado la restauración de un ecosistema (Ruiz-Jaén y Aide 2005, Suding 2011, Wortley *et al.* 2013). Sin embargo, es fundamental que en Colombia se establezcan programas rigurosos de monitoreo y evaluación en todos los proyectos de restauración y, en particular, en los proyectos financiados con fondos públicos o realizados como parte del programa de compensación por pérdida de biodiversidad. Dado que las metas actuales de restauración no son suficientes para contrarrestar la tasa actual de deforestación (Contraloría General de la República 2012), y mucho menos para revertir el nivel actual de degradación y transformación, la comunidad de restauración del país debe fortalecer su práctica para que cada hectárea restaurada cuente.



INTRODUCCIÓN AL MONITOREO EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Wilson Ramírez, Mauricio Aguilar-Garavito,
Zoraida Calle y Marian Cabrera

El objetivo esencial en la restauración ecológica es asistir a un ecosistema que ha sido dañado, degradado o destruido para mejorar su estructura, composición y función (SER 2004). A partir de lo anterior, la gran pregunta que surge es ¿cómo saber si hemos alcanzado ese objetivo? (Ruiz-Jaén y Aide 2005). Para responder esto, la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER), propone nueve atributos (Anexo 1) que deberían ser considerados como guía para conocer si el proceso de restauración ecológica fue exitoso (SER 2004). Aunque no es necesario medir todos esos atributos, sí es necesario asegurar que algunos de estos se midan varias veces a lo largo del tiempo para definir con claridad si se está alcanzando el objetivo del proceso de restauración, esto se realiza mediante un **programa de monitoreo**.

¿Qué es el monitoreo?

El monitoreo es la recolección sistemática y repetida de datos, observaciones y estudios sobre un área o fenómeno determinado con el fin de caracterizar el estado actual, documentar los cambios que ocurren a lo largo del tiempo y analizar la información necesaria para entender la relación de dichos cambios con las presiones o factores que causan alteraciones en un ecosistema (Vos *et al.* 2000). También puede definirse como el proceso de acopiar información sobre un conjunto de variables de un ecosistema con el fin de evaluar el estado del mismo y hacer inferencias sobre los cambios que éste experimenta a lo largo del tiempo.

Recuadro 1

El uso de los términos monitoreo, evaluación y seguimiento

En muchas instancias académicas se discute sobre la pertinencia del uso de la palabra monitoreo frente a la de seguimiento, debido a que la primera es un anglicismo que no está incluido por la Real Academia de la Lengua Española y la segunda se entiende como "el proceso de evaluación por medio de la recolección y análisis de la información obtenida en las mediciones realizadas a lo largo del tiempo" (RAE 2001).

Debemos hacer la aclaración al lector que en este libro asumimos el término monitoreo debido, a que ya se ha recogido oficialmente en varios documentos de país (e.g. Plan Nacional de Restauración, Estrategia Nacional de Monitoreo) y además se ha convertido en un término de uso generalizado en escenarios internacionales.

El monitoreo de un área en proceso de restauración se desarrolla para evaluar en qué medida se están cumpliendo los objetivos y las metas que se plantearon al comienzo del proceso (Yoccoz *et al.* 2001). Para esto se requiere que los proyectos tengan **objetivos** claros y realistas, **metas** concretas y un conjunto de **indicadores** y **cuantificadores** precisos que permitan medir el avance de la restauración en el tiempo y tomar las decisiones de gestión pertinentes para hacer posibles ajustes en las medidas de restauración que se implementaron (Herrick 2006). Estos conceptos se explicarán en la sección de este libro titulada: *"Definición de objetivos, metas, indicadores y cuantificadores para el monitoreo a procesos de restauración ecológica"*, página 33.

El monitoreo provee también información sobre el costo-beneficio de la implementación de los proyectos de restauración y estima la eficiencia de la inversión; 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 de conservar y restaurar, y los beneficios sobre otros sectores de la sociedad (Holmes *et al.* 2004, Holl y Howarth 2000). Sin embargo, en ocasiones la restauración puede ser vista como una oportunidad de generar empleo o de transferencia de capacidades hacia las comunidades locales, y es un mecanismo que provee nuevas alternativas económicas a la sociedad (i.e. incentivos por conservación) (Murcia y Guariguata 2014).

Este libro se centra en el monitoreo de la diversidad biológica y de procesos ecológicos en la restauración ecológica, en los que el sistema objeto de monitoreo se refiere a los ecosistemas o a cualquiera de sus componentes (comunidades y poblaciones) y por lo tanto se orienta a la medición de variables ambientales (físicas, químicas o biológicas) y socioeconómicas, con el fin de determinar su condición actual (estado) y las tendencias de cambio a través del tiempo, así como su relación con los factores que pueden causar su alteración (disturbios y factores de degradación) o que contribuyen a su recuperación.

Adicionalmente, es importante mencionar que muchas veces el monitoreo ha sido visto como un fin en sí mismo y no se utiliza al máximo la información recopilada para la toma de decisiones, lo anterior debido a que las actividades de monitoreo no están enfocadas hacia procesos de evaluación y diseño de futuros planes de manejo. El monitoreo es en sí una herramienta esencial que permite identificar si un sistema se está alejando del objetivo deseado, mide el éxito de las acciones de manejo y detecta los efectos de la restauración ecológica y de nuevos disturbios o alteraciones.

Recuadro 2

Algunos términos básicos

En el monitoreo es importante aclarar diferencias entre términos que se usan comúnmente en programas de monitoreo biológico o ecológico, muchas veces sin hacer distinción entre ellos:

Censo: conteo total de individuos o de poblaciones.

Inventario: levantamiento de la información biológica que describe la diversidad de un lugar (i.e. Qué especies existen y cómo se distribuyen).

Seguimiento: procedimiento que se realiza para verificar el cumplimiento de las actividades planteadas para alcanzar unos resultados establecidos.

Vigilancia: medida sistemática de variables y procesos en el tiempo con el propósito de establecer una serie de datos en el tiempo.

El programa de monitoreo en un proceso de restauración ecológica

Dadas las implicaciones ecológicas y temporales en los proyectos de restauración ecológica, no es posible desarrollar dichos procesos si no se incluye desde su planteamiento y en su presupuesto, un programa de monitoreo (Figura 2).

El punto de partida del monitoreo en los procesos de restauración ecológica es el diagnóstico de la situación inicial del área a restaurar, (línea base). Es necesario invertir un tiempo en caracterizar y documentar el punto de partida del sitio que se va a restaurar. Generalmente, esto incluye un registro fotográfico detallado de la situación antes de la intervención, con imágenes panorámicas que permitan entender el contexto del paisaje y detalles de la vegetación, el suelo y el estado de los drenajes naturales en el sitio. Según el tipo de intervención de restauración, la caracterización de la línea base puede incluir también estudios de la vegetación y la fauna silvestre, análisis de los suelos y la calidad del agua, entre otros.

