

Monitoreo de indicadores de restauración de cauces y zonas ribereñas afectadas por carreteras: guía para la formulación de propuestas

Adriana C. Flores-Díaz, Pablo I. Argueta, Alejandro Montiel Ugalde
(adri.flores.diaz@gmail.com)

Junio 2017

Este documento presenta una guía para la construcción de propuestas que pretendan realizar el monitoreo de indicadores de restauración de cauces y zonas ribereñas, tomando como ejemplo la recuperación de zonas afectadas por carreteras. Los parámetros e indicadores permiten conocer el estado y tendencia de los ecosistemas dañados a partir de variables físicas, químicas y biológicas. Se reúnen técnicas de monitoreo científico y ciudadano, que permiten dar seguimiento a las obras de restauración con la participación de la sociedad civil.

JUSTIFICACIÓN

Para revertir o mitigar los impactos ocasionados por la construcción de carreteras, este proyecto plantea una serie de objetivos, dentro de los cuales se encuentra el establecimiento de estrategias de intervención para cada sitio por restaurar, que considera tanto la definición de las obras y actividades por realizar, como la medición de los indicadores del éxito de dichas obras.

Ante los esfuerzos de restauración que se han estado realizando en los cauces, laderas y zonas ribereñas afectadas, mediante obras de retención de suelos, regulación de flujos de agua y sedimentos, manejo de laderas, reforestación de las zonas ribereñas, etc., es necesario contar con indicadores que permitan evaluar tales esfuerzos y demostrar que se ha cumplido con las condicionantes de la obra, ante las autoridades competentes (Brierley y Fryirs 2000).

El restablecimiento de los procesos naturales beneficia de múltiples formas a la biodiversidad local, restituyendo además los flujos ecosistémicos (agua, sedimentos, nutrientes, semillas, organismos, etc.), lo cual también brinda beneficios y protección a la misma obra carretera, por la reducción del azolve y el control de los procesos erosivos en los puntos de cruce entre la carretera y los cauces.

Dado que se trata de ecosistemas fluviales, tanto los cauces como las zonas ribereñas son sitios que se encuentran bajo presión, ejercida por el uso del territorio y por constituir el acceso al agua dulce. Es importante considerar una serie de aspectos referentes para la restauración ecológica de estas zonas, que constituyen lineamientos importantes para el monitoreo de su rehabilitación.

Restauración de cauces y zonas ribereñas

En diversas partes del mundo se ha alertado sobre la gravedad de la situación ambiental, que se expresa en diferentes grados de deterioro de los ecosistemas naturales, entre los cuales se destacan los ecosistemas de agua dulce. Éstos han sido alterados en diversas formas, dado que buena parte del bienestar social y el desarrollo económico depende del agua. La presencia de bosques y selvas a lo largo del territorio está ligada a dinámica hidrológica local y regional, siendo que los biomas expresan las relaciones existentes entre el clima, los suelos y la constitución geológica en un lugar dado. De este modo, la cantidad, calidad y temporalidad del agua en los ecosistemas y de modo particular en los fluviales, son factores que dirigen su dinámica regional. Los arroyos y ríos con sus zonas ribereñas, son humedales lóticos altamente dinámicos, sujetos a procesos naturales de erosión y depositación de los

sedimentos acarreados a lo largo de las cuencas. Una de las propiedades más importantes de estos sistemas es la conectividad, que se presenta en cuatro dimensiones: longitudinal (de las partes altas hacia las partes bajas de la cuencas), lateral (desde las laderas hacia los cauces de los arroyos y ríos), vertical (desde los arroyos hacia las porciones profundas de agua subterránea) y temporal (en un ciclo anual).

La presencia de una obra de infraestructura como la carretera, interrumpe la conectividad longitudinal de los cauces, y reduce o cancela la conectividad lateral entre las laderas y las zonas de ribera. Esta conectividad que suele expresarse a través de flujos de agua, sedimentos, organismos, semillas, etc., queda interrumpida por las obras mencionadas, impidiendo el viaje de los flujos a través del territorio, acarreado consecuencias diversas para la biodiversidad y para los procesos ecosistémicos.

