

Principios de *SER Internacional* sobre la restauración ecológica

SER (*Society for Ecological Restoration International* – Sociedad internacional
para la restauración ecológica)

Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (Versión 2: octubre de 2004)*

Sección 1: Introducción.....	2
Sección 2: Definición de restauración ecológica	3
Sección 3: Atributos de los ecosistemas restaurados	3
Sección 4: Explicación de la terminología.....	5
Sección 5: Ecosistemas de referencia.....	8
Sección 6: Especies exóticas.....	10
Sección 7: Monitoreo y evaluación.....	10
Sección 8: Planificación de la restauración.....	11
Sección 9: Relación entre la práctica de la restauración y la ecología de la restauración	12
Sección 10: Relación entre la restauración y otras actividades	12
Sección 11: Integración de la restauración ecológica en un programa más amplio	13
Society for Ecological Restoration International	15

Este trabajo debe citarse como: *Society for Ecological Restoration (SER) International*, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de *SER International* sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: *Society for Ecological Restoration International*.

Los autores principales de estos Principios fueron André Clewell (Quincy, Florida, EE.UU.), James Aronson (Montpellier, Francia) y Keith Winterhalder (Sudbury, Ontario, Canadá). Clewell inicialmente propuso esta Ponencia introductoria y escribió el primer borrador. Aronson y Winterhalder, en colaboración con Clewell, redactaron la edición actual de los Principios. Winterhalder, en su capacidad de presidente del Grupo de trabajo sobre ciencias y políticas de SER, coordinó este esfuerzo e invitó a otros miembros del Grupo de trabajo a participar. Eric Higgs (Victoria, British Columbia, Canadá) preparó la sección de la Introducción. Dennis Martínez (Douglas City, California, EE.UU.) contribuyó con un informe detallado sobre el que se basó el tema de los ecosistemas culturales. Otros miembros del Grupo de trabajo, particularmente Richard Hobbs (Murdoch, West Australia, Australia), James Harris (Londres, Reino Unido), Carolina Murcia (Cali, Colombia) y John Rieger (San Diego, California, EE.UU.), comentaron e hicieron sugerencias a medida que avanzaba el proyecto. El Grupo de trabajo agradece a Eric Higgs, ex presidente de la Junta Directiva de *SER International*, por su colaboración y por presentar los Principios a los directores de *SER International* quienes la adoptaron oficialmente como un documento de SER Internacional el 6 de abril de 2002, mediante un voto unánime.

Este documento reemplaza las Políticas de proyectos de *SER International* que se publicaron originalmente en *Restoration Ecology* 2(2):132-133, 1994, las cuales se colocaron posteriormente en el sitio Web de *SER International*. Este documento también reemplaza la política sobre Evaluación de un proyecto, que se colocó en el sitio Web de *SER International*. Las políticas ambientales de *SER International*, originalmente publicadas en *Restoration Ecology* 1(3):206-207, 1993, continúan en vigencia.

Este documento fue traducido de inglés por Carolina Murcia, representante de *SER International* en América Latina (cmurcia@wcs.org).

* El contenido de la segunda versión es exactamente igual a la primera versión publicada en 2002, salvo que se le ha agregado “International” al nombre SER, se han agregado fotos y se han rediseñado las gráficas. La segunda versión se publicó simultáneamente en forma impresa y en la Internet en www.ser.org.

Foto de la portada © Corbis

Sección 1: Introducción

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Con frecuencia, el ecosistema que requiere restauración se ha degradado, dañado, transformado o totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre. En algunos casos, estos impactos en los ecosistemas fueron causados o empeorados por causas naturales, tales como incendios, inundaciones, tormentas o erupciones volcánicas, hasta tal grado que el ecosistema no se puede restablecer por su cuenta al estado anterior a la alteración o a su trayectoria histórica de desarrollo.

La restauración trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica. Por lo tanto, las condiciones históricas son el punto de partida ideal para diseñar la restauración. El ecosistema restaurado puede no recuperar su condición anterior debido a limitaciones y condiciones actuales que pueden orientar su desarrollo por una trayectoria diferente. La trayectoria histórica de un ecosistema gravemente impactado puede ser difícil o imposible de determinar con exactitud. No obstante, la dirección general y los límites de esa trayectoria se pueden establecer a través de una combinación de conocimientos sobre la estructura, composición y funcionamiento preexistentes del ecosistema dañado, de estudios de ecosistemas intactos comparables, información sobre condiciones ambientales de la región y análisis de otras informaciones ecológicas, culturales e históricas del ecosistema de referencia. Esta combinación de fuentes permite trazar la trayectoria histórica o condiciones de referencia a partir de los datos ecológicos iniciales y con ayuda de modelos predictivos. La emulación de éste proceso, durante la restauración, deberá ayudar a guiar al ecosistema hacia una mejor salud e integridad.

La restauración representa un compromiso de tierras y recursos a un largo plazo indefinido, de tal forma que la propuesta de restaurar un ecosistema requiere una deliberación cuidadosa. Las decisiones colectivas tienen más probabilidad de ser acatadas y ejecutadas que aquellas tomadas unilateralmente. Por lo tanto, es de conveniencia para todos los participantes tomar por consenso la decisión de iniciar un proyecto de restauración. Una vez que se toma la decisión de restaurar, el proyecto requiere una planificación cuidadosa y sistemática y un plan de seguimiento dirigido al restablecimiento del ecosistema. La necesidad de planificación es aún mayor cuando la unidad a ser restaurada es un paisaje complejo de ecosistemas contiguos.