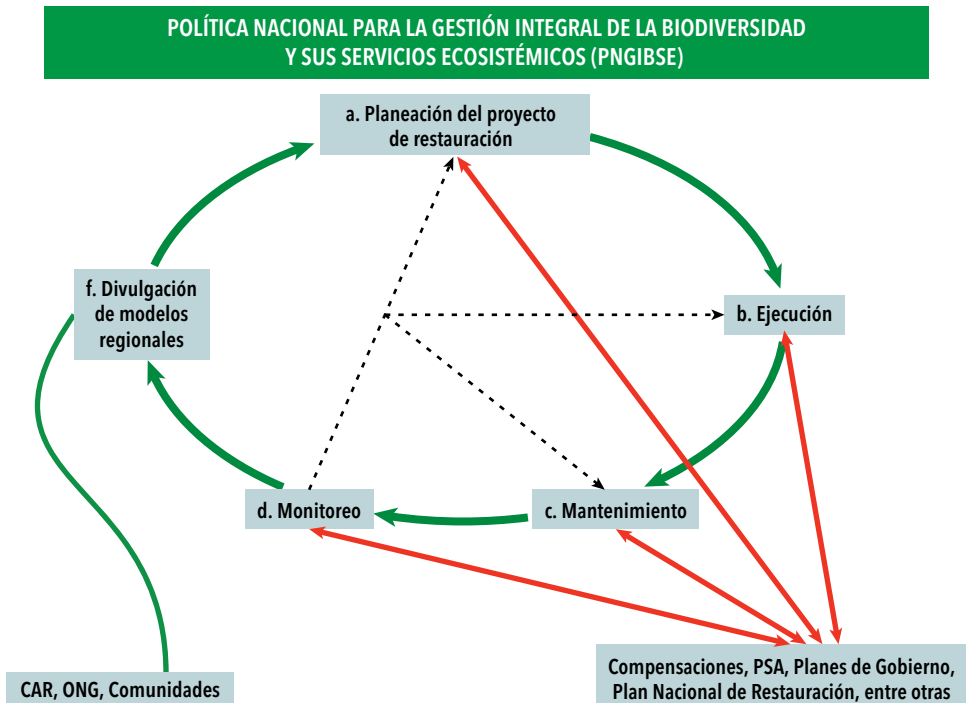


Figura 2. Etapas indispensables en un proyecto de restauración. Las flechas verdes ilustran los cinco pasos y la retroalimentación regional. Las flechas en punteado destacan que el monitoreo obliga la revisión constante de los tres primeros pasos (i.e. restauración adaptativa). Las flechas en rojo son un ejemplo de las posibles fuentes de recursos para llevar a cabo dichos proyectos. En este esquema se contempla la vinculación de políticos, empresas, técnicos, científicos y los actores sociales durante el proceso de restauración. PSA: Pago por Servicios Ambientales, CAR: Corporación Autónoma Regional y PNGIBSE: Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y de los Servicios Ecosistémicos. Adaptado de LERF (2010).

El programa de monitoreo debe acompañar el proceso de restauración desde el inicio y debe plantearse de manera conjunta con el diagnóstico, los objetivos, las metas, el diseño de las estrategias y las técnicas de restauración, el cronograma y el presupuesto del proyecto. Posteriormente, el programa de monitoreo se ejecuta a largo plazo, desde la implementación de las acciones de restauración siguiendo las metas de restauración planteadas (Holl 2002), considerando siempre diversas trayectorias de restablecimiento y varios escenarios adaptativos ecológicos y sociales.

En un programa de monitoreo es necesario considerar distintos aspectos del sistema biótico, abiótico y socioeconómico. Es común encontrar en muchos proyectos de restauración ecológica que el monitoreo se mida como el cambio de una cobertura por otra, como la densidad o porcentaje de cobertura vegetal en un periodo de tiempo determinado, o como la tasa de supervivencia del material vegetal plantado. Esta situación ha llevado a que se entienda la restauración como una simple plantación vegetal donde algunas poblaciones tienden a restablecerse parcialmente, pero no en procesos ecológicos que generen los bienes y servicios ecosistémicos que la sociedad actual demanda (Herrick *et al.* 2006). En Colombia, se ha identificado que en la mayoría de proyectos de restauración el principal indicador del éxito de un proyecto es la supervivencia y el establecimiento de la plantación en periodos cortos de tiempo (Murcia y Guariguata 2014). Por supuesto esto responde a los requerimientos de cumplimiento de metas para la interventoría de un proyecto y no a un proceso ecológico que requiere de un monitoreo planificado.

Se ha demostrado que evaluar la composición de la vegetación en cortos plazos es insuficiente para medir el éxito de un proceso de restauración (LERF 2013). Por lo tanto, se requiere considerar otras variables y lapsos de tiempo que permitan medir con precisión la evolución y el éxito del proyecto planteado. Evaluar únicamente variables asociadas al "éxito de siembra", sigue más un enfoque de éxito en una plantación forestal, olvidando el enfoque sistémico (SER 2004, Herrick *et al.* 2006).

Finalmente 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 pueden 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 una 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 al.* 2006, van Diggelen 2001, SER 2004).

Las metas, indicadores y cuantificadores en el monitoreo

La forma en la que el monitoreo puede dar respuestas sobre el posible éxito o fracaso de un proceso de restauración ecológica es mediante el planteamiento claro de objetivos y metas con plazos definidos. Estas metas deben estar expresadas en indicadores y cuantificadores que sean a la vez informativos y fáciles de medir o estimar "*Definición de objetivos, metas, indicadores y cuantificadores para el monitoreo a procesos de restauración ecológica*", página 33.

A manera de ejemplo, dos metas para la restauración de un terreno afectado por deforestación pueden ser:

- **Meta 1.** Aumentar la cobertura vegetal del suelo a 80 % en el primer semestre y 95 % en el primer año. Indicador: cambio en la cobertura del suelo. Cuantificador: porcentaje de la superficie del suelo cubierta por plantas vivas o residuos vegetales.
- **Meta 2.** Aumentar el porcentaje de cobertura de árboles nativos a 50 % en los primeros dos años y a 90 % en cinco años. Indicador: cambio en la cobertura de dosel de árboles nativos. Cuantificador: porcentaje de la superficie cubierta por copas de árboles nativos.

De esta forma, el monitoreo permite conocer en qué medida el área restaurada se aleja de la línea base de la implementación para acercarse a las metas de restauración de un ecosistema de referencia. La Tabla 7 resume, a manera de ejemplo, algunos indicadores biofísicos que se aplican en el monitoreo de la restauración de bosques en la cuenca del río Cali, como parte de una iniciativa interinstitucional que usa el pago por servicios ambientales para fomentar la reducción de la erosión en la zona captadora del acueducto (CIPAV, sin publicar).

Finalmente, para hacer efectiva la evaluación de la restauración se debe comunicar la información de manera eficiente a diversos tipos de público: administradores del territorio, comunidad científica, propietarios, y el público en general (Doren *et al.* 2009). De esta manera, los indicadores pueden contribuir a dar respuesta a las políticas orientadas a conocer los efectos de la gestión y el manejo de la biodiversidad, a la recuperación de los servicios ecosistémicos y a generar información que es evaluada, sintetizada y divulgada para la toma de decisiones a nivel científico, social e institucional (Turnhout *et al.* 2007).

Recuadro 3

El ecosistema de referencia y el monitoreo

Un ecosistema de referencia 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 socio-económicas similares (Ruiz-Jaén-Aide 2005 a, Thorpe y Stanley 2011) y que pueden servir como un modelo para la planeación de la restauración ecológica. Dichos ecosistemas pueden ser ecosistemas históricamente conservados, remanentes del ecosistema histórico (Choi 2004) o descripciones ecológicas de ecosistemas previamente existentes o presumiendo a partir de las condiciones edáficas o climáticas de la región (SER 2004, Clewell y Aronson, 2007).

Es recomendable seleccionar de dichos sistemas de referencia un conjunto de criterios e indicadores

que permitan realizar comparaciones y que además representen para el proceso de restauración, el más alto nivel de funcionamiento, estructura y composición para un plazo determinado. Los criterios seleccionados se convierten en los múltiples estados ideales de restablecimiento de un ecosistema (Choi 2004, Ruiz-Jaén y Aide 2005 a,b,c, Herrick *et al.* 2006).

La función principal del ecosistema de referencia es servir como guía para planear el proceso de restauración, hacer explícitas las metas de restauración en un periodo de tiempo determinado, proveer las múltiples opciones sobre las cuales se pueden diseñar los sitios a restaurar y establecer un marco de comparación para realizar el monitoreo después de haber implementado las técnicas y estrategias de restauración (Choi 2004, Herrick *et al.* 2006, Thorpe y Stanley 2011).

Tabla 7. Ejemplo de algunos indicadores biofísicos para el monitoreo de la restauración de bosques en la cuenca del río Cali (fuente: CIPAV).

Metas	Indicadores biofísicos		
	Protección del suelo y fertilidad	Estructura de la vegetación	Autenticidad biológica
Corto plazo	Aumento en la cobertura del suelo con plantas vivas o residuos vegetales.	Sobrevivencia de las plantas sembradas.	Aumento en la cobertura, biomasa o abundancia de plantas nativas o reducción de la cobertura, abundancia o biomasa de plantas exóticas.
Mediano plazo	Aumento en la materia orgánica, carbono orgánico, actividad biológica, estabilidad de agregados o retención de humedad en el suelo.	Sobrevivencia de plantas sembradas. Cambios en la distribución diamétrica y de alturas de la vegetación, área basal, cobertura de dosel, densidad de estratos foliares, densidad de tallos y volumen total de vegetación.	Cambio en el número de especies nativas que se establecen a partir de la regeneración natural. Reclutamiento de plantas con grandes semillas.
Largo plazo	Cambios en los parámetros físicos y químicos del suelo.	Cambios en la distribución diamétrica y de alturas de la vegetación, área basal, densidad de estratos foliares, densidad de tallos y volumen total de vegetación.	Reemplazo de especies pioneras y secundarias por especies tolerantes a la sombra. Aumento en el número de especies de plantas epífitas y lianas.