Por su parte, la restauración ecológica se interpreta como regeneración asistida, para el restablecimiento total o parcial de ecosistemas alterados por causas naturales o antrópicas (Brierley y Fryirs 2000). La restauración busca el restablecimiento de la estructura y función de los ecosistemas, a partir del manejo de factores físicos, bióticos y sociales. En el caso de los ecosistemas de agua dulce (ríos, arroyos, manantiales, riberas, etc.) los estudios hacen hincapié en los vínculos que existen a nivel de cuenca, orientando los proyectos de restauración para reducir la velocidad del deterioro o bien, revertir las tendencias de degradación que existan en un lugar y momento dados (Brierley y Fryirs 2000). Los indicadores que se proponen en este documento arrojan información de corto y mediano plazo sobre las tendencias en la recuperación de los ríos y riberas afectados por la ampliación de carreteras. Para tal efecto, esta propuesta parte de reconocer los siguientes principios:

- I. Existe una alta variabilidad en los ecosistemas acuáticos y ribereños, aun dentro de una misma cuenca, dado que cada tramo de río es único. De este modo, es necesario considerar el estado actual de cada tramo río –ribera, y su potencial por alcanzar. En el caso de la ampliación de la carretera referida a esta propuesta, en la zona afectada se presentan arroyos pequeños o medianos, de orden hidrológico bajo y con pendientes longitudinales bajas, así como zonas de cañadas de fuertes pendientes y cauces amplios. Esta diversidad debe ser reconocida para atender las necesidades de restauración de un modo eficiente en cada caso.
- II. Las cuencas son la unidad de análisis más adecuada para los sistemas fluviales, por lo que las decisiones de manejo (incluida la restauración), deben considerar esa perspectiva. Cada tramo de arroyo o río y su zona ribereña, forman parte de los sistemas fluviales de una cuenca. En este caso se consideran los arroyos, cañadas y riberas que están ubicados en diversas porciones de una cuenca dada. El agua que es conducida por estos cauces proviene de las porciones altas de la cuenca y de los acuíferos intermedios y regionales (Töth 1963). El agua de los cauces se encuentra altamente regulada por las porciones altas y medias de la cuenca, desviada para las actividades económicas regionales dentro de las cuales destaca la agricultura. Esto ha ocasionado que los arroyos pequeños hayan reducido su caudal, pero es necesario considerar crecidas mucho más pronunciadas que puedan acarrear una gran cantidad de sedimentos en pocos eventos de crecientes fuertes, hacia las zonas de cruces entre la carretera y los cauces.
- III. Las zonas ribereñas son humedales lóticos, están sujetos a mucha presión de las tierras que los rodean y dependen altamente de los flujos de agua. Idealmente las zonas de ribera se inundan al menos cada 1.5 a 2 años, de modo que se mantienen hidrológicamente activas. Esto permite el recambio de especies, la reducción de especies invasoras y mantiene la actividad microbiana en el suelo, de la que dependen gran variedad de funciones del suelo. Se debe asegurar el mantenimiento

del caudal en los arroyos y ríos, de modo que esté asegurado el suministro de agua para su funcionamiento.

- IV. Los arroyos, ríos y sus zonas ribereñas mantienen un nivel de conectividad a lo largo de las cuencas a las que pertenecen, de modo que deben asegurarse los flujos que mantienen esta propiedad. La conectividad longitudinal, lateral y temporal han sido claramente afectadas por la ampliación de la carretera, de modo que es importante restituir estas funciones en los puntos de cruce y asegurar su rehabilitación en las porciones que se encuentran río abajo.
- V. La evidencia científica en diversos climas y regiones del mundo, muestra que los rasgos fisicoquímicos del agua en el cauce y de las zonas de ribera se recuperan antes que la comunidad biótica. Esto implica el cuidado de las zonas conservadas, de modo que funjan como núcleos de dispersión de las especies locales, dentro de los arroyos y en las zonas de ribera. Para la fauna local y regional, este restablecimiento implica la restitución de los sitios que funcionan como corredores, refugios, sitios de anidamiento o reproducción, así como el acceso al agua.
- VI. La geomorfología regional y local imponen restricciones al establecimiento de la comunidad biótica. Por ello, es necesario establecer metas para cada tramo de río o arroyo que está bajo restauración. En cada uno de ellos se debe establecer un "sitio de referencia" que permita tener pautas de comparación con los arroyos y riberas locales - conservados, de modo que se comparen con un sitio en un estado de conservación que sea alcanzable para el sitio de forma realista.

