1 LOS PASOS FUNDAMENTALES EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Orlando Vargas, Biólogo
Universidad Nacional de Colombia
jovargasr@unal.edu.co

¿QUÉ ES LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA?

Antes de dar una definición de restauración ecológica es necesario tener en cuenta algunos conceptos que nos pueden ayudar a su comprensión:

1. Los ecosistemas regeneran por si solos cuando no existen barreras que impidan esta regeneración, lo cual se denomina restauración pasiva (sucesión natural). En otras palabras, la restauración pasiva se refiere a que en un ecosistema degradado al eliminar los factores tensionantes o los disturbios que impiden su regeneración, se restaurará solo.
2. Cuando los ecosistemas están muy degradados no pueden regenerarse solos, es muy lenta su regeneración o se desvía o detiene su dinámica natural; por consiguiente, es necesario implementar estrategias para lograr su recuperación, lo cual se denomina restauración activa o asistida (sucesión dirigida o asistida). En la restauración activa es necesario ayudar o asistir al ecosistema para garantizar que se puedan desarrollar procesos de recuperación en sus diferentes fases y superar las barreras que impiden la regeneración.

Surgen entonces las siguientes preguntas:

¿Qué conocimientos debemos aplicar para asistir la recuperación de un ecosistema?
¿Qué debemos hacer para recuperar los mecanismos de regeneración de un ecosistema?

Lo primero que debemos hacer es tener un conocimiento básico de lo que es un ecosistema. Un ecosistema básicamente es un área de cualquier tamaño, con una estrecha relación o asociación de sus componentes físicos (abióticos) y biológicos (bióticos) y organizado de tal manera que si cambia un componente, o subsistema, cambian los otros componentes y en consecuencia el funcionamiento de todo el ecosistema.

En el estudio de los ecosistemas se tiene en cuenta su composición de especies, su estructura y su funcionamiento (procesos), porque en últimas la restauración ecológica es un tipo de manejo de ecosistemas que apunta a recuperar la biodiversidad, su integridad y salud ecológicas. La biodiversidad es su composición de especies (principalmente de los productores primarios, las plantas), la integridad ecológica es su estructura y función y la salud ecológica es su capacidad de recuperación después de un disturbio (resistencia a disturbios y resiliencia), lo cual garantiza su sostenibilidad (13).

En consecuencia la capacidad de restaurar un ecosistema dependerá de una gran cantidad de conocimientos, como por ejemplo: el estado del ecosistema antes y después del disturbio, el grado de alteración de la hidrología, la geomorfología y los suelos**,** **l**as causas por las cuales se generó el daño; la estructura, composición y funcionamiento del ecosistema preexistente, la información acerca de las condiciones ambientales regionales, la interrelación de factores de carácter ecológico cultural e histórico: es decir la relación histórica y actual entre el sistema natural y el sistema socioeconómico, la disponibilidad de la biota nativa necesaria para la restauración, los patrones de regeneración, o estados sucesionales de las especies (por ejemplo, estrategias reproductivas, mecanismos de dispersión, tasas de crecimiento y otros rasgos de historia de vida o atributos vitales de las especies), las barreras que detienen la sucesión y el papel de la fauna en los procesos de regeneración.

El éxito en la restauración también dependerá de los costos, de las fuentes de financiamiento y voluntad política de las instituciones interesadas en la restauración; pero ante todo de la colaboración y participación de las comunidades locales en los proyectos.

RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SERI por sus siglas en inglés) define la restauración ecológica como *"el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado, o destruido"* (14). En otras palabras la restauración ecológica es el esfuerzo práctico por recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer algunas trayectorias posibles de los ecosistemas históricos o nativos de una región. Se entiende que las dinámicas naturales deben estar dirigidas a la recuperación, no de la totalidad sino de los componentes básicos de la estructura, función y composición de especies, de acuerdo a las condiciones actuales en que se encuentra el ecosistema que se va a restaurar (14).

De lo anterior podemos destacar y concluir lo siguiente:

a. Es factible que con ayuda humana se puedan recuperar los mecanismos de regeneración del ecosistema.
b. El ecosistema puede volver a una o varias de sus trayectorias posibles, pero difícilmente puede llegar a su estado original.
c. Estas trayectorias van a depender del conocimiento que se tenga del ecosistema de referencia (ecosistema predisturbio) y del estado actual del ecosistema (ecosistemas postdisturbio).
d. Las condiciones actuales del ecosistema dependen de la relación histórica entre naturaleza y sociedad.
e. El objetivo de la restauración ecológica es iniciar o acelerar procesos que conduzcan a la recuperación de un ecosistema.

La visión ecosistémica implica que lo que debe retornar a un estado predisturbio son las condiciones ecológicas que garantizan la recuperación de la composición estructura y función del ecosistema y que recuperan servicios ambientales. Desde este punto de vista la restauración es un proceso integral de visión ecosistémica tanto local, como regional y del paisaje, que tiene en cuenta las necesidades humanas y la sostenibilidad del los ecosistemas naturales, seminaturales y antrópicos.

El valor de usar la palabra restauración desde el punto de vista ecosistémico es que nos ayuda a pensar en todos los procesos fundamentales de funcionamiento de un ecosistema, especialmente en los procesos ligados a las sucesiones naturales (3), sus interacciones y las consecuencias de las actividades humanas sobre estos procesos.