Corredor al borde de quebrada aislado de ganadería y en proceso de plantación. Proyecto de restauración, municipio del Encano, Nariño. Al fondo laguna de la Cocha. Fotografía: Wilson Ramírez.



DEFINICIÓN DE OBJETIVOS, METAS, INDICADORES Y CUANTIFICADORES PARA EL MONITOREO A PROCESOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Wilson Ramírez, Mauricio Aguilar-Garavito y Marian Cabrera

Como se mencionó anteriormente, el monitoreo es la mejor forma de saber si un proyecto de restauración ha sido exitoso y si se han cumplido los objetivos planteados. Sin embargo, en restauración ecológica aún existe bastante dispersión sobre lo que se entiende por éxito de un proyecto. En un principio el éxito hacía referencia al nivel de similitud que puede alcanzar un sistema restaurado con respecto al ecosistema histórico "predisturbio" (Higgs 1997, Torpe y Stanley 2011, Hobbs 2003, 2007), otros han considerado el éxito teniendo en cuenta algunos criterios de rendimiento técnico en el establecimiento de las prácticas de restauración (Higgs 1997). En otros casos, se ha considerado el éxito como la replicación de la estructura, composición y función ecológica de ciertas características ecosistémicas con interés socioeconómico (Choi 2004, Ruíz-Jaén y Aide 2005 a, Wortley *et al.* 2013) y, en otros casos, la evaluación del éxito se ha enfocado en estudiar la colonización y crecimiento de la vegetación (Ruíz-Jaén y Aide 2005 a,b, Herrick *et al.* 2006, Thorpe y Stanley 2011, Wortley *et al.* 2013).

De cualquier forma, el éxito en la restauración plantea el desafío de evaluar en el tiempo lo que está ocurriendo en todos los grandes componentes del sistema objeto de restauración, (i.e. paisaje, ecosistemas, comunidades, poblaciones, especies y genes) (Noss 1990), y estos se deben relacionar con ciertos atributos de la biodiversidad (composición, estructura y función) de ese nuevo ecosistema, comparándolo con los criterios planteados de los objetivos y metas de restauración (Noss 1990), los cuales se debieron establecer con base en los atributos de los ecosistemas de referencia y con el mismo sistema antes de haber iniciado el proceso de restauración (Noss 1990, Choi 2004, SER 2004, Ruíz-Jaén y Aide 2005 a, b, c).

Pero, ¿qué se debe considerar como una restauración exitosa? De acuerdo con Choi (2004), SER (2004), Hobbs (2003, 2007), Thorpe y Stanley (2011) algunos aspectos



que se deben tener en cuenta para considerar que un proceso de restauración está siendo exitoso son:

- El ecosistema tiene un funcionamiento adecuado para el presente y para el futuro
- El sistema en proceso de restauración es auto sostenible y resistente a invasiones o a especies indeseables.
- Posee una productividad primaria similar a la original o en una trayectoria parecida.
- Presenta retención de nutrientes.
- Incorpora interacciones bióticas.
- Presenta cierta composición y abundancia de especies, así como la estratificación vertical de la vegetación y del suelo.
- Evidencia una estratificación horizontal heterogénea.
- Desarrolla varios procesos funcionales como el flujo y transferencia de energía, el reciclado de nutrientes y la dinámica sucesión-resiliencia.

Adicionalmente, la SER propone nueve criterios que caracterizan los ecosistemas restaurados (SER 2004). En el Anexo 2 presentamos al lector algunos indicadores relacionados con los niveles de organización y sugerencias generales para la toma de datos en campo.

¿Cómo medir el éxito en un proceso de restauración ecológica?

En un proceso de restauración ecológica el éxito es un concepto retrospectivo, incluye la valoración de resultados obtenidos con relación a los resultados esperados que se propusieron previamente en los objetivos y metas, los cuales, como ya hemos mencionado, debieron ser establecidos en el diseño del proceso y teniendo como punto de partida la caracterización diagnóstica del área disturbada y de los **criterios** ecosistémicos de los sistemas de referencia.

En ese sentido, para identificar el éxito en un proceso de restauración el programa de monitoreo debe involucrar la evaluación de metas y de los objetivos de restauración de forma que se puedan comprobar en varios lapsos de tiempo y que ofrezcan umbrales de respuesta respecto a unos criterios basados en indicadores y cuantificadores de éxito (Choi 2004).

Definición de los objetivos

En un programa de monitoreo el objetivo es de gran escala, abarca varias metas y a su vez varios criterios, también es un componente fundamental del proceso de restauración ecológica pues da la estructura primaria para la evaluación de un proyecto. El **objetivo** de restauración es el estado o la condición final al que se quiere llevar el ecosistema dañado, degradado o destruido mediante la implementación de diversas técnicas de manejo. Estos objetivos pueden contemplar la *restauración ecológica* estrictamente dicha o bien la *rehabilitación*, la *recuperación* del ecosistema o la *restauración del capital natural* (SER 2004, Hobbs 2003, 2007, Aronson et al. 2006). El

objetivo debe ser planteado con claridad y desde el inicio del proceso de restauración, pues suele suceder que en el proceso de restauración confluyan muchos intereses los cuales pueden tener diversas expectativas y distintas percepciones del éxito dependiendo el actor social (e. g. comunidades, empresas, industrias, contratistas, científicos, agricultores, ambientalistas, instituciones gubernamentales, entre otros).

Generalmente, estos objetivos 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; y 3) la educación ambiental y la mejora en la calidad de vida de las poblaciones humanas.

Algunos ejemplos de objetivos pueden ser:

- Recuperar la cobertura vegetal nativa del bosque alto andino en un área afectada por una plantación forestal.
- Recuperar la estructura y composición del bosque subandino.
- Rehabilitar el uso agropecuario en un campo de cultivo afectado por erosión y especies invasoras.
- Rehabilitar las cárcavas de los taludes de una carretera con obras de bioingeniería.
- Restaurar el capital natural en robledales afectados por entresaca y por la sobreexplotación de los productos forestales del bosque.

Recuadro 4

Aspectos que deben cumplir los objetivos que se plantean en un proceso de restauración ecológica de acuerdo con:

- Deben ser claros y realistas.
- Deben ser aceptables en un marco social, político, ecológico y económico.
- Deben establecer las características del sistema deseado en el escenario futuro.
- Los objetivos no deberían modificarse durante el proceso de restauración. Sin embargo en algunas ocasiones el

monitoreo de los resultados de una investigación inicial en un sitio puede indicarnos que nuestro objetivo de restauración debe modificarse, al igual que lo establecido inicialmente en el proceso de restauración.

- Define qué es lo que se quiere y se puede recuperar con el proceso de restauración.
- Debe estar direccionado por los usos pragmáticos del paisaje: provisión de alimento, materias primas o de conservación.

(Noss 1990, Aronson y Floch 1996, Ruiz-Jaén y Aide 2005a, b 2006, Herrick *et al.* 2006, Hobbs 2003, 2007, Clifford y Taylor 2008, Aronson *et al.* 2010, Barrera-Cataño *et al.* 2010, Thorpe y Stanley 2011 y Wortley *et al.* 2013)

Metas y criterios

Las **metas** de restauración son pasos concretos que se toman para lograr los propósitos finales del proceso de restauración y en sus plazos llevan al cumplimiento de los objetivos. Se caracterizan por que tienen relacionado un lapso de tiempo sobre el cual deben ser alcanzadas, generalmente suelen asociarse temporalidades de corto, mediano y largo plazo y con determinadas características claramente verificables. Tales plazos, características y rangos deben ser determinados a partir de: 1) Los principios, criterios y teorías socioecológicas que definen y estructuran a la restauración ecológica y a la ecología de la restauración; y 2) de los criterios y aspectos ambientales y socioecológicos identificados en la fase de diagnóstico del proceso de restauración.

Los **criterios** a su vez representan aspectos generales del ecosistema, los cuales son ajustados mediante la selección de algunos indicadores clave para la evaluación de la restauración (Turnhout *et al.* 2007, Heink y Kowarik 2009). Se recomienda que los criterios incluyan características del ecosistema de referencia a nivel de biodiversidad, estructura, composición, función, procesos ecológicos (Ruiz-Jaén y Aide 2005) y aspectos estructurales y composicionales del suelo (Anexo 2).