Las intervenciones que se emplean en la restauración varían mucho de un proyecto a otro, dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones pasadas, de las condiciones culturales que han transformado el paisaje y de las oportunidades y limitaciones actuales. En la más simple de las circunstancias, la restauración implica eliminar o modificar una alteración específica, para permitir que los procesos ecológicos se recuperen por sí solos. Por ejemplo, la remoción de un dique o represa permite el retorno de un régimen histórico de inundaciones. En circunstancias más complejas, la restauración también podría requerir de la reintroducción intencional de especies autóctonas que se habían perdido y de la eliminación o control, hasta donde sea posible, de especies exóticas invasoras y dañinas. Con frecuencia, la degradación o transformación de un ecosistema tiene orígenes múltiples y prolongados de forma que desaparecen los constituyentes históricos de un ecosistema. A veces, la trayectoria de desarrollo de un ecosistema degradado queda totalmente bloqueada y su restablecimiento a través de procesos naturales parece demorarse indefinidamente. En todos estos casos, sin embargo, la restauración ecológica busca iniciar o facilitar la reanudación de estos procesos, los cuales retornarán el ecosistema a la trayectoria deseada.

Cuando se logra la trayectoria deseada, es posible que el ecosistema manipulado ya no requiera de más ayuda externa para asegurar su salud e integridad futuras, en cuyo caso se puede dar por terminada la restauración. No obstante, el ecosistema restaurado muchas veces requiere un manejo constante para contrarrestar la invasión de especies oportunistas, los impactos de varias actividades humanas, el cambio climático y otros acontecimientos imprevisibles. En ese aspecto, un ecosistema restaurado no se diferencia de un ecosistema saludable del mismo tipo, puesto que ambos probablemente requerirán algún nivel de manejo. Aunque la restauración de un ecosistema y el manejo del mismo son parte de un continuo y con frecuencia, emplean tipos de intervención similares, la restauración ecológica tiene como meta ayudar o iniciar la recuperación, mientras que el manejo del ecosistema tiene la intención de garantizar el bienestar constante del ecosistema restaurado de ahí en adelante.

En algunos ecosistemas, especialmente en países en vías de desarrollo, todavía se utilizan métodos culturales tradicionales sostenibles. En estos ecosistemas culturales existe una reciprocidad entre las actividades culturales y los procesos ecológicos, de modo que las acciones humanas refuerzan la salud y sostenibilidad del ecosistema. Muchos ecosistemas culturales han sufrido debido al crecimiento demográfico y varios tipos de presiones externas y ahora necesitan ser restaurados. La restauración de dichos ecosistemas normalmente incluye la recuperación concomitante de prácticas autóctonas de manejo ecológico, incluyendo el apoyo para la supervivencia cultural de los pueblos indígenas y de sus idiomas como bibliotecas vivientes del conocimiento ecológico tradicional. La restauración ecológica fomenta, y quizás hasta depende de, la participación a largo plazo de la población local. En la actualidad, las condiciones culturales de las culturas tradicionales están pasando por cambios sin precedentes a escala mundial. Para acomodar este cambio, la restauración ecológica puede aceptar y quizás hasta fomentar, nuevas prácticas sostenibles y culturalmente apropiadas que tomen en cuenta las condiciones y limitaciones con-

temporáneas. En este respecto, el enfoque norteamericano sobre la restauración de paisajes prístinos no tiene mucho sentido en lugares como Europa, donde los paisajes culturales son la norma, o en gran parte de África, Asia o Latinoamérica, donde la restauración ecológica es indefensible a menos que manifiestamente fortalezca la base ecológica de la supervivencia humana.

Lo que hace más inspiradora a la restauración ecológica es que las prácticas culturales y los procesos ecológicos pueden reforzarse mutuamente. Por lo tanto, no es sorprendente que el interés en la restauración ecológica esté creciendo rápidamente en todo el mundo y que, en muchos casos, nos basemos en creencias y prácticas culturales para ayudar a determinar y formar aquello que se hace bajo la rúbrica de restauración.

La definición que se presenta en la próxima página, la que *SER International* endosa oficialmente, es lo suficientemente generalizada como para permitir una amplia variedad de aproximaciones a la restauración, mientras da importancia a la idea, históricamente rica, de la “recuperación”.

Sección 2: Definición de la restauración ecológica

La restauración ecológica es el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido.

Sección 3: Atributos de los ecosistemas restaurados

Esta sección trata con la cuestión de lo que se quiere decir con “recuperación” en la restauración ecológica. Un ecosistema se ha recuperado – y restaurado – cuando contiene suficientes recursos bióticos y abióticos como para continuar su desarrollo sin ayuda o

subsidio adicional. Este ecosistema se podrá mantener tanto estructural como funcionalmente. Demostrará capacidad de recuperación dentro de los límites normales de estrés y alteración ambiental. Interactuará con ecosistemas contiguos en términos de flujos bióticos y abióticos e interacciones culturales.

Los nueve atributos que se indican a continuación, proveen una base para determinar cuándo se ha logrado la restauración. No es esencial la expresión total de todos estos atributos para demostrar la restauración. En cambio, sólo se necesita que estos atributos demuestren una trayectoria apropiada de desarrollo ecosistémico hacia la meta o la referencia deseada. Algunos atributos son fácilmente mensurables. Otros se tendrán que evaluar indirectamente, incluyendo la mayoría de las funciones de un ecosistema, las cuales no se pueden medir sin recurrir a investigaciones que excederían la capacidad y el presupuesto de la mayoría de los proyectos de restauración.