Muchas áreas en el mundo están tan alteradas que ya es difícil hablar de restauración y se pueden emprender otras acciones como la rehabilitación, la reclamación o reemplazo y la revegetalización. En general el concepto de restauración abarca o incluye actividades como la rehabilitación o reemplazo.

REHABILITACIÓN

Varios autores utilizan la palabra rehabilitación como sinónimo de restauración. Pero en realidad su uso presenta diferencias. La rehabilitación no implica llegar a un estado original. Por esta razón la rehabilitación se puede usar para indicar cualquier acto de mejoramiento desde un estado degradado (1), sin tener como objetivo final producir el ecosistema original. Es posible que podamos recuperar la función ecosistémica, sin recuperar completamente su estructura, en este caso estamos hablando de una rehabilitación de la función ecosistémica, muchas veces incluso con un reemplazo de las especies que lo componen (11).

En muchos casos la plantación de árboles nativos o de especies pioneras dominantes y de importancia ecológica puede iniciar una rehabilitación.

RECLAMACIÓN O REEMPLAZO

Reclamación es un término utilizado en la literatura anglosajona (reclamation) y hace referencia, mas al retorno de un estado de utilidad que a un estado original.

Se reemplaza un ecosistema degradado por otro productivo, pero estas acciones no llevan al ecosistema original. Este término ha sido muy utilizado en la recuperación de minas a cielo abierto. Munshower (8) se refiere a la reclamación como a las acciones para la construcción de topografía, suelo y condiciones para las plantas después del disturbio, lo cual puede llevar a que el sitio predisturbio sea diferente, pero permite a la tierra degradada funcionar adecuadamente en el ecosistema del cual este era y es parte.

REVEGETALIZACIÓN

Es un término utilizado para describir el proceso por el cual las plantas colonizan un área de la cual ha sido removida su cobertura vegetal original por efecto de un disturbio. La revegetalización no necesariamente implica que la vegetación original se reestablece, solamente que algún tipo de vegetación ahora ocupa el sitio. Por ejemplo, muchas áreas que sufren disturbios son ocupadas por especies invasoras que desvían las sucesiones a coberturas vegetales diferentes a las originales.

En síntesis la restauración ecológica difiere de la revegetalización, rehabilitación y reclamación en tres aspectos fundamentales:

a. La restauración busca reestablecer no solamente la función del sitio, sino además sus componentes, estructura y complejidad.
b. La restauración depende de un propósito intencional y de actividades humanas constructivas.
c. La restauración no intenta únicamente imitar lo que era un sistema, sino además replicar lo que un sistema hacía y así crear una autoorganización sostenible y persistente. Un sistema restaurado es capaz de sostenerse así mismo, puede resistir invasiones por nuevas especies, es tan productivo como el original y tiene interacciones bióticas similares a la original.

La restauración ecológica como disciplina intencional y multidimensional, tiene otras dimensiones además de la ecológica, como la social, política, económica y ética (14).

La dimensión social busca integrar las poblaciones humanas a los proyectos de restauración y contribuir a mejorar sus condiciones, esto implica que se debe tener un enfoque amplio de restauración para lograr que la gente se identifique con los objetivos de los proyectos. En muchas regiones debe existir una planificación y ordenamiento del paisaje para que la gente esté de acuerdo con que parte de las tierras deben ser destinadas a restauración para garantizar la sostenibilidad de servicios ambientales como el agua y áreas de rehabilitación de suelos para garantizar la sostenibilidad de los sistemas productivos.

Las dimensiones económica y política se refieren principalmente a los costos que implica restaurar grandes áreas y a la necesidad de una voluntad política que haga de la restauración una práctica ligada a la conservación de ecosistemas.

La dimensión ética implica replantear una visión de la naturaleza, cambiar comportamientos de destrucción y reemplazarlos por comportamientos hacia la conservación y restauración. Otro aspecto muy importante es la relación ética con las comunidades locales. En comunidades indígenas donde existe una relación estrecha con la naturaleza hay que tener en cuenta su dimensión espiritual.

¿CÓMO EMPEZAR UN PROCESO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA?

Cuando vamos a elegir un área para restaurar nos encontramos ante una gran variedad de factores tanto naturales como sociales que hacen que cada sitio sea único y que las estrategias para restaurar sean diferentes para cada sitio dentro de un mismo ecosistema; por ejemplo, sectores muy cercanos unos de otros tienen una historia de transformación y de uso actual muy diferente, como es el caso de áreas que fueron sometidas a agricultura, pastoreo, plantaciones forestales con especies exóticas, áreas invadidas por especies exóticas, áreas que han sido quemas y pastoreadas, o que fueron utilizadas para minería. Encontramos entonces una gran heterogeneidad ambiental y una historia de uso difícil de reconstruir. Otras áreas han sido tan modificadas que no quedan muestras en el paisaje del ecosistema original.

Aunque no existen recetas para restaurar un ecosistema, por la particularidad intrínseca de cada sitio, si existen recomendaciones generales basadas en las bases teóricas y conceptuales de la Restauración Ecológica y en las experiencias acumuladas en los intentos de restaurar diferentes ecosistemas en el mundo. En esta Guía Metodológica se presentan algunas estrategias generales que pueden servir para cualquier ecosistema y otras particulares para la restauración del bosque altoandino en áreas con plantaciones de pinos, potreros y áreas invadidas por el retamo espinoso.