Tratándose de cauces y de zonas ribereñas, una de las variables más importantes es la conectividad (Stanford 2001). El mantenimiento de esta propiedad está ligado a la integridad de los sistemas fluviales, por lo que la restauración ecológica debe procurar su restablecimiento.

Construcción de Indicadores

Los indicadores de desempeño ambiental publicados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (<http://www.semarnat.gob.mx>) resultan útiles a escala nacional, siendo necesaria la estimación local de parámetros que informen sobre el estado y las tendencias de los sitios y ecosistemas naturales, bajo algún esquema de manejo. Los esfuerzos de restauración deben procurar estar guiados con el mejor conocimiento científico que se tenga, además de ser sistematizados para mejorar las prácticas de manejo de los ecosistemas a nivel local y regional. Es decir, los indicadores nos permiten dar seguimiento a las obras de restauración, así como aprender sobre la forma en que responden los ecosistemas locales a dichas obras.

Los parámetros sugeridos en el presente proyecto están orientados a estimar biodiversidad y funciones de los ecosistemas fluviales afectados por la carretera. Se presentan tablas con los parámetros sugeridos, las razones que justifican su medición, así como las técnicas y periodicidad para realizar el monitoreo.

Los parámetros integran indicadores por componente (agua, suelo, flora, fauna, cauce, etc.). Se incluye finalmente, una tabla de servicios ecosistémicos provistos por los sistemas acuáticos y ribereños, que se espera restituir con el proyecto de restauración.

ALCANCE DE LOS INDICADORES

- Evaluar las condiciones que se presentan en las zonas que están bajo restauración, procurando una zonificación representativa.
- Registrar durante los siguientes 5 años, el estado y las tendencias de restauración en los sitios de interés, analizando los cambios y la recuperación de la biodiversidad y de las funciones ecológicas.
- Ubicar sitios de referencia para los diferentes tipos de arroyos y zonas ribereñas que fueron afectadas por esta obra
- Caracterizar la conectividad de los sistemas fluviales: longitudinal, lateral y temporal.
- Definir las especies que pudieran fungir como indicadoras de la calidad ambiental, en términos
- Realizar el monitoreo de variables fisicoquímicas y biológicas en los componentes: suelo, agua, fauna, flora y cauce.
- Registrar los parámetros en agua y suelo, que indican la recuperación de propiedades como la infiltración, el establecimiento de los renuevos de plantas o comunidades vegetales
- Disminución de la erosión de los bancos de los arroyos y ríos.
- Registro del arrastre de sedimentos dentro de arroyos y ríos, a su paso por el tramo carretero
- Registro y seguimiento al manejo de laderas, sitios modificados por la carretera
- Eficacia de las obras de restauración con respecto a los indicadores de agua, suelo y fauna.
- Dar alerta a la necesidad de dar mantenimiento a las obras de restauración, tales como los muros de piedra, los conductos de agua, la reforestación.
- Sistematización de los resultados

UNIDADES DE MONITOREO

El monitoreo se realizará en unidades definidas de la siguiente manera: Para cada sitio de cruce entre los cauces y la carretera, se analizarán 100 m de longitud del río o arroyo, cubriendo una franja de 30 m a cada lado de la ribera (Figura 1).