1. El ecosistema restaurado contiene un conjunto característico de especies que habitan en el ecosistema de referencia y que proveen una estructura apropiada de la comunidad.
2. El ecosistema restaurado consta de especies autóctonas hasta el grado máximo factible. En ecosistemas culturales restaurados, se puede ser indulgente con especies exóticas domesticadas y con especies ruderales, y arvenses que se supone que co-evolucionaron con ellas. Las especies ruderales son plantas que colonizan los sitios alterados; las especies arvenses típicamente crecen entre plantas de cultivo.
3. Todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo y/o la estabilidad continua del ecosistema restaurado se encuentran representados o, si no, los grupos faltantes tienen el potencial de colonizar por medios naturales.
4. El ambiente físico del ecosistema restaurado tiene la capacidad de sostener poblaciones reproductivas de las especies necesarias para la continua estabilidad o desarrollo a lo largo de la trayectoria deseada.
5. El ecosistema restaurado aparentemente funciona normalmente de acuerdo con su estado ecológico de desarrollo y no hay señales de disfunción.
6. El ecosistema restaurado se ha integrado adecuadamente con la matriz ecológica o el paisaje, con los cuales interactúa a través de flujos e intercambios bióticos y abióticos.
7. Se han eliminado o reducido, tanto como sea posible, las amenazas potenciales del paisaje que lo rodea a la salud e integridad del ecosistema.
8. El ecosistema restaurado tiene suficiente capacidad de recuperación como para aguantar los acontecimientos estresantes periódicos y normales del ambiente local y que sirven para mantener la integridad del ecosistema.
9. El ecosistema restaurado es autosostenible al mismo grado que su ecosistema de referencia y tiene el potencial de persistir indefinidamente bajo las condiciones ambientales existentes. No obstante, los aspectos de su biodiversidad, estructura y funcionamiento podrían cambiar como parte del desarrollo normal del ecosistema y podrían fluctuar en respuesta a acontecimientos normales y periódicos aislados de estrés y de alteración de mayor trascendencia. Como con cualquier ecosistema intacto, la composición de las especies y otros atributos de un ecosistema restaurado podrían evolucionar a medida que cambian las condiciones ambientales.

Es posible que otros atributos ganen importancia y se agreguen a esta lista, en la medida en que se identifiquen como metas del proyecto de restauración. Por ejemplo, una de las metas de restauración podría ser el suministro sostenible de bienes y servicios naturales específicos para el beneficio social. En este contexto, el ecosistema restaurado sirve de capital natural para la acumulación de dichos bienes y servicios. Otra meta podría ser que el ecosistema restaurado provea hábitat para especies raras o para albergar un acervo genético diverso de ciertas especies. Otras metas posibles podrían incluir la oferta de valores estéticos o la promoción de actividades de sociales importantes, tal como sería el fortalecimiento de una comunidad a través de la participación de los individuos en un proyecto de restauración.

Sección 4:

Explicación de la terminología

Se han integrado varios términos técnicos en este documento. Algunos de estos quizás sean desconocidos para los lectores que no son ecólogos, mientras que otros tienen múltiples significados conforme al uso que se les dé. Para reducir la posibilidad de un mal-entendido, se explican los términos claves de acuerdo con el modo en que se utilizan en este documento.

Un **ecosistema** consta de la **biota** (flora, fauna y microorganismos) que existe en una zona determinada, el **ambiente** que la sostiene y las **interacciones** entre éstos. Las poblaciones de las especies que forman la biota se identifican colectivamente como la **comunidad biótica**. Con frecuencia, la comunidad se segrega conforme a su estado **taxonómico** (p.ej., la comunidad de insectos) o de **formas de vida** (p.ej., la comunidad arbórea). También se pueden reconocer colecciones de organismos por el papel funcional que desempeñan en el ecosistema (p.ej., productores primarios, herbívoros, carnívoros, descomponedores, fijadores de

nitrógeno, polinizadores), en cuyo caso se conocen como **grupos funcionales**. El **ambiente físico** o **abiótico** que sostiene la biota de un ecosistema incluye el suelo o substrato, el medio atmosférico o acuoso, la hidrología, el clima, el relieve y la orientación topográfica, y los regímenes de nutrientes y salinidad. El **hábitat** se refiere al lugar de morada de un organismo o comunidad que proporciona las condiciones necesarias para sus procesos vitales.

Se puede reconocer un ecosistema dentro de una unidad espacial de cualquier tamaño, desde un micrositio que contiene sólo unos pocos individuos hasta un área con algún nivel de homogeneidad estructural y taxonómica, tal como un “ecosistema de humedal” de pequeña escala y basado en una comunidad, o un “ecosistema de selva pluvial tropical” de gran escala y basado en un bioma. La restauración ecológica se puede realizar en una amplia gama de escalas, pero en la práctica, toda la restauración de ecosistemas se debe enfocar desde una perspectiva de paisaje espacialmente explícita, para asegurar la adecuación de los flujos, las interacciones y los intercambios con los ecosistemas contiguos. Un **paisaje** consiste en un mosaico de dos o más ecosistemas que intercambian organismos, energía, agua y nutrientes. En vez de enfocarse en solamente un ecosistema, una buen aparte de la restauración ecológica tiene como objetivo legítimo y muy importante de la reintegración de ecosistemas y paisajes fragmentados,.

Un **paisaje** o **ecosistema natural** es aquel que se desarrolla mediante procesos naturales y que se organiza y mantiene por sí solo. Un **paisaje** o **ecosistema cultural** es aquel que se ha desarrollado bajo la influencia conjunta de los procesos naturales y la organización impuesta por el hombre. Muchas praderas y sabanas se mantienen en gran parte por las actividades humanas, por ejemplo, debido a la los incendios superficiales periódicos que se generan para cazar, cosechar o manejar rebaños. En Europa, muchas de las praderas ricas en especies son en realidad ecosistemas culturales que surgieron luego de la tala de los bosques que tuvo lugar en la Edad de bronce

y que luego se han mantenido debido a la siega y al pastoreo estacional del ganado. La reparación de una pradera dañada califica como una restauración ecológica, aunque el ecosistema de pradera que se identifica como el paisaje de referencia es producto de las actividades humanas. En otro ejemplo, hoy en día gran parte del Occidente de Norte América esta cubierto por un bosque denso de coníferas. En el siglo XIX, gran parte de estos bosques eran abiertos y se parecían a un parque con abundante cobertura herbácea, debido al uso frecuente de incendios y a uso que le daban a las plantas las tribus indígenas. Estas arboledas parecían naturales y su condición era sostenible bajo el régimen tribal del uso de las tierras. El retorno de este ecosistema a una arboleda rala con aspecto de parque, que esté ocupada y utilizada en la manera tradicional de las tribus, se considera una restauración ecológica. Las **prácticas culturales sostenibles** son usos humanos tradicionales de las tierras que mantienen la biodiversidad y productividad. En este contexto, la biota se valora tanto por su importancia en la estabilidad del ecosistema como por su valor a corto plazo como un producto. Quizás todos los ecosistemas naturales están influenciados culturalmente, siquiera un poco y esta realidad merece reconocimiento en el proceso de la restauración.