En el proceso se van precisando preguntas sobre el ecosistema o comunidad, como las siguientes:

¿Cuales son los conocimientos básicos sobre el sitio que se va a restaurar, su historia y las comunidades humanas que los rodean?
¿Cuales son los factores tensionantes, o barreras a la restauración que impiden la regeneración natural de las sitios a restaurar?
¿Cómo se pueden superar las barreras a la restauración?
¿Cómo formular adecuadamente objetivos de restauración?

Hobbs y Norton (5) han definido cinco fases claves para los programas de restauración:

- Identificar y tratar las causas y procesos responsables de la degradación del ecosistema.
- Definir en forma realista los objetivos y sus formas de evaluación.
- Desarrollar metodologías para implementar tales objetivos.
- Incorporar las metodologías desarrolladas en las prácticas de manejo ecosistémico.
- Evaluar el grado de éxito y monitorear el curso de la restauración.

En general muchos autores coinciden con algunos pasos a seguir, por ejemplo Sánchez (12) resume de la siguiente forma aspectos generales de la restauración: "*en suma, los supuestos y fundamentos de la restauración ecológica requieren que todo esfuerzo práctico sea precedido por un razonamiento claro, basado en la evidencia biológica, la historia del sitio en varias escalas de tiempo, el conocimiento de las causales de deterioro, su extensión, severidad y recurrencia, así como los alcances y posibilidades reales de sus eliminación o reducción, igualmente, es importante que todo proceso de restauración ecológica se plantee posibles objetivos concretos, a la escala adecuada y con el énfasis puesto en la recuperación a largo plazo*".

En esta Guía Metodológica se proponen 13 pasos fundamentales a tener en cuenta en un proyecto de restauración ecológica, los cuales pueden ayudar a estructurar proyectos en diferentes circunstancias. No se trata de una receta para restaurar sino de una forma de pensar la complejidad y particularidad de los sitios a restaurar. Los pasos a seguir no necesariamente tienen que ser en el orden propuesto, todo depende de la particularidad de los sitios, de las escalas y los objetivos propuestos.

13 PASOS EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

1. Definir el ecosistema o comunidad de referencia.
2. Evaluar el estado actual del ecosistema o comunidad.
3. Definir las escalas y niveles de organización.
4. Establecer las escalas y jerarquías de disturbio.
5. Lograr la participación comunitaria.
6. Evaluar el potencial de regeneración del ecosistema.
7. Establecer las barreras a la restauración a diferentes escalas.
8. Seleccionar las especies adecuadas para la restauración.
9. Propagar y manejar las especies.
10. Seleccionar los sitios.
11. Diseñar estrategias para superar las barreras a la restauración.
12. Monitorerar el proceso de restauración.
13. Consolidar el proceso de restauración.

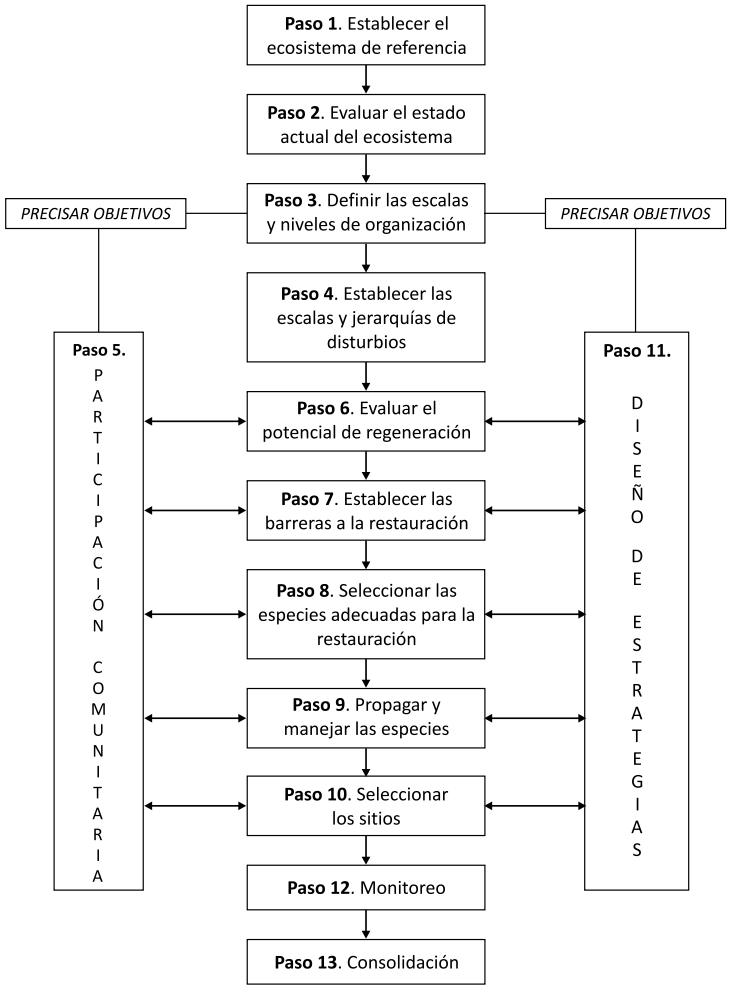

Figura 1. Secuencia y relaciones de los 13 pasos fundamentales en la restauración ecológica.