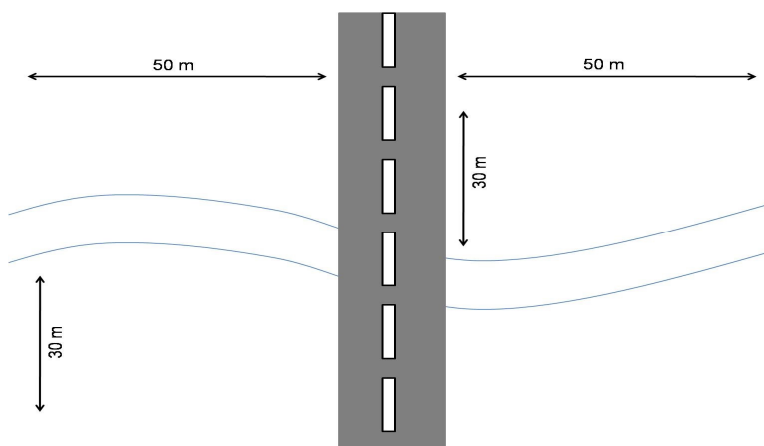


Figura 1. Unidades de monitoreo fisicoquímico y biológico de las zonas bajo restauración

Flora y vegetación

La recuperación de las especies de flora y de la estructura del bosque de ribera, constituyen la base de los procesos de restauración que atiende este proyecto. Esta rehabilitación representa el aumento en la disponibilidad de hábitat y alimento para muchas especies de fauna terrestre, así como la principal condición para el mantenimiento de la vida acuática. El restablecimiento de la flora mejorará el hábitat para los vertebrados que hacen uso de la zona de ribera como zonas de paso, acceso al agua y alimento del río, zonas de refugio o reproducción. Esta recuperación también tiene impactos en las especies acuáticas, siendo que la conservación del bosque de ribera tiene un efecto directo sobre la calidad del agua del arroyo o río. Las especies de macroinvertebrados bentónicos, algas dulceacuícolas y peces, son las especies más utilizadas como bioindicadores, en del cuerpo de agua. En la Tabla 1 se presentan los parámetros que serán monitoreados, la periodicidad del monitoreo y el material requerido para hacerlo.

Tabla 1. Parámetros para el monitoreo de flora y vegetación de la zona de ribera

Flora	Muestras / año	Materiales y equipo
Crecimiento individual	4	Cinta métrica y flexómetros de 20 m
Diámetro a la altura del pecho	2	Cinta métrica
Altura	2	Cinta métrica
Cobertura de dosel en sitio	2	Densiómetro
Cobertura en sotobosque	2	Densiómetro
Sobrevivencia en campo por especie	2	Conteo
Salud de la planta	1	Registro visual
Número de especies establecidas de forma exitosa, propias de la zona ribereña	2	Registro visual
Densidad de individuos total y por especie	2	Conteo
Proporción de individuos juveniles	4	Conteo
Presencia de fauna	4	Registro visual y trampeo
Porcentaje de individuos rescatados que sobrevivieron	2	Conteo
Porcentaje de cobertura vegetal del ripario	2	Registro visual
Presencia de especies exóticas / invasoras	2	Registro visual
Evaluación de la sobrevivencia según las condiciones fitosanitarias posteriores a la reubicación	2	Registro visual
Conectividad de corredores biológicos:		
a. Continuidad de la cobertura de bosque de forma longitudinal al cauce	4	Registro visual
b. Continuidad de la cobertura de bosque de forma lateral al cauce	4	Registro visual
Estabilidad de laderas	4	Registro visual y fotográfico
Evolución de la reforestación. Protocolos de evaluación de la zona ribereña	2	Evaluación y registro con protocolos

La construcción de indicadores usa estos parámetros y se integra en una evaluación general de la evolución de la zona, sintetizada con base en un protocolo de trabajo. Proponemos el protocolo al QBR (Munné et al. 1998), que ha sido usado para evaluar la zona ribereña en función de la calidad del hábitat que ofrece a diversas especies de fauna.