Recuadro 5

Recomendaciones para plantear las metas de restauración de acuerdo con los objetivos que se plantean en un proceso de restauración ecológica de acuerdo con:

- Deben ser verificables, cuantificables y claras.
- Deben estar claramente acotadas en términos espaciales y temporales.
- Deben poder ser ajustados durante el proyecto según la trayectoria del ecosistema restaurado y los

resultados del monitoreo.

- Deberán ser muy específicas y vincular indicadores de éxito de la restauración.
- Deben ser realistas y aceptables en un marco ecológico, económico, socioeconómico y político.
- Pueden incluir porcentajes de especies, métricas de diversidad o abundancia de especies focales o de interés, procesos ecológicos, socioeconómicos, entre otros.

(Noss 1990, Choi 2004, Ruiz-Jaén y Aide 2005a, b, 2006, Herrick *et al.* 2006, Hobbs 2003, 2007, Clifford y Taylor 2008, Thorpe y Stanley 2011)

Indicadores y cuantificadores

Las metas de restauración se deben evaluar a partir de una serie de **indicadores**, los cuales representan de una forma cuantificable la estructura, la composición, la función y los aspectos socioeconómicos (criterios), que ocurren e inciden en las áreas en proceso de restauración (Choi 2004, Ruiz-Jaén y Aide 2005a, b 2006, Herrick *et al.* 2006, Hobbs 2003, 2007, Thorpe y Stanley 2011).

Una variable o un componente es seleccionado como **indicador**, cuando su presencia, su ausencia o su fluctuación manifiestan los cambios que están ocurriendo en el ecosistema (Dale y Beyeler 2001). De esta manera, si la evaluación muestra que dichos cambios se alejan de los resultados esperados se toman decisiones para realizar acciones correctivas en el proceso de restauración, que permitan acercarse a los

Recuadro 6

Listado de las características deseables (Noss 1990, Dale y Bayer 2001) de un indicador para evaluar un proceso de restauración:

- Deben ser acordes con los objetivos y metas de restauración.
- Deben ser lo suficientemente sensibles como para proveer una alerta temprana de cambio.
- Deben estar repartidos en una amplia área geográfica o ser ampliamente aplicables a la heterogeneidad espacio-temporal.
- Deben ser capaces de proveer una evaluación continua del proceso de restauración y sobre un rango amplio de condiciones biofísicas.

- Deben ser relativamente independientes del tamaño de la muestra.
- No deben ser de carácter deductivo.
- No deben ser redundantes con otras variables utilizadas.
- Deben ser fáciles de tomar y relativamente rentables (una buena relación costo-beneficio) en los momentos de medir, coleccionar, probar y calcular.
- Deben ser capaces de diferenciar entre ciclos naturales o tendencias y los inducidos por el hombre.
- Deben ser biofísica y socialmente relevantes.
- Deben corresponder o ser pertinentes a los fenómenos de respuesta del proceso de restauración y deben tener importancia ecológica para el mismo.

escenarios deseados en el tiempo y el espacio. Cada “valor” del indicador se obtiene mediante mediciones, observaciones o registros que se denominan **cuantificadores** (LERF 2013) (Tabla 8). Estos brindan información con unidades específicas, lo que contribuye a determinar la manera en que los datos serán analizados e interpretados con relación al alcance de los objetivos en el proceso de restauración.

Es importante considerar que la selección de los **cuantificadores**, depende en primer lugar, del tipo de ecosistema, disturbio, objetivos y metas del proyecto de restauración, de los criterios e indicadores.

Durante la selección de los indicadores y cuantificadores, es importante identificar el comportamiento de los mismos en el ecosistema de referencia, lo cual permite definir el éxito o no del proceso, para esto se aconseja comparar con múltiples sitios que puedan servir como referencia (ver Recuadro 7). Se debe recordar que la restauración ecológica no tiene por objetivo llegar a estados prístinos del sistema, sino a un estado que suministre las demandas necesarias para la sostenibilidad socioambiental (Clewell y Rieger 1997; Holmes *et al.* 2004). Usar ecosistemas de referencia es de gran utilidad para trazar objetivos claros que establezcan la recuperación, rehabilitación o recuperación de uno o varios componentes del ecosistema en general, ya que se conoce el rango de variación de un factor o un componente del sistema en condiciones de menores niveles de transformación (Figura 3) (Holmes *et al.* 2004).

Recuadro 7

Aspectos que pueden tenerse en cuenta al momento de la selección y uso de cuantificadores (Doren *et al.* 2009, Heink y Kowarik 2010):

- La pregunta: que se va evaluar, por qué y para qué.
- El objetivo de restauración y las metas del proceso.
- La particularidad: se deben seleccionar cuantificadores

siempre considerando cada tipo de ecosistema, proceso de restauración y tipo de disturbio.

- Los parámetros de comparación: comparar los cuantificadores con el sistema pre y post restauración y con el ecosistema de referencia.
- El Análisis: examinar las tendencias resultantes y recomendar acciones de manejo.

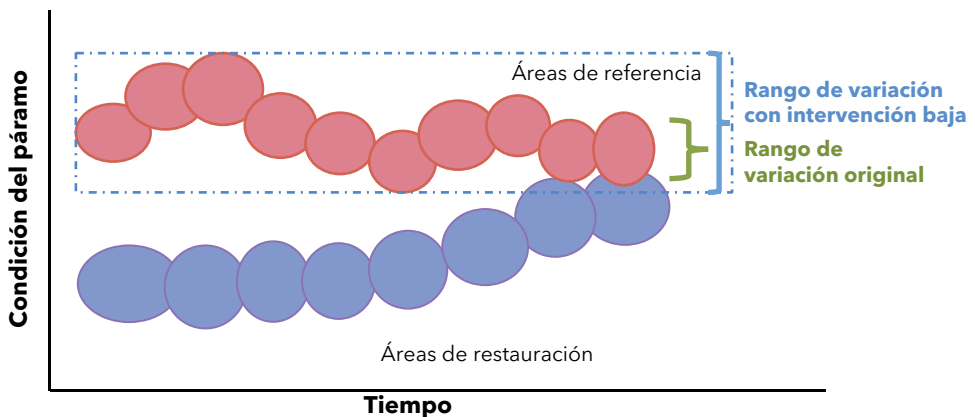


Figura 3. Nivel de variación de un indicador en las áreas de referencia (círculos en rojo) y las áreas restauradas (círculos en morado). Obsérvese que la trayectoria del indicador es similar e indica un estado aceptable por que se acerca a las condiciones de referencia. Tomado de: Hiers *et al.* 2012.



Tabla 8. Algunos ejemplos de la relación entre el objetivo de la restauración, los criterios, los indicadores y cuantificadores en el monitoreo. Dichos indicadores pueden ser comparados, a través de los cuantificadores (Adaptado de Cabrera y Ramírez 2014).

Aspecto a evaluar (Objetivo)	Criterio	Indicador	Cuantificador	Unidad
Recuperación del ecosistema de páramo en un área determinada	Estructura de la vegetación	Cobertura vegetal	Porcentaje de suelo desnudo en el área de incidencia	% por m ²
			Área total de cobertura de páramo	Hectáreas
			Índice de conectividad entre coberturas de páramo	Sin unidad
	Diversidad	Diversidad de mamíferos	Riqueza de especies de mamíferos	Sin unidad
			Diversidad de microorganismos	Índice de Shannon para la diversidad de microorganismos
	Procesos ecológicos	Parámetros hidrológicos del páramo	Porcentaje de retención de agua en el suelo	% m ³ de agua/m ³ suelo
			Nivel de escorrentía	m ³
	Suelo	Características físicas	Densidad aparente	Gramos
			Profundidad efectiva	Metros
		Biota del suelo	Biomasa de microorganismos	Gramos/volumen
Índice de diversidad de Simpson para macroinvertebrados del suelo			Sin unidad	

El restablecimiento de los ecosistemas involucra cambios en todos sus componentes y dimensiones. Sin embargo se han utilizado indicadores a nivel de estructura y composición de poblaciones y comunidades vegetales, olvidando los elementos funcionales y otros niveles de organización como el ecosistema y el paisaje. Considerar indicadores a diferentes escalas y niveles de organización mejora el entendimiento de la recuperación del ecosistema de acuerdo a sus distintos elementos y su efecto en la provisión y el mantenimiento de sus servicios ecosistémicos (Figura 4).