En la Figura 1 se presenta la secuencia de los 13 pasos fundamentales en la restauración ecológica. Los pasos 5 y 11 son transversales y están presentes en casi todo el proceso de las fases diagnóstica y experimental. Esto quiere decir que la participación comunitaria es muy importante en todo el proceso de restauración y que el diseño de estrategias se va retroalimentando de los conocimientos derivados de los pasos 6 a 10.

Los 13 pasos los podemos agrupar en cuatro grandes categorías con sus divisiones de la siguiente manera:

1. FASES	a. Diagnóstica (Pasos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) b. Experimental (Pasos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11) c. Monitoreo (Paso 12) d. Consolidación (Paso 13)
2. ESCALAS	a. Regional b. Local c. Parcela
3. NIVELES	a. Paisaje b. Comunidad c. Población – organismo
4. BARRERAS A LA RESTAURACIÓN	a. Barreras a la dispersión b. Barreras al establecimiento c. Barreras a la persistencia d. Barreras sociales

NOTA: Los pasos 5, 6 y 7 son comunes a las fases diagnóstica y experimental, porque es necesario, en algunos casos, hacer experimentos para poder diagnosticar adecuadamente el estado del ecosistema y precisar las barreras a la restauración.

En la Figura 2 se presenta un esquema de relación de estas cuatro categorías y sus divisiones. La influencia humana y la participación comunitaria se pueden entender como una escala social que permea todas las escalas y niveles y se relaciona con todas las fases y barreras a la restauración.

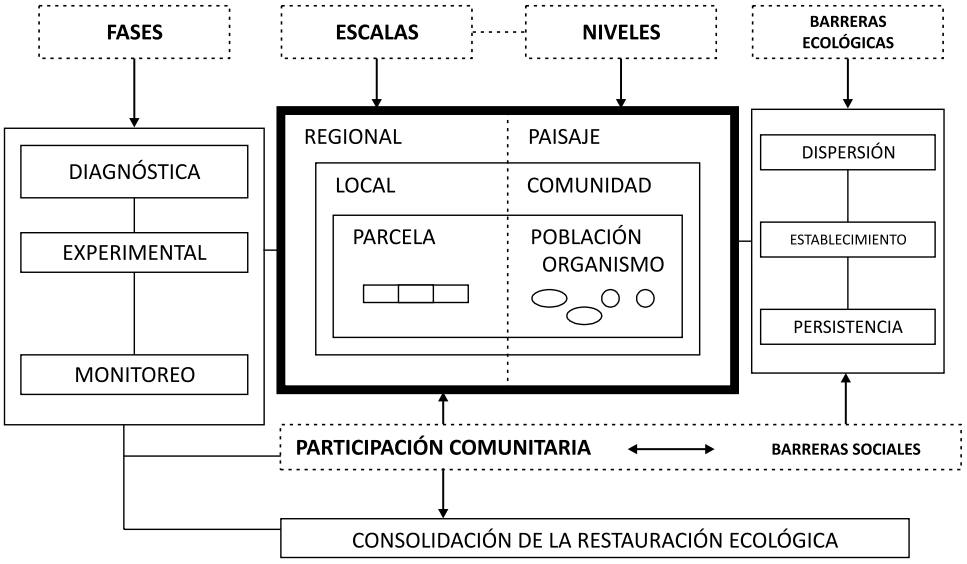

Figura 2. Relación entre las cuatro grandes categorías y sus divisiones.

A continuación se explica brevemente cada uno de los pasos, y en el capítulo siguiente se precisa su importancia y se dan recomendaciones de como desarrollar cada paso.

FASE DIAGNÓSTICA · PASOS 1-2-3-4-5-6-7

PASO 1. DEFINIR EL ECOSISTEMA DE REFERENCIA

La definición del ecosistema de referencia es uno de los problemas centrales de la restauración ecológica. La rápida destrucción y reemplazo de muchos ecosistemas ha hecho que no se tengan registros del ecosistema histórico en las diferentes regiones del mundo. Otros ecosistemas al ser degradados son colonizados masivamente por especies invasoras o por especies colonizadoras de ecosistemas aledaños, como el caso de la sabanización, paramización y aridización, en los ecosistemas colombianos.

En consecuencia, la transformación de la naturaleza implica: pérdida de hábitats y su heterogeneidad ambiental, desconocimiento de las especies dominantes y de las especies pioneras del ecosistema histórico, la fragmentación y pérdida de conectividad: en consecuencia os sitios que se van a restaurar no tienen un referente cercano de la comunidad o ecosistema. Esto conlleva una dificultad para concretar objetivos y para definir metas a largo plazo,

Sin embargo, y debido a la gran complejidad y heterogeneidad ambiental de Colombia, aún podemos encontrar grandes y pequeños relictos de los ecosistemas originales que pueden servir de referencia en proyectos de restauración ecológica. Estos relictos hay que conservarlos porque reflejan trayectorias posibles del ecosistema original. Muchas especies pueden estar extintas localmente, pero no regionalmente y el conocimiento de su distribución y etapa sucesional es una prioridad en programas regionales de restauración.

Un primer paso, entonces, es tener un conocimiento claro de la región y su historia de uso, para lo cual es necesario hacer una reconstrucción histórica del ecosistema a restaurar: su extensión, el tipo de ecosistema, sus especies más importantes y como fue la transformación y las épocas en que aparecieron sus diferentes usos (12).

La falta de información completa del ecosistema original no debe ser disculpa para no hacer nada, lo importante es iniciar procesos y en la medida que se desarrolla el conocimiento regional se pueden ir ajustando las trayectorias sucesionales, para que la naturaleza recupere mecanismos a diferentes escalas de espacio y tiempo.