Los términos degradación, daño, destrucción y transformación todos representan desviaciones de lo normal o del estado deseado de un ecosistema intacto. Los significados de estos términos coinciden en parte y su aplicación no siempre queda clara. La **degradación** se relaciona con cambios graduales o sutiles que reducen la integridad y la salud ecológica. El **daño** se refiere a cambios obvios y agudos en un ecosistema. Un ecosistema queda **destruido** cuando la degradación o el daño elimina toda la vida macroscópica y, por lo general, también arruina el ambiente físico. La **transformación** es la conversión de un ecosistema en otro tipo de ecosistema o uso de la tierra.

Un **ecosistema de referencia** puede servir de modelo para la planificación de un proyecto

de restauración ecológica y posteriormente, servir en la evaluación de ese proyecto. En casos donde el objetivo de la restauración consiste en dos o más tipos de ecosistemas, se le puede decir **paisaje de referencia**, o si se ha de restaurar solamente una porción del paisaje local, se le dice la **unidad del paisaje de referencia**. El ecosistema, paisaje o unidad seleccionados también se pueden llamar sencillamente “la **referencia**”. Típicamente, la referencia representa un punto avanzado de desarrollo que se encuentra en punto a lo largo de la trayectoria de restauración deseada. En otras palabras, se espera que con el tiempo el ecosistema restaurado emulará los atributos de la referencia, y se desarrollarán las metas y estrategias del proyecto de acuerdo con esas expectativas. La referencia puede constar de una o varias ubicaciones específicas que contienen ecosistemas modelo, una descripción escrita o una combinación de ambas. La información que se recopila de la referencia incluye componentes tanto bióticos como abióticos. En la Sección 5 se discute más detalladamente el concepto de ecosistema de referencia.

Una **trayectoria ecológica** es aquella que describe la ruta de desarrollo de un ecosistema a través del tiempo. En la restauración, la trayectoria empieza con el ecosistema no restaurado y progresa hacia el estado deseado de recuperación que se expresa en las metas del proyecto de restauración y que es personificada en el ecosistema de referencia. La trayectoria abarca todos los atributos ecológicos – bióticos y abióticos – de un ecosistema y, en teoría, se puede monitorear mediante la medición secuencial de conjuntos coherentes de parámetros ecológicos. Ninguna trayectoria es estrecha o específica; sino que la misma abarca una amplia pero limitada gama de posibles expresiones ecológicas a través del tiempo, tal como se pudiera describir matemáticamente mediante la teoría del caos o predecir por varios modelos ecológicos. Es imposible hacer una descripción empírica completa de una trayectoria por dos motivos. En primer lugar, el número de características mensurables de un ecosistema es mucho mayor de las que se pueden razonablemente monitorear y la

descripción de su trayectoria a través del tiempo es obligatoriamente incompleta. Segundo, los datos de monitoreo se prestan al trazado de trayectorias de parámetros individuales, pero su combinación en una sola trayectoria que represente al ecosistema entero requiere de un análisis de variables múltiples tan enormemente complejo de un tipo que aún no se ha desarrollado. Esto representa un desafío crítico para la investigación en el futuro.

La **biodiversidad** se refiere a la biota en términos de la diversidad genética y taxonómica, la variedad de seres vivos que se hallan presentes y la estructura de la comunidad que así se crea, además de los papeles ecológicos que se desempeñan. La **biota** se organiza jerárquicamente desde el nivel del genoma hasta los individuos, especies, poblaciones y comunidades. Los dos aspectos que se relacionan con la biodiversidad son la **composición de especies**, i.e., la identidad taxonómica de las especies presentes, y la **riqueza de especies**, i.e., el número de especies diferentes presentes. No se puede recalcar demasiado la importancia de un amplio restablecimiento de la composición de especies. Si un ecosistema restaurado se ha de mantener por sí solo, todos los grupos funcionales de especies deben estar representados. La **redundancia de especies**, i.e., la presencia de múltiples especies que desempeñan un papel similar en la dinámica del ecosistema, provee la seguridad de que se mantendrá la salud del ecosistema en respuesta al estrés, a las perturbaciones u a otros cambios ambientales.

Para que un ecosistema esté bien adaptado a las condiciones locales de un sitio y para que demuestre la capacidad de recuperación ante un ambiente estresante o cambiante, las poblaciones que lo componen deben poseer una **buena salud genética**. Una población con buena salud genética es aquella que no sólo está adaptada a las condiciones del ambiente, sino que también posee alguna “diversidad genética”, que le permitiría adaptarse a cambios ambientales futuros. En circunstancias normales, la reintroducción de **ecotipos locales** es suficiente para mantener

la buena salud genética. No obstante, en sitios que han sufrido mucho daño y por consiguiente una alteración de su ambiente físico, la introducción de **linajes genéticos diversos** bien podría ser la estrategia preferida que así permite la recombinación y el desarrollo eventual de ecotipos novedosos y más adaptables.

La **estructura de la comunidad vegetal** significa la fisonomía o arquitectura de la vegetación con respecto a la densidad, estratificación horizontal y frecuencia de distribución de las poblaciones de especies, así como los tamaños y seres vivos de los organismos que componen dichas comunidades.

Los **procesos ecológicos** o **funciones de los ecosistemas** son los atributos dinámicos de los ecosistemas, que incluyen a las interacciones entre organismos y a las interacciones entre los organismos y su medio ambiente.