La toma de información de los cuantificadores en la restauración ecológica

El análisis de los indicadores, mediante su cuantificador, contribuye a establecer la relación existente entre el indicador y el cuantificador del ecosistema a analizar. Sin embargo, es necesario realizar un protocolo que especifique el proceso para la toma de información de cada indicador de la forma más detallada y sencilla posible. En el capítulo 2 **Establecimiento de plataformas de monitoreo** el lector podrá encontrar algunos métodos, indicadores y cuantificadores que recomendamos para realizar el monitoreo a procesos de restauración ecológica desde diferentes grupos y escalas. Adicionalmente, recomendamos tener en cuenta los siguientes cuestionamientos:

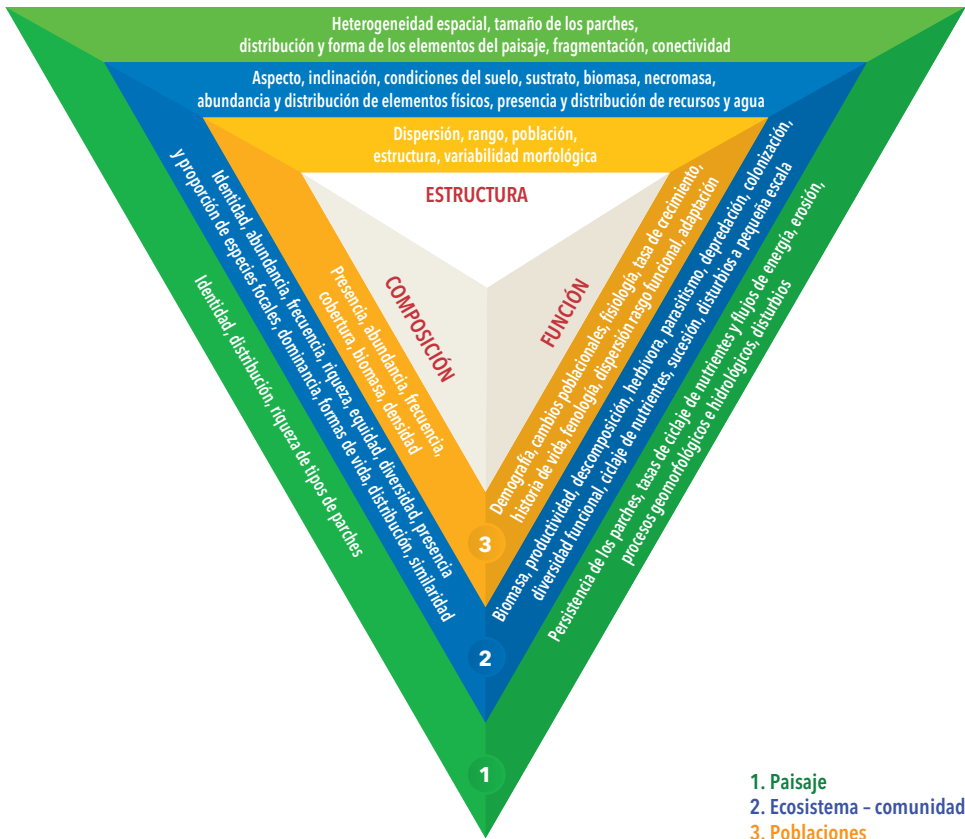


Figura 4. Ejemplos de indicadores del ecosistema en distintos niveles de organización (en color la escala: paisaje, ecosistema, comunidad, población) y atributos del ecosistema (los ejes son la estructura, función, composición). Tomado de: Dale y Beyeler 2001, Cabrera y Ramírez 2014.

- ¿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 la época seca?

- ¿Quiénes serán los responsables de realizar las mediciones u observaciones?
- ¿Qué registro es necesario para la toma de información formatos?
- ¿Cómo se analizará la información, quién será el responsable, y cuándo se realizará el primer análisis? (e.g. primer año, tercer año).
- ¿Dónde será almacenada la información?
- ¿Qué medios de divulgación se utilizarán?

Recuadro 8

Indicadores socioeconómicos en la restauración ecológica

La restauración ecosistémica constituye una red de beneficios hacia los sectores sociales, productivos y económicos, igualmente distribuidos entre las comunidades locales (Clewell y Rieger 1997). Los efectos de la restauración pueden reflejarse en distintos componentes que brindan beneficios en áreas aledañas, la restauración incrementa las interacciones planta-animal que benefician los procesos de polinización; también aumenta la oferta de agua y así mismo recupera la cobertura vegetal que evita la erosión del suelo; estos beneficios se consideran dentro de la red servicios ecosistémicos. Además, la restauración provee beneficios directos en la economía de las comunidades locales, mediante la oferta de trabajo durante el proceso y la instalación de capacidades locales en los temas de restauración (Brancalion *et al.* 2012). A lo largo del tiempo, la inclusión de indicadores sociales y económicos en la restauración proporciona información relevante para

evaluar la inversión del costo beneficio del proceso (Clewell y Rieger 1997).

Para la selección de los indicadores socioeconómicos en la restauración es necesario un análisis minucioso de la red de beneficios que genera las acciones de restauración en el ecosistema y el efecto a nivel local y regional de la recuperación de los servicios ecosistémicos (Tabla 9). La restauración genera espacios de concertación entre la comunidad y las instituciones ambientales pues es imprescindible decidir las áreas donde se llevará a cabo la restauración (Llambí y Cuesta 2013), esto se realiza a nivel de predios y tiene una repercusión a nivel regional; la participación comunitaria da lugar a la apropiación del proyecto de restauración, reconociendo la importancia de la gestión del territorio para mantener la calidad ambiental y social de los ecosistemas, estos procesos promueven el trabajo colectivo que promueva propuestas que armonizan objetivos económicos, sociales y ambientales (Smith *et al.* 2013).

Tabla 9. Algunos ejemplos de indicadores socioeconómicos en restauración.

criterio	Indicador	Cuantificador
Servicio de regulación y provisión de agua	Disponibilidad de agua	Número de beneficiarios que reciben agua potable
		Caudal disponible a lo largo del año
Servicios de regulación	Deslizamientos	Número de deslizamientos en épocas lluviosas
	Calidad del suelo	Gastos en insumos agrícolas
Calidad de vida	Oferta laboral	Número de personas de la comunidad local contratadas
	Fortalecimiento de capacidades	Número de personas capacitadas
		Número de asociaciones o juntas ambientales
Ordenamiento territorial	Número de fincas zonificadas	

Consideraciones finales

- Es recomendable seleccionar metas alcanzables y realizar la comparación de los indicadores con los mismos lugares antes del proceso de restauración y con los ecosistemas de referencia.
- El estudio del monitoreo debe incluir múltiples criterios e indicadores que reflejen la importancia de los atributos ecosistémicos para determinar el éxito de un proyecto o de una directriz para los futuros esfuerzos de manejo.
- La evaluación de los proyectos de restauración deben considerar criterios como la estructura de la vegetación, la diversidad de especies y procesos ecosistémicos, lo anterior ayuda a predecir el proceso de recuperación.

En síntesis, la implementación de un programa de monitoreo y la selección de indicadores ambientales, ecológicos, sociales y económicos es indispensable para evidenciar los beneficios y el alto impacto de la restauración para gestores, planificadores y tomadores de decisiones, quienes tendrán las bases necesarias para acoger la restauración como una solución viable para la problemática ambiental actual (Doren *et al.* 2009). Se debe tener en cuenta que no siempre quien hace el monitoreo posterior ha sido el que ha iniciado el proyecto de restauración, por eso es necesario dejar muy claros los protocolos anteriormente citados.



Cascada el Fraile. Cuenca alta del río Otún, Santa Rosa de Cabal, Risaralda.
Fotografía: Mauricio Aguilar.