PASO 2. EVALUAR EL ESTADO ACTUAL DEL ECOSISTEMA

Se hace una evaluación previa del ecosistema, y se evalúan sus condiciones actuales. En esta fase se empieza a tener evidencia del problema para poder precisar posteriormente los objetivos de restauración. Se hace énfasis, de acuerdo al ecosistema de referencia (paso 1), en el estado actual del ecosistema en términos de su integridad ecológica: composición de especies, estructura y función. En este paso se va iniciando la comprensión entre los factores de alteración y los atributos del ecosistema.

Es necesario iniciar la comprensión del área, en el contexto regional del ecosistema. Con los pasos 1 y el 2, se va adquiriendo muchas fuentes de información, sobre la distribución del ecosistema y o de ecosistemas similares, en este caso es muy importante la opinión de expertos, el conocimiento local y la tradición indígena.

En el caso de las áreas protegidas es necesario tener información de sus categorías de conservación (nacionales, departamentales, municipales) y su relación con las áreas vecinas (zonas de amortiguación).

PASO 3. DEFINIR LAS ESCALAS Y NIVELES DE ORGANIZACIÓN

Dentro de los ecosistemas se presentan múltiples procesos los cuales operan a diferentes escalas regulando la composición de especies y la estructura y función del ecosistema. Las escalas son temporales y espaciales.

Una comprensión de la estructura y función del ecosistema en varias escalas espaciotemporales es esencial en los proyectos de restauración. Los sitios a restaurar están en relación con escalas más grandes, por ejemplo, una cuenca hidrográfica dentro de

una región, y por consiguiente los objetivos de la restauración se definen en las escalas espaciales más importantes y de mayor influencia.

Los ecosistemas actuales son mosaicos de hábitats que varían en espacio y tiempo. Los disturbios naturales y antrópicos afectan los patrones de estos mosaicos de vegetación y los procesos a escala de paisaje.

Debido a que las escalas de disturbios y su extensión son impredecibles es importante tener en cuenta que la restauración es un proceso complejo y la formulación de objetivos tiene que ser flexible.

La distribución espacial y dinámica de los parches de hábitat dentro de un paisaje afecta la distribución y abundancia de muchas especies, especialmente las de amplio rango de distribución que dependen de recursos a escala de paisaje. Un sitio restaurado forma un parche que puede contribuir a escala de paisaje con diferentes recursos y de esta manera contribuye a determinar la distribución y abundancia de las especies a escala regional. La perspectiva regional es muy importante para evaluar la influencia del paisaje sobre el proyecto y las consecuencias de la restauración en el contexto de un paisaje.

A nivel espacial se presentan diferentes escalas que van desde las características de los individuos hasta la distribución de una especie en un paisaje, o desde la escala de parcela hasta la escala regional. Las escalas temporales son las más complicadas de abordar, puesto que al estudiar y comprender un proceso es necesario abarcar su duración completa.

Las escalas han sido abordadas de diferentes formas a la hora de estudiar la respuesta de los ecosistemas a las alteraciones (disturbios) humanos y naturales. A escalas espaciales se realizan estudios para observar requerimientos de germinación de semillas o crecimiento de plántulas hasta estudios sobre unidades de paisaje y cuencas hidrográficas, normalmente a mayor especificidad (menor escala) se necesita un mayor número de datos para poder determinar el estado del ecosistema. A escalas temporales el estudio se determina principalmente por los ciclos de disturbio y/o procesos sucesionales (17).

Los proyectos de restauración ecológica abarcan diferentes niveles de organización desde poblaciones de especies, comunidades, ecosistemas y paisajes. En cada nivel se deben definir claramente los objetivos porque cambia la escala, puede ser regional, local o de parcela.

Una recomendación importante cuando se trabajan varios niveles y escalas es entender cómo niveles inferiores condicionan fenómenos a escala superior.

Definicion de objetivos

A partir del paso 3 se van precisando los objetivos del proyecto de restauración y sus escalas. Se va definiendo el estado deseado dentro de las posibles trayectorias sucesionales posibles del ecosistema. En este momento es importante que inicien activamente su participación las comunidades locales para definir los objetivos.

Los objetivos se deben establecer con mucha claridad para lograr que el proyecto tenga éxito en términos de efectividad y costos. Se debe estar seguro de las influencias externas. Es muy importante tener en cuenta el cambio global, principalmente en relación con especies invasoras y cambios climáticos

PASO 4. ESTABLECER LAS ESCALAS Y JERARQUÍAS DE DISTURBIO

El carácter dinámico de los ecosistemas terrestres es una función del régimen de disturbios que opera en un amplio rango de escalas espacio-temporales. A su vez, los patrones espacio-temporales de los disturbios en un paisaje resultan de la interacción de patrones climáticos, topográficos y geomorfológicos y, de la estructura y dinámica de la vegetación en el paisaje (6).

El análisis de los disturbios (naturales y antrópicos) dentro de un modelo jerárquico y su relación con los diferentes tipos de dinámica de la vegetación son la base para la comprensión de la dinámica de los patrones de paisaje en diferentes escalas.