Los procesos ecológicos son la base del auto-mantenimiento de un ecosistema. Algunos ecólogos de restauración limitan el uso de la terminología “funciones del ecosistema” a aquellos atributos dinámicos que más directamente afectan el metabolismo, principalmente la captura y transformación de energía, nutrientes y humedad. Por ejemplo, la fijación del carbono por fotosíntesis, las interacciones tróficas, la descomposición y el reciclaje de minerales y nutrientes. Cuando las funciones del ecosistema se definen estrictamente de esta manera, los demás atributos dinámicos se denominan “procesos del ecosistema”, como por ejemplo, la estabilización de los sustratos, el control del microclima, la diferenciación de hábitat para especies especializadas, la polinización y la dispersión de semillas. El funcionamiento a escalas espaciales más amplias se concibe, generalmente, en términos más amplios, como la retención de nutrientes y humedad a largo plazo y la sostenibilidad total del ecosistema.

Las funciones y los procesos del ecosistema, junto con la reproducción y el crecimiento de los organismos, son lo que permiten que un

ecosistema se auto-renueve o sea **autogénico**. Una meta común para la restauración de cualquier ecosistema natural es el restablecimiento de los procesos autogénicos hasta el punto en que ya no se necesita la ayuda de los restauradores. En ese caso, el papel principal de un practicante de la restauración es el de iniciar los procesos autogénicos. Los practicantes de restauración normalmente suponen que los procesos autogénicos comenzarán una vez que se ha restablecido la estructura y la composición de las especies apropiadas. Esta no siempre es una suposición válida, pero sí es un punto de partida razonable para la restauración de un ecosistema.

Algunos procesos dinámicos son externos en su origen, como por ejemplo, incendios, inundaciones, vientos dañinos y choques de salinidad de marejadas, así como tormentas, heladas y sequías. Estos procesos externos estresan la biota y se les dice **estresores**. La biota de cualquier ecosistema debe ser resistente o resiliente¹ al estrés normal que periódicamente ocurre en el ambiente local. Estos atributos mantienen la integridad del ecosistema, ya que evitan el establecimiento de otras especies que no se pueden adaptar a esas condiciones de estrés. Por ejemplo, el influjo mareal de agua salada es esencial para mantener el ecosistema de una marisma e impide su conversión en un ecosistema de agua dulce. En los ecosistemas culturales, las actividades mediadas por el hombre, tales como la quema controlada o el pastoreo, se consideran ser estresores. Los términos **alteración** o **perturbación** a veces se utilizan en lugar de “estresor” o “acontecimiento estresante”. Sin embargo, la palabra “perturbación” aquí, se limita a la acepción de impactos sobre un ecosistema que son más graves o agudos que un acontecimiento estresante normal.

¹ n.t. NO existe una palabra equivalente en español al término “resilient” que refleje el verdadero sentido del término, que significa una forma específica de elasticidad –ver su definición más adelante. Por eso se utiliza este anglicismo.

La palabra **resistencia** describe la capacidad de un ecosistema en mantener sus atributos estructurales y funcionales al verse enfrentado con estrés y perturbaciones. La **resiliencia** de un ecosistema es la capacidad de recobrar los atributos estructurales y funcionales que han sufrido daño debidos a estrés o perturbaciones. La **estabilidad del ecosistema** es la capacidad de un ecosistema de mantener una determinada trayectoria a pesar del estrés; denota un equilibrio dinámico más no un estancamiento. La estabilidad se logra en parte gracias a la capacidad de resistencia y a la resiliencia de un ecosistema.

Los términos “integridad de un ecosistema” y “salud de un ecosistema” se usan comúnmente para describir el estado deseado de un ecosistema restaurado. Aunque algunos autores usan esa terminología de modo intercambiable, tienen significados o acepciones bien diferenciadas. La **integridad de un ecosistema** es el estado o la condición de un ecosistema que demuestra la biodiversidad característica de la referencia, tales como la composición de especies y la estructura de la comunidad, y tiene plena capacidad de sostener el funcionamiento normal del ecosistema.

La **salud del ecosistema** es el estado o la condición de un ecosistema en el cual los atributos dinámicos se expresan dentro de valores “normales” de actividad en relación a su fase ecológica de desarrollo. Un ecosistema restaurado expresa su salud si funciona normalmente en relación al ecosistema de referencia, o a un conjunto apropiado de atributos de ecosistemas restaurados, como los que se han indicado anteriormente en la Sección 3. El estado de integridad de un ecosistema sugiere, aunque no necesariamente confirma, una buena salud del ecosistema y un ambiente abiótico adecuado.

Sección 5: Ecosistemas de referencia

Un ecosistema de referencia o la referencia sirve de modelo para planear un proyecto de

restauración y más adelante, para su evaluación. En su forma más sencilla, la referencia es bien un sitio verdadero, su descripción por escrito o ambos. El problema con una referencia simple es que representa un solo estado o expresión de los atributos de un ecosistema. La referencia seleccionada podría ser la manifestación de uno de muchos estados posibles de la gama histórica de variación de ese ecosistema. La referencia refleja una combinación en particular de acontecimientos aleatorios que ocurrieron durante el desarrollo de un ecosistema.

De la misma manera, un ecosistema que pasa por la restauración puede terminar en uno de una gran variedad de estados posibles. Cualquier estado que se exprese se acepta como restauración, con tal que sea comparable con alguno de los estados posibles en que la referencia se pudiera haber desarrollado. Por lo tanto, una sola referencia es una expresión inadecuada de la constelación de posibles estados y de la gama histórica de variaciones expresadas por el ecosistema restaurado. Por lo tanto, es mejor usar como referencia un agregado de múltiples sitios de referencia y, si fuera necesario, de otras fuentes también. Esta *descripción compuesta* da una base más realista para la planificación de la restauración.

Las fuentes de información que se pueden usar para describir una referencia incluyen:

- Descripciones ecológicas, listas de especies y mapas del sitio del proyecto antes del daño;
- Fotografías históricas y recientes, tanto aéreas como terrestres;
- Remanentes del sitio que se ha de restaurar que indiquen las condiciones físicas anteriores y la biota;
- Descripciones ecológicas y listas de especies de ecosistemas similares e intactos;
- Especímenes de herbarios y museos;
- Versiones históricas e historias orales de personas familiarizadas con el sitio del proyecto antes del daño;

- Evidencias paleoecológicas, p.ej., polen fosilizado, carbón, historia de los anillos de los árboles y basureros de roedores.