Fauna

Se espera que las obras de restauración influyan positivamente en la abundancia y diversidad de todos los grupos de vertebrados, dado que los cauces y zonas ribereñas son sitios de paso, alimentación, refugio o reproducción de algunos de ellos. De manera particular, los anfibios son señalados como uno de los grupos de organismos más sensibles, ya que en las épocas reproductivas y en las etapas tempranas de desarrollo, están ligados a los ecosistemas acuáticos. En referencia a los anfibios, las especies arbóreas tienen más dificultades para adaptarse a ecosistemas alterados y tardan más tiempo en colonizar sitios restaurados. Las especies más sensibles son arborícolas, siendo recomendable un muestreo cada 3 meses para detectar los cambios de presencia, abundancia en cada uno de los sitios. El incremento en la complejidad estructural de la vegetación de la zona ribereña, está ligada a la abundancia de individuos, así como la presencia de elementos como restos leñosos gruesos. Estos elementos incrementan el número de escondites o madrigueras, así como variedad de alimentos.

La combinación de trampas a nivel del suelo ha sido recomendada como el método más efectivo de captura de especies y se realiza a una distancia de 30 m a cada lado del río, medidos a partir de la zona de máxima ribera, en tramos de 100 m de longitud del arroyo o río. La Tabla 2 muestra los parámetros que se propone monitorear en términos de la fauna local.

Como indicadores biológicos, los anfibios son sensibles a la contaminación y la regulación de los ríos y aguas superficiales, el cambio climático, etc. son indicadores de la conservación ambiental. Este grupo presenta una reproducción asociada a medios acuosos, estado larvario con requerimiento de hábitat y alimento diferente en las distintas etapas de desarrollo. Además tienen una capacidad de dispersión limitada, territorios pequeños y piel altamente permeable, facilitadora del intercambio directo entre el organismo y el medio ambiente.

Por otra parte, la presencia de carnívoros ha sido señalada como una de las características de los ecosistemas naturales mejor conservados, ya que indican que tales ecosistemas pueden sostener varios niveles de la cadena trófica.

Tabla 2. Parámetros para el monitoreo de fauna presente en la zona de ribera

Fauna	Muestras / año	Materiales y equipo
Identificación de individuos y rastros en sitios de restauración	4	Arena de 2.00 mm tamizada
Registro de la vegetación asociada	4	Registro fotográfico
Fenología de las especies vegetales	4	Registro visual
Temperatura del aire	4	Termómetro digital (3)
Temperatura del suelo	4	Termómetro digital (3)
Humedad relativa	4	Psicrómetro digital

Número de atropellos por km y especie tanto en este tramo, como en zonas aledañas	4	Formato de registro de atropello
Presencia y densidad de población de aves	4	Binoculares, redes de niebla
Presencia de especies de mamíferos medianos y grandes. Variaciones en la densidad de población	4	30 Trampas Sherman / 30 Tomahawk, 5 Cámaras trampa
Hábitat para los diferentes grupos vertebrados en relación a los sitios restaurados	4	Descripción breve del sitio de muestreo

La integración de los indicadores de restauración para fauna, se realizará con base en la frecuencia relativa por especie registrada, el cálculo de índices de riqueza y similitud, y la presencia de especies indicadoras de la calidad ambiental.

Suelo

La estabilización del suelo es uno de los retos más importantes de la restauración. La recuperación de los bosques de ribera y la reforestación en laderas afectadas, buscan la estabilidad y restablecimiento de las funciones del suelo. En las zonas de ribera, es importante conocer los horizontes de suelo presentes, dado que influye en la capacidad de almacenamiento del agua y en la capacidad de suministrar nutrientes a las plantas. La estabilidad de los agregados también ha sido señalada como una característica que indica la calidad del suelo, en términos de su vulnerabilidad.

La falta de estabilidad de los suelos ocasiona que los procesos erosivos se aceleren. La cobertura vegetal en las zonas de ribera y laderas, puede disminuir la velocidad a la cual ocurre este proceso. Además de los rasgos estructurales del suelo, es importante conocer la forma en que van recuperando sus capacidades funcionales como la infiltración, favoreciendo diversas microbianas, muy relevantes para la calidad del agua en los cauces locales. La Tabla 3 presenta los parámetros que se propone monitorear en el suelo de las zonas ribereñas y laderas en restauración.