Dentro de los disturbios naturales, en una megaescala se presentan eventos catastróficos, que alteran el sustrato y transtornan los mecanismos de persistencia y recuperación de las especies, como los grandes fenómenos geológicos de deriva continental, tectónica de placas (como el levantamiento de los Andes y del Itsmo de Panamá y, actividad volcánica), así como los ciclos

glaciales e interglaciales. Otros disturbios naturales presentes son: erosión, lluvias y vientos, heladas, disturbios producidos por animales y fuego.

Disturbios antrópicos se relacionan con ganadería y agricultura, la explotación de minas (calizas, carbón, oro), la construcción de obras civiles (embalses, oleoductos y carreteras) y el uso de especies (corte para leña) y del suelo (siembra de especies forestales).

El disturbio es determinante en la dinámica ecológica ya que es uno de los factores que desencadenan el proceso de sucesión. Por ello puede considerarse que un disturbio es cualquier evento relativamente discreto en el tiempo, que irrumpe en la estructura de las poblaciones, las comunidades o el ecosistema y cambia la disponibilidad de recursos y el ambiente físico. En general, se consideran como disturbios los eventos destructivos de origen natural o antrópico y las fluctuaciones ambientales que estos puedan presentar en espacio y tiempo.

Al estar ligados los procesos de sucesión ecológica y de disturbio es difícil realizar predicciones respecto al rumbo o dirección que seguirá la comunidad en su sucesión a través del tiempo, ya que las dimensiones espaciales (tamaño, forma), temporales (duración, frecuencia) y la magnitud (intensidad, severidad) de los disturbios se constituyen en factores determinantes de la dirección (composición y diversidad de especies) de la sucesión ecológica (4).

Un disturbio es considerado directo si su acción afecta la supervivencia o permanencia de los individuos en un lugar determinado, e indirecto si su acción altera los niveles de recurso de un modo u otro, para finalmente repercutir en la supervivencia o permanencia de los individuos. Si un disturbio es predecible, la comunidad puede adaptarse a él, pero si es impredecible tendrá un gran impacto (desplazamiento o muerte de individuos) sobre ella (10).

El efecto del disturbio es hacer que la comunidad regrese a un estado de sucesión anterior, así como crear espacios que permitan el ingreso de otras especies. Los disturbios hacen parte de la dinámica de los sistemas naturales. El que ocurran a diferentes escalas espacio – temporales puede afectar la organización de un ecosistema de modo selectivo o general según el tipo e intensidad del mismo.

FASES DIAGNÓSTICA Y EXPERIMENTAL · PASOS 5-6-7

PASO 5. LOGRAR LA PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

Como hemos mencionado la restauración ecológica es una actividad con diferentes escalas espaciales y temporales, en las cuales los disturbios antrópicos juegan un papel importante en cualquier escala que se elija. Así sea un área de conservación la influencia humana todo lo permea a cualquier escala.

La perdida de los servicios ambientales de los ecosistemas es también una preocupación de las gentes en cualquier región y por consiguiente hay que tener en cuenta tanto el manejo regional como las necesidades de las comunidades locales.

Por eso es muy importante que la gente participe activamente, desde su formulación en los proyectos de restauración, esto puede garantizar su continuidad y consolidación.

Es muy importante explorar la aceptabilidad que tendría el eventual programa de restauración, en función del entorno socioeconómico que prevalezca en el área, con especial atención a las aspiraciones propias de las comunidades humanas locales, en términos del futuro que desean.

Los conocimientos que tienen las poblaciones humanas locales sobre su región, su historia de uso, la ubicación de las especies y en algunos casos su propagación son conocimientos de gran importancia en el éxito de los proyectos.

De esta forma la educación ambiental se vuelve más práctica y se puede consolidar a corto y largo plazo una educación ambiental para la restauración ecológica de la región.

La restauración ecológica es una actividad de largo y por consiguiente quienes deben garantizar la continuidad de los proyectos son las poblaciones locales con apoyo de organizaciones locales, municipales, departamentales y nacionales.

PASO 6. EVALUAR EL POTENCIAL DE REGENERACIÓN

En la fase diagnóstica la evaluación del potencial de regeneración se refiere a la disponibilidad de especies en la región, su ubicación, su etapa sucesional y abundancia.

En esta fase se tiene una aproximación a las especies pioneras y a las especies sucesionales tardías, a las especies dominantes, codominantes y raras y sobre todo a las especies que potencialmente pueden ser utilizadas en experimentos de restauración.

Muchas especies pueden estar extintas localmente, pero no regionalmente, es por esto que es necesario tener muy claro el contexto regional.

En esta fase es necesario tener un inventario de la composición de especies y una clasificación de las etapas sucesionales para tratar de definir la estructura de las especies dominantes en el ecosistema histórico y en diferentes trayectorias sucesionales según los mosaicos actuales producto de diferentes regimenes de disturbios.

PASO 7. ESTABLECER LAS BARRERAS A LA RESTAURACIÓN A DIFERENTES ESCALAS

Una de las actividades más importantes en la fase diagnóstica es la definición de las diferentes barreras a la restauración, tanto ecológicas como sociales, para lo cual es muy importante el conocimiento del estado de la región. Es necesario definir hasta que punto las condiciones actuales pueden garantizar la recuperación del ecosistema a una trayectoria sucesional posible, tomada como meta.

Las barreras se pueden definir teniendo en cuenta las diferentes etapas de las plantas en la fase de dispersión, establecimiento y persistencia y las barreras sociales que impiden la regeneración de los ecosistemas (16).

