

# PRINCIPIOS, CONCEPTOS Y CONSIDERACIONES DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.

Chávez León Gilberto\*

## RESUMEN

Ningún factor individual ha tenido mayor impacto en la disminución de la fauna silvestre que la pérdida del hábitat. Una manera práctica de revertir esa situación es mediante la restauración ecológica. En este trabajo se propone un marco de referencia conceptual basado en la obra de Meffe y Carroll (1994) en el cual se puedan sustentar y estandarizar acciones futuras de restauración ecológica del hábitat natural. Con tal fin, se definen los conceptos básicos de restauración, se discute el papel de la restauración en la conservación, se indican los elementos esenciales en los que un proyecto de restauración se debe basar; tales como el producto esperado, la factibilidad y autenticidad, la escala y los costos. También se discute el proceso de la restauración, basado principalmente en conceptos de sucesión vegetal y animal. Por último, se presentan ejemplos de esfuerzos de restauración en ecosistemas terrestres y acuáticos que ilustran diferentes problemas, enfoques y escalas de actividades. Se concluye que la restauración ecológica es clave para la conservación de la diversidad biológica y los recursos naturales que representa, en áreas perturbadas fuera de zonas naturales protegidas.

Palabras clave: Restauración ecológica, fauna silvestre, hábitat, ecosistemas terrestres, ecosistemas acuáticos.

---

\* Biólogo, M. Sc., Investigador Titular del Campo Experimental Uruapan, CIR-Pacífico Centro. INIFAP, SAGAR.

## ABSTRACT

No single factor has been a greater cause of declines in wildlife populations than loss of habitat. A practical way to reverse that trend is ecological restoration. In this paper, a conceptual framework, based on the work of Meffe and Carroll (1994), is proposed to be used as standard reference in future projects for restoration of wildlife habitats. A definition of basic restoration concepts, a discussion of the role of restoration on conservation, basic concerns of restoration projects, such as the final product, feasibility and authenticity, scale and costs, are presented; the restoration process is discussed based on concepts of natural succession. Finally, examples are given on restoration efforts of terrestrial and aquatic ecosystems illustrating several problems, approaches, and scales. Ecological restoration is key for conservation of biological diversity and natural resources in disturbed areas outside natural protected areas.

Key words: Ecological restoration, wildlife, habitat, terrestrial ecosystems, aquatic ecosystems.

## INTRODUCCIÓN

La pérdida del hábitat es el factor individual que ha tenido el mayor impacto en la disminución de especies de la fauna silvestre. El término hábitat es un concepto relacionado a una especie en particular de planta o animal y se puede definir como un área con la combinación de recursos (alimento, protección, agua) y condiciones ambientales (temperatura, precipitación, presencia o ausencia de depredadores y competidores), que promueve la ocupación por individuos de una especie dada (o población) y permite a esos individuos sobrevivir y reproducirse (Morrison et al, 1992)<sup>1</sup>. El término hábitat también se emplea para referirse al lugar caracterizado por un tipo particular de vegetación, en donde una planta o animal vive usualmente (Koford et al 1994)<sup>2</sup>.

La restauración del hábitat natural es una disciplina que tiene muy poco tiempo de desarrollo y que aun no ha madurado. Aunque todavía no se conocía como tal, en países desarrollados de América del Norte y Europa los especialistas en fauna silvestre,

---

<sup>1</sup> Morrison, M. L.; B. G. Marcot and R. W. Mannan. 1992. Wildlife-Habitat Relationship: Concept and Applications.

<sup>2</sup> Koford, R. R.; J. B. Dunning Jr.; C. A. Ribic and D. M. Finch. 1994. pp. 121-137.

hace 50 años, dieron los primeros pasos para la restauración ecológica (Leopold 1933)<sup>3</sup>, al desarrollar y poner en práctica técnicas de manejo del hábitat para mantener la calidad del mismo, como si fuera un ecosistema natural, o alternativamente, para proporcionar un ambiente de calidad ahí donde se había deteriorado o faltaba un componente específico del hábitat (Hutnik y Davis 1973<sup>4</sup>). Estas técnicas, que aun se usan, se basan principalmente en la reforestación o revegetación de sitios que han perdido parcial o totalmente su cubierta vegetal original debido a factores de perturbación de origen humano. Están diseñadas para incrementar el alimento, el agua o la cobertura de la fauna silvestre en sitios que carecen de ellos. Consisten principalmente en la propagación, regeneración y remozamiento de comunidades vegetales. También se recurre a la construcción de infraestructura para el control del agua y la erosión, así como mejoras para la obtención o captación de agua (Bookhout *et al* 1987)<sup>5</sup>.