Tabla 3. Parámetros para el monitoreo de suelo en la zona ribereña y laderas bajo restauración.

Suelo	Muestras / año	Materiales y equipo
Horizontes del suelo	1	Pala, Barreno
Penetrabilidad de raíces	2	Compactómetro / registro visual
Estabilidad de agregados	2	Laboratorio: muestra compuesta de 8 puntos por sitio de análisis. 30 bolsas
Color	2	Visual / Fotográfico
Erosión	2	Visual / Fotográfico
Estructura	2	Campo
Textura	2	Campo
pH	2	Potenciómetro
Infiltración	2	Anillos de PVC, Agua destilada, cronómetro, vaso de precipitado, tela
Materia Orgánica	2	Laboratorio: muestra compuesta de 8 puntos por sitio de análisis. 30 bolsas
Actividad de microorganismos	1	Bolsas de malla de 2 mm. 50 bolsas x 5 sitios

Cauces

Los cauces reflejan la forma en que se van adaptando a los cambios en los flujos de agua, por lo que las medidas morfométricas constituyen la base del análisis de la rehabilitación. Ancho del cauce y altura de los bancos del río, permiten conocer su comportamiento hidrológico y su capacidad de conducción de agua. Los muros y presas que se han construido para restaurar estos ecosistemas, permiten dar seguimiento a la acumulación de sedimentos a lo largo del trayecto fluvial, siendo que también es posible apreciar y cuantificar la erosión de las zonas ubicadas río arriba. La Tabla 4 indica los parámetros que se propone monitorear. Las geoformas fluviales están ligadas a la presencia de vegetación ribereña, por lo que se incluyen parámetros de la flora riparia para monitorear en la recuperación de cauces. Los indicadores de restauración del cauce están ligados a los parámetros de monitoreo del agua.

Tabla 4. Parámetros para el monitoreo de los cauces bajo restauración.

Cauce	Muestreos/ año	Materiales y equipo
Ancho del cauce	4	Flexómetros
Profundidad del cauce	4	Estadal
Velocidad del flujo de agua	4	Flujómetro
Azolvamiento del cauce antes de cruzar la obra	4	Altura de los sedimentos en los muros de contención
Azolvamiento del cauce al cruzar la obra	4	Altura de los sedimentos en los muros de contención
Caudal	4	Ancho, profundidad y velocidad;
Registro de evidencias de erosión de los bancos	4	Formatos de campo
Cambios en la altura de la base del cauce	4	Flexómetros / pintura
Densidad de restos leñosos gruesos	4	Flexómetros
Frecuencia de interrupciones en los bancos y vegetación de la zona ribereña	4	Registro visual, conteo

Agua

Las zonas ribereñas y cauces forman parte de los sistemas fluviales de una Cuenca. El flujo de agua y sedimentos a través de estos sistemas permite la movilización de muchos componentes, nutrientes, organismos, semillas, etc. Los rasgos del agua en un sitio dado, reflejan la composición geológica de la cuenca, así como la cobertura y el uso del suelo en esa región. Asimismo, las características fisicoquímicas y biológicas del agua reflejan el estado del cauce en un arroyo o río, ya que estos son los sitios de llegada de todos los materiales movilizados.

Los parámetros propuestos para el monitoreo del agua permiten conocer el estado y tendencias de la región en general, la recuperación de las zonas afectadas por la carretera, así como su ritmo de rehabilitación y repoblamiento por parte de las comunidades bióticas. Cabe señalar que las comunidades biológicas alteradas se recuperan después de que las características fisicoquímicas muestran tendencias estables. La Tabla 5 indica los parámetros que se propone monitorear en los tramos fluviales bajo restauración.

Tabla 5. Parámetros para el monitoreo de los cauces bajo restauración.