En esta fase diagnóstica es necesario hacer investigaciones básicas para evaluar el estado del potencial de regeneración. Es necesario definir si es necesario desarrollar una fase de rehabilitación del suelo y el régimen hidrológico, antes de proceder a otros aspectos de la restauración.

FASE EXPERIMENTAL · PASOS 8-9-10-11

PASO 8. SELECCIONAR LAS ESPECIES ADECUADAS PARA LA RESTAURACIÓN

La selección de especies para la restauración es un aspecto muy importante, puesto que el éxito de los proyectos depende de esta selección.

Del listado de especies y sus trayectorias sucesionales registrado en el potencial de regeneración, se seleccionan las especies más importantes bajo una escala de atributos o rasgos de historia de vida que pueden ser útiles en los sitios que se van a restaurar

En esta fase es necesario combinar el conocimiento de la gente y el conocimiento de expertos locales y científicos.

PASO 9. PROPAGAR Y MANEJAR LAS ESPECIES

Una vez seleccionadas las especies se presenta el problema de la consecución del material, muchas especies no se consiguen en los viveros locales, o las cantidades no son suficientes para el requerimiento de los experimentos o del tamaño de las áreas

La construcción de viveros o invernaderos es muy importante para la propagación y crecimiento permanente del material requerido. En ciertos casos, los costos de construcción de un vivero son altos. En estos casos es posible conseguir plántulas o rebrotes o sembrar directamente las semillas en el área a restaurar.

Un error muy común en proyectos de restauración es la siembra directa de árboles en áreas potrerizadas o áreas abiertas, donde las condiciones ambientales son extremas.

PASO 10. SELECCIONAR LOS SITIOS

La selección de los sitios a restaurar, o donde se van a realizar experimentos, debe hacerse cuidadosamente. En este paso ya hay un conocimiento de lo que sucede a diferentes escalas, principalmente como actúa el régimen de disturbios naturales y antrópicos.

En este paso se evalúa principalmente el estado del suelo a escalas locales y de parcela.

Algunos criterios de selección de los sitios son los siguientes:

1. Ubicación en sitios accesibles.
2. Definir el área y su grado de alteración.
3. Evaluar el estado del suelo y su hidrología
4. Definir si aún persisten los disturbios a esa escala y predecir si se pueden volver a presentar. Si no se eliminan de una forma definitiva los factores tensionantes es posible que el proyecto no sea viable.
5. Evaluar con las comunidades locales las actividades humanas, buscando la mayor compatibilidad posible con el proyecto.
6. Tener en cuenta las recomendaciones de las comunidades locales en cuanto a fenómenos estacionales como inundaciones.

PASO 11. DISEÑAR ESTRATEGIAS PARA SUPERAR LAS BARRERAS A LA RESTAURACIÓN

Dada la variedad de disturbios y sitios en los que ocurren, es necesario el desarrollo de técnicas físicas, químicas y biológicas que puedan ser utilizadas independientemente y/o conjuntamente para alcanzar los resultados deseados a partir de diferentes condiciones iniciales (7).

El primer paso crítico para los programas de restauración y rehabilitación es la identificación y posterior supresión o atenuación de los factores responsables de la degradación ambiental. Un segundo paso crítico es el restablecimiento de las condiciones edáficas, hidrológicas y microclimáticas con reintroducción de biota nativa (9).

FASE DE MONITOREO · PASO 12

PASO 12. MONITOREAR EL PROCESO DE RESTAURACIÓN

Es necesario diseñar un sistema de seguimiento del área sujeta a restauración, dejando claramente establecidos los indicadores que resulten más apropiados para la escala y tipo de caso que se trate y un método estándar para medir sus variaciones, referidas al espacio y al tiempo.

Mantener un seguimiento puntual de la llegada de especies exóticas invasoras al área de restauración, procurando evitar su establecimiento por todos los medios posibles.

Con la información colectada durante el proceso se puede replantear nuevamente el modelo y se evalúan indicadores de éxito que se deben diseñar y evaluar a lo largo del proceso.

FASE DE CONSOLIDACIÓN · PASO 13

PASO 13. CONSOLIDAR EL PROCESO DE RESTAURACIÓN

La consolidación de un proyecto de restauración implica que se han superado casi todas las barreras a la restauración y que el ecosistema marcha de acuerdo a los objetivos planteados, las labores de mantenimiento y monitoreo deben indicar que el proceso marcha satisfactoriamente y el ecosistema empieza a mostrar variables de autosostenimiento, como el enriquecimiento de especies, la recuperación de la fauna, el restablecimiento de servicios ambientales relacionados con la calidad del agua y el suelo.

Un aspecto a tener en cuenta en la consolidación es la integración natural del área restaurada con el aspecto del paisaje natural remanente.

Para consolidar procesos de restauración es necesario establecer áreas piloto donde se garantice el desarrollo del proyecto a largo plazo.

LITERATURA CITADA

1. BRADSHAW, A.D. 2002. Introduction and Philosophy. En: M.R. Perrow & A.J. Davy (Eds.) Handbook of Ecological Restoration Vol. 1 Principles of Restoration. Pp 3-9. Cambridge University Press.

2. BROWN, S y A.E. LUGO. 1994. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining. *Restoration Ecology* 2(2): 97-111.

3. CAIRNS, J. 1987. Disturbed Ecosystems as Opportunities for Research in Restoration Ecology. En: Jordan, W.R., Gilpin, M. & Aber, J. (Eds.). *Restoration Ecology*. A Synthetic Approach to Ecological Research. Pp. 307-320. Cambridge University Press.