ESTRUCTURA Y CONTENIDOS BÁSICOS PARA EL PROGRAMA DE MONITOREO

Mauricio Aguilar-Garavito y Wilson Ramírez

La restauración ecológica y el monitoreo

Un verdadero proceso de restauración ecológica debe promover la transformación del ecosistema degradado hacia un sistema con algunos atributos o criterios similares a la de los ecosistemas de referencia, debe ser resiliente y tener una trayectoria equilibrada y dirigida hacia un estado socioeconómico y ecológico posible. Para lo anterior se requiere que el proceso de restauración se desarrolle cumpliendo como mínimo las siguientes fases fundamentales:

1. **Caracterización diagnóstica**, en la que se define el estado de degradación del ecosistema, los factores limitantes y tensionantes del sistema, los diferentes estados potenciales, la espacialización de las áreas degradadas, así como la definición de unidades de actuación o de manejo¹, las metas, estrategias y técnicas de restauración.
2. **Diseño e implementación de las prácticas de restauración**, que permite aplicar las técnicas y estrategias que, de acuerdo con el diagnóstico, pueden solucionar o mitigar los efectos de los disturbios y de los factores tensionantes y limitantes, así como aprovechar las potencialidades socioecológicas que permitan llevar al sistema al estado deseado.
3. **Diseño e implementación del programa de monitoreo** (programa de evaluación y seguimiento) donde se mide el éxito de la restauración de acuerdo con los objetivos y metas planteadas.
4. **Vinculación de los actores sociales y divulgación**, esta fase se replica y acompaña a las otras tres. Aquí se contempla la vinculación de los actores sociales de acuerdo con sus intereses, posibilidades y responsabilidades frente al proyecto de restauración. También se realiza la socialización de todo el proceso utilizando diferentes medios y estrategias como talleres, reuniones, ponencias en eventos científicos, publicación de artículos, libros, cartillas, etc. (SER 2004, Barrera-Cataño *et al.* 2010, Clewell y Aronson 2013) (Figura 5).

1 En este documento unidades de actuación hace referencia al conjunto de terrenos, lotes o áreas claramente diferenciables de otras unidades de paisaje y que se pueden organizar en una misma categoría por presentar las mismas condiciones biofísicas, históricas y problemáticas (disturbios, factores limitantes y tensionantes, etc.), y en donde se establece el mismo tipo de acciones o técnicas de restauración.

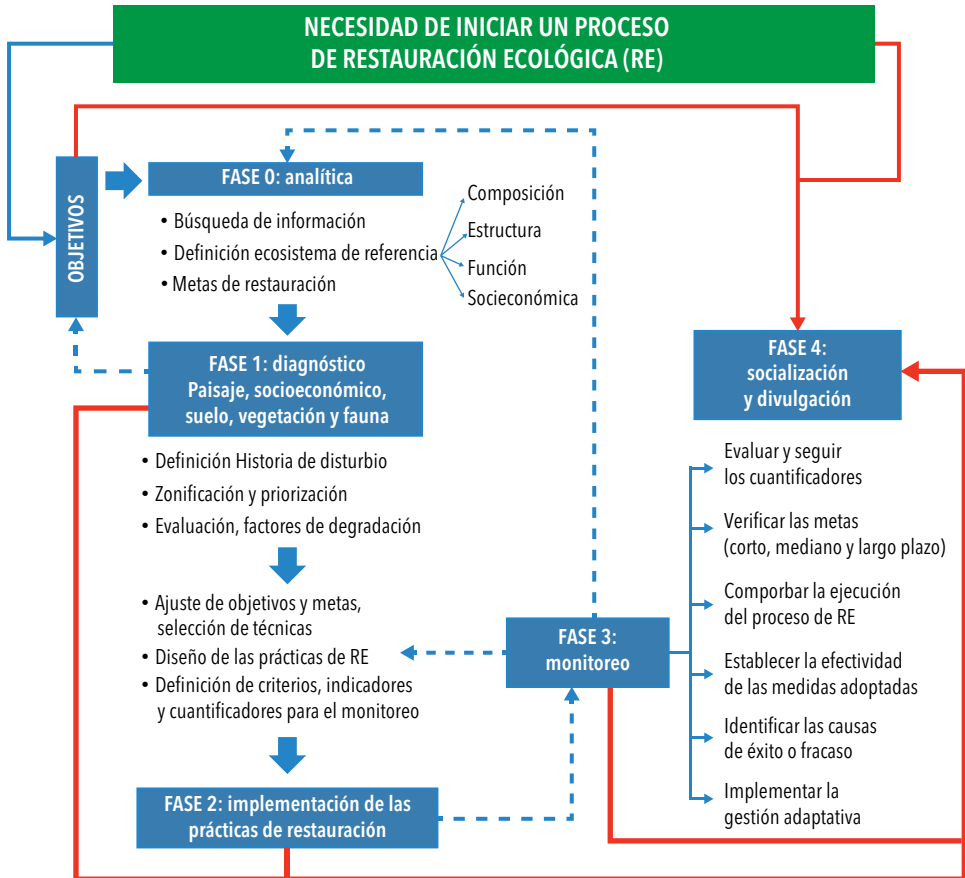


Figura 5. Fases para la formulación e implementación de un proceso de Restauración Ecológica (RE). Las flechas y líneas azules indican la dirección entre fases. Las líneas azules punteadas indican que se requiere regresar a la fase anterior para verificar o ajustar el proceso de RE. Las flechas y líneas rojas indican el vínculo de cada momento del proceso con la Fase 4: socialización y divulgación (elaboración propia).

La fase de monitoreo tiene una importancia especial pues, a partir de la valoración y de los cambios que se presenten en el ecosistema, le da validez a las acciones de manejo implementadas en el proyecto para dar solución a la problemática del área degradada (SER 2004, Herrick *et al.* 2006, Hobbs 2007, Barrera-Cataño *et al.* 2010).

En esta sección se formula una propuesta para plantear un programa de monitoreo para un proceso de restauración ecológica. Primero mediante un esquema para su planeación y posteriormente con el contenido básico de un programa de monitoreo, explicando los diferentes apartados que debe tener.

Planeación de un programa de restauración

La planeación del programa de monitoreo inicia relacionando los objetivos de restauración con las metas y planteando que se debe ir cumpliendo en cada plazo. A partir de lo anterior se identifican los criterios que se van a evaluar, así como los

indicadores y los cuantificadores relacionados con estos y que permiten identificar el alcance de las metas. Posteriormente, se identifica el procedimiento metodológico que mejor se ajuste al tipo de ecosistema y de datos que se requieren obtener. En el planteamiento del programa de monitoreo es indispensable tener en cuenta los siguientes aspectos (SER 2004, Herrick *et al.* 2006, Hobbs 2007, Barrera-Cataño *et al.* 2010):

- Las metas y objetivos de restauración deben plantearse desde el inicio del proceso y deben dar una respuesta clara sobre el cumplimiento de las mismas. Los objetivos hacen referencia a los criterios ecológicos.
- La metodológica de análisis y toma de datos debe ser sencilla, económica, eficiente y replicable.
- La toma de datos debe registrarse de manera continua y la información debe estar disponible a largo plazo.
- Los datos deben ser acumulativos.
- La eficiencia de los datos registrados debe ser alta, los costos mínimos y el esfuerzo de muestreo debe ser bajo.
- Se debe contar con un grupo de cuantificadores (variables respuesta) fáciles de medir e indicadores de evaluación que en conjunto den cuenta clara del éxito o fracaso del proceso de restauración y que además puedan ser medidos a corto, mediano y largo plazo.
- Se deben plantear criterios de evaluación con umbrales que permitan dar una alerta temprana sobre las decisiones posteriores de manejo.
- Se debe plantear el seguimiento a diferentes escalas espacio-temporales y el proceso de evaluación se debe hacer a corto, mediano y largo plazo.
- Los indicadores y los cuantificadores deben ser prácticos y de fácil seguimiento, también deben permitir la repetición de la toma de datos a largo plazo.
- Se deben establecer diseños de muestreo y formatos para la toma de datos claros y útiles a largo plazo.
- Se debe contar con una línea base (diagnóstico de restauración) donde se establezca con claridad el estado inicial, las características del ecosistema de referencia y los diferentes posibles estados transicionales de la trayectoria de restablecimiento así como los objetivos de restauración.
- Se deben establecer con claridad las tipologías de áreas a restaurar, las técnicas a aplicar y los objetivos de restauración para cada una de ellas.
- Se deben establecer indicadores para cada criterio y estos para cada meta de restauración. Deben ser viables, verificables y eficientes. Dichos indicadores deben describirse de acuerdo con: 1) las fuentes o medios de verificación (unidades de medición y tipos de variables que lo integran); 2) periodicidad (frecuencia y temporalidad de las mediciones); 3) responsables de la toma de datos; 4) instrumentos para la toma de datos; y 5) descripción de los análisis de los indicadores.
- Constituir un equipo de trabajo idóneo para la toma y análisis de datos de acuerdo con las variables a evaluar y con los métodos a seguir.