El valor de la referencia aumenta con la cantidad de información que contenga, pero cada inventario tendrá limitaciones de tiempo y fondos. Como mínimo, la línea base de un inventario ecológico describe los atributos más notables de un ambiente abiótico y los aspectos importantes de la biodiversidad, tales como la composición de especies y la estructura de la comunidad. Además, identifica los acontecimientos periódicos normales de estrés que mantienen la integridad del ecosistema. Las descripciones de la referencia para los ecosistemas culturales deberían identificar las prácticas culturales que son críticas en la restauración y posterior manejo del ecosistema.

La descripción de una referencia se complica por dos factores que se deben armonizar para asegurar su calidad y utilidad. Primero, normalmente se selecciona un sitio de referencia con base en su bien desarrollada expresión de biodiversidad, mientras que un sitio en proceso de restauración típicamente exhibe un estado ecológico anterior. En tal caso, la referencia debe ser una interpolación entre los dos estados que sugiera una fase de desarrollo anterior para fines de planificación y evaluación del proyecto. La necesidad de interpretación se reduce cuando la fase de desarrollo en el sitio del proyecto de restauración ha avanzado lo suficiente como para permitir una comparación directa con la referencia. Segundo, cuando la meta de la restauración es un ecosistema natural, casi todas las referencias disponibles habrán sufrido algunos impactos adversos causados por el hombre que no se deberían emular. Por lo tanto, es posible que la referencia requiera interpretación para quitar esas fuentes de cambios artificiales. Por estas razones, la preparación de la descripción de una referencia, requiere experiencia y un conocimiento ecológico sofisticado.

Es fundamental que se registren por escrito las metas de un proyecto de restauración para

determinar el nivel de detalle que se necesitará en la descripción de la referencia. Para restauraciones a nivel del paisaje y a gran escala, para las cuales solo se pueden prescribir metas generales, la descripción de la referencia podrá ser igualmente general. En esos casos, las fotografías aéreas pueden representar la fuente de información más importante para la preparación de la referencia. La restauración a una escala más fina podrá requerir información muchísimo más detallada de la referencia, tal como datos que se coleccionan en el sitio en pequeñas parcelas.

Sección 6: Especies exóticas

Una especie exótica de flora o fauna es aquella que se ha introducido, por actividades humanas relativamente recientes, en una zona en la que no existía previamente. Ya que la restauración ecológica de ecosistemas naturales busca recuperar la mayor autenticidad histórica posible, es deseable la reducción o eliminación de especies exóticas en los sitios de los proyectos de restauración. No obstante, muchas veces existen limitaciones financieras y logísticas y es importante ser realista y pragmático al enfocarse en el control de las especies exóticas. En los paisajes culturales, las especies exóticas son frecuentemente una parte integral del ecosistema, especialmente como parte de cultivos y ganadería, y aún como ruderales y arvenses que supuestamente han co-evolucionado con estas especies domésticas. Tales especies exóticas son aceptables en la restauración cultural.

En los ecosistemas naturales, las especies exóticas invasoras comúnmente compiten con las especies autóctonas y las reemplazan. Sin embargo, no todas las especies exóticas son dañinas. De hecho, algunas hasta cumplen con roles ecológicos previamente desempeñados por las especies autóctonas que ya son raras o que se han extinguido. En tales casos, la justificación para eliminarla podría ser débil. Algunas especies exóticas

fueron introducidas por agentes humanos o no humanos hace siglos y se han naturalizado, de modo que su exotismo es discutible. Otras especies han entrado y salido de la región a causa de fluctuaciones climáticas durante el período Holoceno y difícilmente podrían considerarse exóticas. Aún si se quitan todas las especies exóticas del sitio de restauración, la probabilidad de re-invasiones podría ser alta. Por lo tanto, pasa a ser imprescindible que se desarrolle una política para cada especie exótica que se encuentra presente, conforme a realidades biológicas, económicas y logísticas. La prioridad más alta es mejor reservarla para el control o la extirpación de aquellas especies que representan mayor peligro. Estas incluyen especies vegetales invasoras que son especialmente móviles y que representan un peligro ecológico a nivel del paisaje y de la región y animales que consumen o desplazan especies autóctonas. Se debe tener cuidado de causar la menor alteración posible a los suelos y especies autóctonas cuando se quitan las exóticas.

En algunos casos, se pueden usar plantas no autóctonas para un propósito específico en el proyecto de restauración, por ejemplo, cultivos de cobertura, cultivos nodriza o fijadores de nitrógeno. A menos que éstos sean especies no persistentes y de vida corta que serán reemplazadas en el transcurso de la sucesión, se deberá incluir su extirpación eventual en el plan de restauración.

Sección 7: Monitoreo y evaluación

Un proyecto de restauración correctamente planeado trata de satisfacer metas claramente expresadas que reflejen atributos importantes del ecosistema de referencia. Las metas se logran mediante la búsqueda de objetivos específicos. Las metas son ideales mientras que los objetivos son medidas concretas que se toman para lograr las metas. Se deben hacer dos preguntas fundamentales con respecto a la evaluación de un ecosistema restaurado. ¿Se lograron los objetivos? ¿Se alcanzaron las

metas? Las respuestas a ambas preguntas logran validez solamente si se especifican las metas y los objetivos antes de ejecutar el trabajo del proyecto de restauración.

Los ecosistemas son complejos y dos ecosistemas intactos jamás serán idénticos, por lo menos no cuando se examinan detenidamente. Por esa razón, ningún ecosistema restaurado jamás podrá ser idéntico a una referencia particular. El número de variables de un ecosistema que se puede usar en una evaluación es demasiado grande como para que todas puedan medirse dentro de un período de tiempo razonable. La selección de cuáles variables se evaluarán y cuáles se pasarán por alto requiere de pragmatismo y juicio por parte del evaluador.