4. GLEEN-LEWIN, D.C. y E. VAN DER MAAREL 1992. Patterns and processes of vegetation dynamics. Pp. 11-59. En: D.C. Gleen-Lewin, R. Peet y Th. Veblen (Eds). Plant Succession. Theory and Prediction. Chapman and Hall.

5. HOOBS, R. J. y D. A. NORTON 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology* 4(2): 93-110.

6. HUSTON, M. 1994. Biological Diversity: the coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press.

7. MELI, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales: veinte años de investigación académica. *Interciencia* 28(10): 581-589.

8. MUNSHOWER, F.F. 1994. Practical Handbook of Disturbed Land Revegetation. Lewis Publishers. Boca Ratón, Florida.

9. PRIMACK, R. & MASSARDO, F. 2001. Restauración Ecológica. En: R. Primack, R. Rossi, P. Feinsinger, R. Dirzo & F. Massardo (Eds). Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Pp. 559-582. Fondo de Cultura Económica. México.

10. REICE, S.R. 1994. Nonequilibrium, determinants of biological community structure. *American Scientist*, 82: 424 – 435.

11. SAMPER, C. 2000. Ecosistemas Naturales, Restauración Ecológica e Investigación. En: E. Ponce de León (Ed.). Memorias del Seminario de Restauración Ecológica y Reforestación. Pp. 27-37. Fundación Alejandro Ángel Escobar – Fescol – GTZ. Bogotá, Colombia.

12. SÁNCHEZ, O. 2005. Restauración ecológica: algunos conceptos, postulados y debates al inicio del siglo XXI. En: Sánchez. O, E. Peters, R, Márquez, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y Danae Azuara (Eds). Temas sobre restauración ecológica. Instituto Nacional de Ecología. México.

13. SCB. Society for Conservation Biology. 2004. Principles of Conservation Biology: Recommended guidelines for conservation literacy from the education committee of the Society for Conservation Biology. *Conservation Biology* 18(5): 1180-1190.

14. SER. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International.

15. VARGAS O. y F. MORA 2007. La restauración ecológica. Su contexto, definiciones y dimensiones. Pp. 14-32. En: O. Vargas (ed). Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia – Colciencias.

16. VARGAS O., A. DÍAZ, L. TRUJILLO, P. VELASCO, R. DÍAZ, O. LEÓN y A. MONTENEGRO. 2007. Barreras para la Restauración Ecológica. Pp. 46-66. En: O. Vargas (ed). Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia – Colciencias.

17. VOGT, K.A, J.C. GORDON, J.P. WARGO, D.J. VOGT and collaborators. 1997. Ecosystems. Balancing science with management. Springer.

En Colombia se han hecho esfuerzos en la búsqueda de estrategias, guías y recomendaciones para la restauración ecológica, algunos ejemplos son:

- **Calle, Z**. 2003. Restauración de suelos y vegetación nativa: Ideas para una ganadería andina sostenible. CIPAV.
- **Camargo G**. 2007. Manual básico de restauración ecológica participativa. Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- **Cano, I. y N. Zamudio** 2006. Recuperar lo nuestro. Una experiencia de restauración ecológica con participación comunitaria en predios del embalse de Chisacá. O. Vargas y Grupo de Restauración Ecológica (eds). Universidad Nacional de Colombia, Acueducto de Bogotá, Jardín Botánico, DAMA.
- **Escuela de Restauración Ecológica** (Ed.) 2007. Memorias del Primer Simposio Nacional de Experiencias de Restauración Ecológica, julio 31 a agosto 3. Universidad Javeriana
- **Manrique, O.H**. 2004. Guía Técnica para la Restauración Ecológica en Áreas con Plantaciones Forestales Exóticas en el Distrito Capital. DAMA.
- **Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial**. 2003. Restauración de Ecosistemas. A partir del manejo de la vegetación. Guía Metodológica. Banco Mundial. MAVDT, CONIF.
- **Ríos, H.F**. 2005. Guía Técnica para la Restauración Ecológica de Áreas Afectadas por Especies Vegetales Invasoras en el Distrito Capital. Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis.
- **Rivera, J.H y J.A. Sinisterra**. 2006. Uso social de la bioingeniería para el control de la erosión severa. CIPAV - CVC.
- **Salamanca B. y G. Camargo**. 2000. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rurales de Santa Fe de Bogotá. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente y Fundación Bachaqueros.
- **Universidad Javeriana.** 2007. Restauración Ecológica de Canteras. Número especial de Universitas Scientiarium Vol.12. Revista de la Facultad de Ciencias.
- **Vargas O**. 2006 (editor). En busca del bosque perdido. Una experiencia de restauración ecológica en predios del embalse de Chisacá. Universidad Nacional de Colombia, Acueducto de Bogotá, Jardín Botánico, DAMA.
- **Vargas O.** (editor) 2007. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. El Caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua, Cundinamarca. Universidad Nacional de Colombia. Colciencias.
- **Vargas O**. (editor) 2007. Restauración ecológica del bosque altoandino. Estudios diagnósticos y experimentales en los alrededores del Embalse de Chisacá, localidad de Usme. Bogotá D.C. Universidad Nacional de Colombia, Acueducto de Bogotá, Jardín Botánico, Secretaría Distrital de Ambiente.