En la Figura 6 se presentan 10 pasos fundamentales con sus respectivos plazos de ejecución, los cuales son recomendados por Herrick *et al.* (2006) para plantear un programa monitoreo en un proyecto de restauración ecológica.

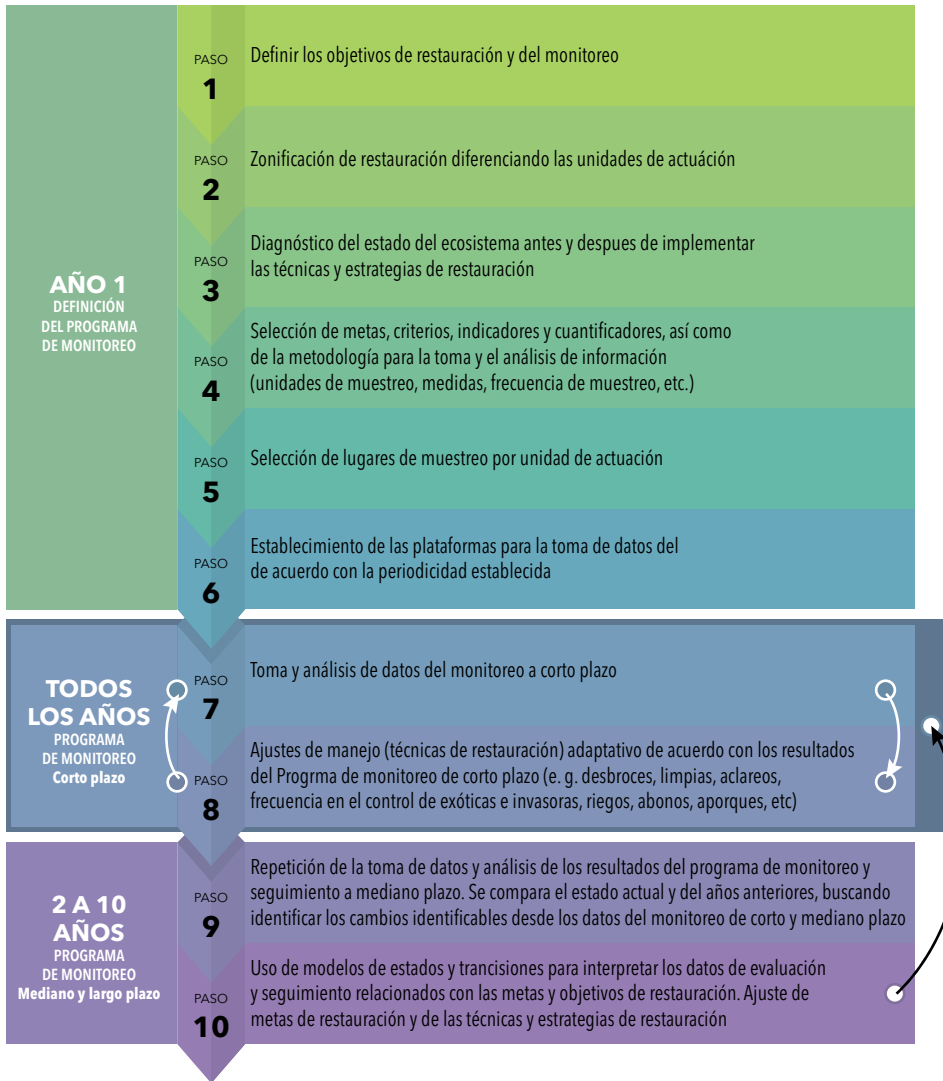


Figura 6. Diseño e implementación del programa de evaluación y seguimiento. Las flechas indican la revisión y vínculo entre los diferentes pasos, así como el manejo adaptativo (modificado de Herrick et al. 2006).

Contenido básico del programa de monitoreo

Como tal, el programa de monitoreo se constituye en un documento en el que se presenta un resumen general del proyecto de restauración, el objetivo, las unidades objeto de restauración, las metas de restauración para cada unidad, los criterios de evaluación para cada meta, los indicadores para cada criterio y los cuantificadores que permitan verificar cada indicador. Adicionalmente, se debe contar con un método claro para la toma y análisis de datos, así como con los formatos para la toma y compilación de información (Thom y Wellman 1996, Aguilar-Garavito 2010, Barrera-Cataño *et al.*

2010). A continuación se presentan de forma muy sencilla, y en su orden de aparición en el documento los contenidos mínimos que debe tener.

Portada: se presenta el título del proceso de restauración, información sobre los autores y de las instituciones responsables de la elaboración del programa de monitoreo y la etapa en se encuentra tanto el proceso de restauración como el monitoreo. En total abarca una página.

Resumen: aquí se hace una presentación sintética de todo el programa de monitoreo, presentando además los resultados y recomendaciones más relevantes. Su extensión máxima es de 500 palabras (una página)

Introducción: aquí se presenta una breve reseña de todo el proceso de restauración, se incluyen los datos básicos del mismo: instituciones que participan, contrato, convenio, localización del proyecto, objetivos de restauración, fechas y plazos del proyecto, fases ejecutadas y por ejecutar, resultados generales de la caracterización diagnóstica, tipos de disturbios, aspectos generales de la zonificación y de la priorización, técnicas y estrategias implementadas, métodos y variables teniendo en cuenta antes y después de haber iniciado el proceso de restauración (si fue realizada).

Localización y descripción del área de trabajo: se presenta la localización exacta, mostrándola también en mapas generales, mapas detalle y en la fichas por unidad de actuación o de manejo, se especifica el departamento, municipio, vereda, corregimiento, microcuenca, vertiente y otros aspectos detalle según corresponda. Es muy importante que se presenten las coordenadas geográficas. Así mismo, se debe aportar una breve descripción del sitio, clima, biota, usos, incluyendo la localización de las plataformas de monitoreo. Todo lo anterior puede apoyarse en cartografía, fotografías u otro tipo de ilustraciones que identifiquen con claridad la situación geográfica.

Antecedentes y descripción del área intervenida: esta sección incluye la descripción de los aspectos generales del área y del proyecto (e.g. historia de degradación, intensidad, frecuencia, magnitud, etc.), así como de las diferentes técnicas de restauración que fueron establecidas. En primer lugar, se debe escribir el objetivo del proyecto y la justificación del mismo, en la cual se describe qué fue lo implementado, por qué, para qué y quiénes lo ejecutaron, así como los tiempos de ejecución.

En otro subtítulo se desarrolla la descripción del estado actual de las áreas intervenidas, partiendo de su historia de degradación, la condición previa y una descripción de lo que se ejecutó. También se aporta, un mapa que muestra el resultado de la intervención por unidad de actuación. Este mapa y la descripción se apoyan también en una base de datos y en fichas por sitio intervenido, con su ubicación, las técnicas y estrategias, una fotografía y un mapa.

En otro subtítulo se presenta una descripción clara de las técnicas y estrategias de restauración implementadas, relacionándolas con la problemática ambiental que se quería resolver con su establecimiento y su espacialización de acuerdo con las diferentes tipologías de áreas degradadas que fueron encontradas.

Así mismo, esta sección incluye la descripción, lo más detallada posible, de las técnicas de restauración establecidas, las cuales se presentan como pliegos de prescripciones técnicas, con planos y figuras en la medida de lo posible. Si el proyecto contempla como una de las técnicas la revegetación se deben explicar los arreglos florísticos y la descripción del procedimiento de revegetación empleado. Se deben adjuntar planos, mapas y esquemas de la revegetación. También se puede aportar una



base de datos con los siguientes aspectos por especie plantada o sembrada: familia, especie, nombre común, distribución y hábitat, distribución en el arreglo florístico, tipo de hábito, función, atributos vitales, tolerancia a factores bióticos y abióticos, tipo de polinización, propagación, dispersión, características generales de la especie, usos, ventajas comparativas de la especie, cuidados culturales, procedencia, tamaños de la plantación, entre otros.

Objetivos de la restauración, rehabilitación o recuperación implementadas: cada objetivo específico debe incluir en una frase corta y clara el conjunto de metas parciales para alcanzar dicho objetivo.