Agua	Muestras/ año	Materiales y equipo
Temperatura del aire	12	Termómetro
Temperatura del agua	12	Termómetro
pH	12	Multiparamétrico
Dureza total	12	Multiparamétrico
Alcalinidad	12	Multiparamétrico
Turbidez	12	Multiparamétrico
Oxígeno disuelto	12	Multiparamétrico
Saturación de oxígeno	12	Cálculo – formulas
Sólidos Suspendidos Totales	12	200 Filtros 47um, bomba, 2 probetas 1L
Sólidos Sedimentables	12	3 Conos Imhoff
Biomonitoreo (macroinvertebrados bénticos)	4	3 Charolas, 3 pinzas, 2 redes

Los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua pueden ser integrados en índices de calidad. En este ejercicio se propone construir los índices que incluyan (1) el comportamiento fisicoquímico general, (2) la movilidad de sedimentos (que indican procesos erosivos en la cuenca y los cauces), y (3) la presencia y composición de la comunidad biótica de macroinvertebrados bénticos. Esto permite dar una idea de la recuperación de la integridad y conectividad de los sistemas de interés en este proyecto.

PROGRAMA DE TRABAJO (ejemplo)

El programa de trabajo contempla cuatro metas y actividades por realizar, el trabajo de gabinete y de campo que implica la realización de cada una de ellas, así como los productos obtenidos. En general, se inicia con la delimitación de los sitios de referencia, que permita tener claridad sobre el alcance de la restauración en cada nodo- sitio de trabajo. El monitoreo es una actividad constante, siendo que en algunos parámetros se realiza de forma mensual y en otros trimestral. El seguimiento recomendado es para cinco años, de tal forma que las zonas ribereñas y cauces hayan tenido la oportunidad de restablecer sus características funcionales y una indagación general sobre la biodiversidad.

La Tabla 6 muestra el desglose de actividades propuestas y la Tabla 7 muestra el calendario anual de realización de las mismas. En estas tablas se muestra el personal, equipo y materiales requeridos para realizar las actividades propuestas. Tanto las actividades como el calendario se deben ajustar a las necesidades de información de los interesados. Es importante presentar constantemente los resultados a los ciudadanos e instituciones participantes.

En el caso del monitoreo de agua, se cuenta con programas de capacitación a los ciudadanos interesados en medir las variables mencionadas. Esto permite aumentar las capacidades de los grupos y comunidades en el conocimiento de su entorno y participar más activamente en las decisiones locales o regionales. Uno de estos programas es Global Water Watch México (www.globalwaterwatch.org), que cuenta con capacitación certificada y experiencia en más de 10 países. Este programa también promueve la participación y acercamiento de los ciudadanos con las entidades académicas regionales, fomentando el aprendizaje colaborativo.

Tabla 6. Metas y actividades del programa de trabajo para la propuesta de restauración de cauces y riberas (ejemplo)

Meta	Gabinete	Campo	Producto
1. Definición de los sistemas de referencia para cada nodo - sitio bajo restauración	Revisión de cartografía, bibliografía	Recorridos a los sitios, registro fotográfico; verificar rutas, delimitar las coordenadas de trabajo	Cartografía y descripción de los sitios de referencia para cada nodo
2. Realizar el monitoreo de los siguientes parámetros, en un área buffer de 50 m a cada lado del nodo, sobre los cauces fluviales	Construir los hojas de registro de campo para los parámetros y hacer análisis de laboratorio; búsqueda del status de las especies, parámetros de la NOM agua en cauces naturales	Muestreo mensual y trimestral, según los componentes de que se trate	Base de datos, listados de especies, definir especies indicadoras para la zona
3. Construcción de indicadores a partir de la información del monitoreo	Análisis de los datos, reportes del estado y tendencias de la restauración en cada nodo y evaluación de la conectividad		Informe del estado que guardan los sitios bajo restauración, cuatrimestral
4. Evaluación de logros de las obras de restauración	Evaluación de las tendencias de recuperación de los nodos bajo restauración	Recorridos a los sitios, registro fotográfico; verificar rutas, delimitar las coordenadas de trabajo. Registro fotográfico anual georreferenciado	Documento integración, con la evaluación de cada obra (manejo suelo y agua en laderas)
5. Elaboración de informes	Integración de las bases de datos, gráficas y análisis en documentos semestrales y anuales		Informes semestrales y anuales