Los objetivos se evalúan conforme a **estándares de desempeño**, que también se conocen como criterios de diseño o criterios de éxito. En gran parte, estos estándares o criterios se originan en el comprensión del ecosistema de referencia. Los estándares de desempeño proporcionan una base empírica para determinar si se han logrado o no los objetivos del proyecto. Los objetivos, los estándares de desempeño, los protocolos para el monitoreo y la evaluación de los datos, se deben incorporar en los planes de restauración antes del inicio del proyecto. Si la interpretación de los datos recopilados durante el monitoreo muestra que se han alcanzado los estándares de desempeño, no puede haber ninguna duda de que se lograron los objetivos del proyecto y de que es probable que el ecosistema restaurado tendrá suficiente capacidad de recuperación como para requerir poco o ninguna ayuda adicional del profesional de la restauración.

Se supone que las metas del proyecto se han satisfecho, o que pronto quedarán satisfechas, cuando se logran los objetivos. Sin embargo, la validez de dicha suposición no está garantizada, ya que los objetivos y los estándares de desempeño que se designaron pueden resultar inadecuados y las vicisitudes ambientales no anticipadas pueden desviar la trayectoria de la restauración. Por esa razón, y ya que metas son ideales que no se pueden

medir directamente, es inevitable que exista un elemento de juicio profesional y subjetividad en la evaluación de las metas.

Existen tres estrategias para hacer una evaluación: *comparación directa*, *análisis de atributos* y *análisis de la trayectoria*. En la **comparación directa**, se determinan o miden parámetros seleccionados de la referencia y de los sitios de restauración. Si la descripción de la referencia es minuciosa, se podrán comparar hasta 20 ó 30 parámetros que incluyen aspectos de tanto la biota como el ambiente abiótico. Eso puede llevar a cierta ambigüedad de interpretación cuando los resultados son similares para algunas comparaciones y no para otros. Entonces, surge la pregunta ¿cuántos parámetros tienen que tener valores similares y cuán cercanos deben ser los valores para que se satisfagan las metas de la restauración? El enfoque más satisfactorio podría ser la selección cuidadosa de un juego coherente de características que describe colectivamente a un ecosistema de manera completa pero concisa.

En el **análisis de atributos** se evalúan los atributos conforme a la lista provista en la Sección 3. En esta estrategia se utilizan datos cuantitativos y semicuantitativos de un monitoreo programado y de otros inventarios, para juzgar hasta qué grado se ha logrado cada meta.

El **análisis de la trayectoria** es una estrategia prometedora, todavía en fase de desarrollo, para interpretar grandes juegos de datos comparativos. En esta estrategia, se grafican los datos recopilados periódicamente del sitio de restauración para establecer las tendencias. Las tendencias que conducen a las condiciones de la referencia, confirman que la restauración está siguiendo la trayectoria deseada.

Además de los aspectos biológicos, es necesario evaluar aquellas metas y objetivos relacionados con las inquietudes culturales, económicas y de la sociedad. Para éstas, las técnicas de evaluación podrían incluir las de las ciencias sociales. La evaluación de las metas socioeconómicas es importante para los participantes y a la larga, para los que estable-

cen las políticas que deciden si se autorizarán y financiarán o no otros proyectos de restauración.

Sección 8: Planificación de la restauración

Los planes para los proyectos de restauración incluyen, como mínimo, los siguientes:

- Una exposición de principios clara de por qué se necesita la restauración;
- Una descripción ecológica del sitio designado para la restauración;
- Una declaración de las metas y los objetivos del proyecto de restauración;
- Una designación y descripción de la referencia;
- Una explicación de cómo la restauración propuesta se integrará con el paisaje y sus flujos de organismos y materiales;
- Planes, itinerarios y presupuestos explícitos para la preparación del sitio y las actividades de instalación y post-instalación, incluyendo una estrategia para hacer correcciones rápidas a mitad de camino;
- Estándares de desempeño bien desarrollados y explícitos, con protocolos de monitoreo mediante los cuales se puede evaluar el proyecto;
- Estrategias para una protección y mantenimiento a largo plazo del ecosistema restaurado.

Cuando sea factible, se deberá incluir por lo menos una parcela testigo no tratada en el sitio del proyecto, para fines de comparación con el ecosistema restaurado.

Sección 9: Relación entre la práctica de la restauración y la ecología de la restauración

La **restauración ecológica** es la práctica de restaurar ecosistemas, tal como lo desempeñan los profesionales, en sitios de proyecto específicos, mientras que la ecología de la restauración es la ciencia sobre la cual se basa la práctica. La **ecología de la restauración** idealmente proporciona conceptos claros, modelos, metodologías y herramientas que apoyan la práctica de los profesionales. A veces, el restaurador y el ecólogo de restauración son la misma persona – la fusión de la práctica y la teoría. El ramo de la ecología de la restauración no se limita al servicio directo de la práctica de la restauración. Los ecólogos de la restauración pueden avanzar la teoría ecológica usando sitios de proyectos de restauración como zonas experimentales. Por ejemplo, la información que se deriva de los sitios de proyectos podría ser útil para contestar preguntas sobre las reglas de ensamblaje de las comunidades bióticas. Es más, los ecosistemas restaurados pueden servir de referencia para zonas que se han apartado y designado para la conservación de la naturaleza.

Sección 10: Relación de la restauración con otras actividades

La restauración ecológica es una de varias actividades que se esfuerzan por alterar la biota y las condiciones físicas de un sitio y que con frecuencia se confunden con la restauración. Estas actividades incluyen la reclamación, la rehabilitación, la mitigación, la ingeniería ecológica y varios tipos de manejo de recursos tales como fauna silvestre, peces y hábitats y agro-silvicultura y silvicultura. Todas estas actividades pueden coincidir en parte con la restauración ecológica y quizás se

puedan considerar como tal si satisfacen todos los criterios expresados en la Sección 3 de este documento. Comparada con otros tipos de actividades, la restauración generalmente requiere más cuidado post-instalación para satisfacer todos esos criterios.