Metas del proyecto restauración: la descripción de las trayectorias y de las condiciones o estados ideales se pretenden alcanzar con el proyecto de restauración (Clewell *et al.* 2005, SER 2004), dichas metas se cumplen de manera acumulativa en el corto (hasta 1 año), mediano (de tres a cinco años) o largo plazo (más de seis años). En esta sección también se definen los indicadores y los criterios de evaluación que se evalúan y siguen durante los diferentes tiempos del monitoreo. Para cada meta se deben aportar los criterios de evaluación, los indicadores para cada criterio y los cuantificadores, los cuales son los medios de comprobación de manera mesurable del cambio en los indicadores. Para mayor información, recomendamos revisar la sección "Definición de objetivos, metas, indicadores y cuantificadores para el monitoreo a procesos de restauración ecológica", página 33.

Definición de Criterios, indicadores y cuantificadores: en este apartado se debe describir y justificar con claridad los criterios, indicadores y cuantificadores, demostrando a demás su coherencia entre si y su relación con las metas del proceso de restauración.

Métodos: esta sección describe con claridad la forma, la unidad de muestreo, el número y el tamaño de la muestra, las variables, los tiempos, el personal y los materiales que se requieren para la toma de datos en campo y para su posterior análisis. También se explica la forma de hacer la delimitación y el marcaje de las áreas y de las especies e individuos a los que se les hará el seguimiento. Se debe describir cómo se hará el registro de la información, las mediciones, sus réplicas, repeticiones e intervalos. Lo anterior dependerá de la escala, del grupo, nivel de organización o proceso ecológico seleccionado como indicador de éxito de la restauración. Lo anterior guarda estrecha relación con las metas y con el tipo de datos y análisis realizados en el diagnóstico. Lo más recomendable es que haya coherencia entre la metodología, variables e indicadores de la caracterización diagnóstica y de la evaluación y seguimiento.

Como tal, no existe un solo método para la toma y análisis de datos, sin embargo, se recomienda seleccionar el más adecuado dependiendo de las metas, del compartimento y grupo a evaluar y la escala. Existe en ciencias naturales y sociales un sin número de metodologías y protocolos de muestreo. En el capítulo Plataformas de monitoreo: paisaje, grupos sociales, vegetación y fauna, se presentan algunas recomendaciones bibliográficas para seleccionar el método de muestreo dependiendo el compartimento del ecosistema o el nivel de organización. Finalmente, en la sección de métodos también se describen los análisis de datos, incluyendo análisis estadísticos descriptivos o cuantitativos. Lo más importante es que los análisis aporten al cumplimiento de las metas.

Pliego de condiciones técnicas: es la parte del documento que fija los criterios bajo los cuales se debe hacer el monitoreo y las obras de restauración para el manejo



adaptativo resultante Esta sección regula las relaciones entre el promotor del proyecto, el interventor, los asesores, el proyectista, el ejecutor del proyecto, el supervisor del proyecto y los entes de control. Se recomienda generar condiciones técnicas de tipo general (normatividad de aplicación del proceso de restauración, documentos que definen el proceso de restauración y de monitoreo, tareas necesarias para dar inicio al proceso de restauración y al programa de monitoreo, formas de desarrollo y control de las medidas de restauración, monitoreo y manejo adaptativo y la forma como se regula la dirección e inspección todo el proceso) y condiciones particulares (regula las condiciones de cada parte del proceso de monitoreo o de ejecución de las medidas de restauración).

El pliego contiene prescripciones técnicas como las siguientes: a) técnica: regula la ejecución del manejo adaptativo o del monitoreo; b) facultativa: relaciones entre el interventor, contratista y entes de control; c) económica: medición y liquidación de las unidades de las medidas de restauración ecológica; d) legales: relaciones contractuales, normativas y sociopolíticas entre los diferentes actores del proceso de restauración.

Costos y rubros: esta sección recoge el importe económico del plan de monitoreo. Se compone de los rubros y costos de cada una de las unidades, los cuadros de precios (materiales, maquinaria y mano de obra), los presupuestos parciales (por rubros) y el presupuesto general.

Para elaborar el presupuesto del monitoreo es necesario desglosarlo por rubros que correspondan a cada una de las partes. Para obtener el conjunto de los rubros es conveniente descomponerlos en partes independientes, luego en secciones que se puedan organizar en función de especialidades y finalmente en unidades concretas. Es relevante en este punto contemplar que el monitoreo se hace a lo largo de varios años, por lo tanto se debe asegurar que presupuesto contemple todo el proceso.

Se recomienda como mínimo incluir los siguientes rubros: 1) personal (científico, técnico y operarios); 2) equipos, maquinaria y materiales (todos los recursos que requieran para hacer la toma de datos y sus análisis); 3) gastos de viaje (tiquetes aéreos, fluviales y terrestres, alojamiento, alimentación etc., para todo el equipo de monitoreo); 4) materiales de oficina y papelería (impresiones, adquisición de bibliografía, material cartográfico y elementos de oficina); 5) seguridad ocupacional (todos los elementos relacionados con la seguridad industrial y ocupacional para realizar el monitoreo), 6) publicaciones y divulgación (costos para talleres, asistencia a simposios, congresos y eventos científicos, la publicación en revistas y para la realización de libros, cartillas, entre otros) y 7) impuestos e imprevistos.

Resultados: este apartado y los siguientes, aparecen una vez se ha iniciado la implementación del programa de monitoreo (pueden presentarse los resultados esperados en un anteproyecto). Aquí se deben describir en términos generales y detallados los datos y observaciones durante un periodo determinado del monitoreo, pero sin realizar ningún tipo de interpretación. Los datos se deben presentar de manera ordenada, siguiendo el esquema presentado en la sección de métodos y permitiendo identificar con facilidad los cambios ocurridos en el tiempo. Se deben incluir los resultados de los análisis estadísticos.

Análisis y discusión: en esta sección se analizan e interpretan los datos obtenidos durante el periodo determinado del monitoreo y se comparan con los resultados derivados de los otros periodos de monitoreo y de la caracterización diagnóstica. A partir de un proceso de reflexión, y teniendo en cuenta las metas y objetivos, se

realiza la valoración de los datos obtenidos en el tiempo. Así mismo, en este proceso de discernimiento se debe considerar y citar la información disponible en literatura que apoye o contradiga los resultados que se obtuvieron en relación con el cumplimiento de las metas. También se discute sobre la eficiencia y eficacia de los métodos respecto a la sensibilidad para detectar los cambios que se quieren identificar en las variables de monitoreo.

Conclusiones: aquí se presenta de manera sintética y clara el progreso del proceso de restauración hacia el cumplimiento o no de las metas y objetivos. También se presentan las reflexiones sobre las lecciones aprendidas y sobre la utilidad del método seleccionado para realizar la evaluación y seguimiento de las variables monitoreadas.

Recomendaciones: esta es una sección muy importante pues en ella debe aparecer de manera sintética las medidas de restauración adicionales que se deben realizar para alcanzar las metas de restauración, así como el replanteamiento de los objetivos, si es el caso. También se deben incluir las acciones de mantenimiento y de manejo que a partir de los resultados y análisis subyacen, para evitar o para resolver situaciones que pueden afectar el proceso de restauración ecológica. Así mismo, se plantean las nuevas directrices potenciales para mantener el éxito del mismo o de otros proyectos similares a futuro. Adicionalmente se deben presentar todas aquellas acciones y procesos detectadas que contribuyeron al éxito o fracaso y todos los procesos metodológicos y conceptuales que contribuyeron o no al desarrollo del programa de monitoreo.

Agradecimientos y reconocimientos: aquí se hace un sencillo reconocimiento a todas las personas e instituciones que han contribuido en el desarrollo de todo el proceso de restauración. Se deben hacer reconocimientos especiales a los financiadores, a los dueños de los predios, a los asesores, a la comunidad y a los investigadores.

Contenido adicional del programa de monitoreo

El documento de monitoreo también debe contener una sección dedicada a establecer un plan de contingencias para tomar las medidas correctivas en caso de ser necesario. Lo anterior se establece como un pliego de prescripciones técnicas donde se describen las acciones a tomar en caso de alguna contingencia (Barrera-Cataño *et al.* 2010).

Otros capítulos relevantes son el cronograma, que define la periodicidad del muestreo durante los primeros dos años. También es muy importante plantear un presupuesto relacionado con las actividades del cronograma. Finalmente, se debe incluir una sección de bibliografía, y de ser necesario, una con el glosario de términos y otra de anexos (Barrera-Cataño *et al.* 2010). En los anexos también se debe incluir la cartografía con las unidades de actuación, otros planos o ventanas detalle por unidad y todos los planos de la obra, por ejemplo de las cercas, módulos de revegetación, esquemas de trinchos y zanjas.