Tabla 7. Calendario anual de actividades del proyecto de monitoreo de parámetros de restauración en cauces y riberas (ejemplo)

Actividad	MES												Personal	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Coordinador	Técnicos
1. Definición de los sistemas de referencia para cada nodo - sitio bajo restauración													1	1
2. Realización del monitoreo de los siguientes parámetros														
Agua													1	1
Suelo													1	1
Flora													1	1
Fauna													1	4
Cauce													1	1
3. Construcción de indicadores a partir de la información del monitoreo													1	2
4. Evaluación de logros de las obras de restauración													1	1
5. Elaboración de informes semestrales y anual													1	1

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, A. J. V. Rueda-Almonazid, J. V. Rodríguez-Maheya y E. Lamarca (eds) (2006) Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina.
- Arévalo, J. E. (2001) Manual de campo para el monitoreo de mamíferos terrestres en áreas de conservación. Asociación Conservacionista de Monetverde.
- Fragoso, C., P. Reyes y P. Rojas (2001) La importancia de la biota edáfica en México. Ed. Departamento de Biología de Suelos y Departamento de Ecología y Conservación de Ecosistemas. INECOL, A. C.
- Gallina-Tessaro, S. (s/fecha). Características y evaluación del hábitat. Fauna silvestre de México: uso, manejo y legislación. INECOL, A.C.
- Gliessman, S. R. (2015) Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems. US: CRC Press
- Guerrero Cárdenas, I., I. Tovar Zamora y S. Álvarez Cárdenas, S. (2003) Factores que afectan la distribución espacial del borrego cimarrón *Ovis canadiensis weemsi*. *Anales del Instituto de Biología*, 74(1).
- Hodgson, J. M. (1987) Soil sampling and soil description. Oxford: REVERTÉ S. A.
- Lechowicz, M. J. (1982) The sampling characteristics of electivity indices. *Oecologia* 52: 22-30
- Monroy Vilchis, O. (1999) Los mamíferos de hábitat templados del sur de la cuenca de México. *Biodiversidad de la región de montaña del sur de la cuenca de México* 141-159
- Moreira, F. M. S. (2012) Manual de biología de suelos tropicales. Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo el suelo. 1st Ed.
- Moreno, C. E. (2012) Métodos para medir la biodiversidad. Primera edición. México: INECOL, A. C.
- Munné, A. C., C. Solá y N. Prat. 1998. QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua* 175: 20-37
- Navarrete, A., G. Vela y J. López. (2011) Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *ContactoS* 80: 29-37
- Ralph, C. J. (1996) Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. USDA. Forest Service.
- Rice, K. G. (2006) Uso de anfibios como indicadores del éxito de la restauración de ecosistemas. Universidad de Florida: Wild Ecology & Conservation.
- Robles Chavira, M. A. (2003) Clasificación y ordenación de la selva baja en el ejido de Tachinolpa, Culiacán, Sinaloa.
- Sazonado Ortuño, I. (2004) Anfibios: Centinelas de la biodiversidad, *Ciencia y Desarrollo* (Sep 2004)
- Schlosser, I. J. (1987) The role of predation in age and size relate habitat use by stream fishes *Ecology*, 63
- Seibe, C. y R. Jahn (1996) Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. México: sociedad mexicana de la ciencia del suelo.
- Soil Quality Indicators: Particulate Organic Matter (s/fecha) Available at: <http://soilquality.org/indicators/pom.html#> (Accessed: 10 September 2015)
- Soto, G. (2003). Taller de Abonos Orgánicos. Centro de investigaciones Agronómicas de la Universidad de costa Rica.
- Trejo Vázquez, I. (1999) El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones geográficas* 39.
- United States Department of Agriculture (1999) Soil Quality Test Kit Guide. US.
- Vargas Ríos, O. (2011) Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16



Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.