La **rehabilitación** comparte con la restauración un enfoque fundamental en los ecosistemas históricos o preexistentes como modelos o referencias, pero las dos actividades difieren en sus metas y estrategias. La rehabilitación enfatiza la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de un ecosistema, mientras que las metas de la restauración también incluyen el restablecimiento de la integridad biótica preexistente en términos de composición de especies y estructura de la comunidad. No obstante, la restauración, en el aspecto amplio que aquí se concibe, probablemente abarca una gran parte del trabajo de proyectos que se han identificado previamente como rehabilitaciones.

El término **reclamación**, tal como se usa comúnmente en el contexto de áreas de minería en Norteamérica y en el Reino Unido, tiene una aplicación aún más amplia que la rehabilitación. Los objetivos principales de la reclamación incluyen la estabilización del terreno, el aseguramiento de la seguridad pública, el mejoramiento estético y, por lo general, el retorno de las tierras a lo que se consideraría un propósito útil dentro del contexto regional. La revegetalización (o revegetación), que normalmente es un componente de la reclamación, podría significar el establecimiento de sólo una o unas pocas especies. Aquellos proyectos de reclamación más fundamentados en la ecología pueden considerarse una rehabilitación y aún una restauración.

La **mitigación** es una acción cuya intención es compensar los daños ambientales. En estados Unidos, la mitigación es una condición frecuente para el otorgamiento de permisos para proyectos de desarrollo privado y de obras públicas dañan humedales. Algunos proyectos de mitigación, aunque quizás relativamente pocos, satisfacen los atributos

de ecosistemas restaurados que se indican en la Sección 3, y por lo tanto califican como proyectos de restauración.

La palabra **creación** se ha usado recientemente, para referirse a proyectos de mitigación que se realizan en terrenos completamente desnudos de vegetación. También se emplea de vez en cuando el término **fabricación**. Con frecuencia, el proceso de vaciar un sitio, causa suficientes cambios en el ambiente como para requerir la instalación de un tipo de ecosistema diferente al que había históricamente. La creación, que se realiza como ingeniería supervisada o arquitectura de un paisaje, no puede considerarse una restauración porque la restauración inicia el desarrollo de un ecosistema conforme a una trayectoria preferida y después permite que los procesos autogénicos guíen el desarrollo posterior sin, con poca, interferencia humana.

La **ingeniería ecológica** implica la manipulación de materiales naturales, organismos vivos y el ambiente físicoquímico para lograr metas humanas específicas y para resolver problemas técnicos. Por lo tanto, difiere de la ingeniería civil, que se fía en materiales fabricados por el hombre como el acero y el concreto. La predictibilidad es la principal consideración de todo diseño de ingeniería, mientras que la restauración reconoce y acepta desarrollos imprevisibles y se enfoca en metas con alcances que van más allá del pragmatismo estricto y que abarcan la biodiversidad y la integridad y la salud del ecosistema. Cuando la predictibilidad no es una preocupación, el alcance de muchos proyectos de ingeniería ecológica podría expandirse hasta que califiquen como una restauración.

Sección 11: La integración de la restauración ecológica en un programa más amplio

A veces, la restauración ecológica es sólo uno de los muchos elementos de una iniciativa

más amplia del sector privado o público, tales como proyectos de desarrollo, programas para el manejo de una cuenca hidrográfica, de manejo de ecosistemas o de conservación de la naturaleza. Los gerentes de estas iniciativas más amplias deben ser conscientes de las complejidades y costos involucrados en la planificación e implementación de la restauración ecológica. Se pueden reducir los costos si se coordinan cuidadosamente las actividades de restauración con los demás

aspectos del programa. Por eso, los gerentes se beneficiarán si reconocen a la restauración ecológica como un componente integral de un programa. Si lo hacen, el restaurador puede contribuir sustancialmente a todos los aspectos del programa que inciden en la restauración. Es más, el restaurador estará en una posición de poder asegurar que toda la restauración ecológica esté bien concebida y totalmente realizada. De esta manera, se sirve el bien del público.

Society for Ecological Restoration (SER) International

Nuestra misión es fomentar la restauración ecológica como medio para sostener la diversidad de la vida en la tierra y restablecer una relación ecológicamente sana entre la naturaleza y la cultura.

SER International es una organización sin fines de lucro, infundida con la energía de sus miembros – individuos y organizaciones – quienes están activamente involucrados con la reparación ecológicamente sensible y el manejo de ecosistemas.

Nuestros miembros viven y trabajan en todo el planeta y contribuyen con una enormidad inaudita de experiencia, conocimientos y perspectivas culturales. Somos científicos, planificadores, administradores, consultores ecológicos, pueblos aborígenes, arquitectos paisajistas, filósofos, profesores, ingenieros, gerentes de zonas naturales, escritores, cultivadores, activistas comunitarios y voluntarios.

SER International sirve al creciente ramo de la restauración ecológica facilitando diálogos entre restauradores, promoviendo la investigación, fomentando la conciencia y el apoyo público para la restauración y el manejo restaurativo, contribuyendo a las discusiones sobre políticas públicas, reconociendo a aquellos que han hecho contribuciones sobresalientes al ramo de la restauración y promoviendo la restauración global en todas partes del mundo.

Fundada en 1987, *SER International* ahora tiene miembros en 37 países, con 14 capítulos alrededor del mundo. Rreconocida por organizaciones públicas y privadas como la fuente de experiencia en la ciencia, práctica y políticas de restauración; *SER International* logra sus objetivos a través de la cooperación con organizaciones socias y mediante la labor de sus miembros alrededor del mundo.

Somos una creciente comunidad mundial de profesionales dedicados a restaurar los ecosistemas dañados afiliarse por Internet a través de nuestro sitio en red www.ser.org o puede llamarnos, o escribirnos, ya sea por carta o electrónicamente, o enviarnos un fax para solicitar el formulario de solicitud.

Society for Ecological Restoration (SER) International
285 West 18th Street, Suite 1
Tucson, Arizona 85701 – Estados Unidos de América

Teléfono: 520-622-5485

Fax: 520-622-5491

Dirección electrónica: info@ser.org • www.ser.org