En México no se han llevado a cabo actividades específicas de restauración de hábitat de la fauna, sino que se ha intentado restituir zonas degradadas a condiciones ecológicas próximas o similares a las que mantenían anteriormente. Solo indirectamente se ha restaurado parte del hábitat y poblaciones animales que posiblemente habitaron esos sitios previamente. El caso más conocido es el ex Vaso del Lago de Texcoco, en el estado de México. Las pocas experiencias al respecto y de otros sitios del país, han quedado asentadas en informes internos o en publicaciones con muy poca difusión, por lo que se dificulta su consulta. Por este motivo en este trabajo se presentan ejemplos de restauración efectuadas en el extranjero y que son accesibles en la literatura ya publicada. La intención es mostrar la aplicación general de conceptos de restauración en diferentes ecosistemas y la forma en que se solucionaron los problemas enfrentados; sin embargo, no se pretende sugerir que se apliquen en las condiciones ecológicas y sociales de México.

Basado en los conceptos hasta aquí mencionados y en una revisión de literatura, principalmente en la obra de Meffe y Carrol (1994)<sup>6</sup>, el objetivo del presente trabajo es proponer un marco de referencia conceptual en el cual se puedan sustentar y estandarizar futuras acciones de restauración ecológica del hábitat natural en México. Dado que la información existente sobre la restauración del hábitat de especies en particular es mínima, se hace énfasis en sistemas ecológicos en general, partiendo del supuesto de que la restauración de ecosistemas beneficia a todos sus componentes, directa o indirectamente. También se hace particular énfasis en el uso de técnicas de

---

<sup>3</sup> Leopold, A. 1933. *Game Management*.

<sup>4</sup> Hutnik, R. J. and G. Davis (eds). 1973. *Ecology and Reclamation of Devastated Lands*.

<sup>5</sup> Bookhout, T. A. 1994. *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*.

<sup>6</sup> Meffe, G. K. and C. R. Carroll. 1994. *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates Inc., Massachusetts. pp. 409-438.

restauración ecológica para el mantenimiento de la diversidad biológica. Frecuentemente será empleado el término conservación, el cual debe ser entendido en su concepción moderna: *Enfoque integral a la protección y manejo de la biodiversidad que usa principios y experiencias apropiadas tomadas de campos del conocimiento biológico básico (como la genética y la ecología), de campos del manejo de recursos naturales (como la silvicultura y fauna silvestre), y de campos de las ciencias sociales (como la antropología, sociología y economía (Meffe y Carrol, op. cit.).*

## ¿QUE ES RESTAURACIÓN ECOLÓGICA?

Aunque hasta hace una década apenas fue reconocida como una estrategia de conservación y solo en años recientes ha ganado reconocimiento como una disciplina, la **restauración ecológica** actualmente juega un papel significativo en la planeación y en los programas de instituciones y organismos oficiales de los Estados Unidos de América (E.U.A.) como el National Park Service y el Army Corps of Engineers y en organizaciones no gubernamentales como la Nature Conservancy, la Audubon Society, y el Sierra Club. De hecho una nueva organización comprometida con la restauración ecológica, la Society for Ecological Restoration, fue creada en 1987. Se puede decir que los conservacionistas modernos están en proceso de abrir una segunda frontera en conservación: la conservación de la biodiversidad y otros rasgos del paisaje natural en áreas señaladas como causa perdida por generaciones anteriores de conservacionistas.

El término restauración ecológica pertenece en realidad a una familia de términos relacionados con varios enfoques hacia la tarea de la rehabilitación ecológica. Estos incluyen restauración en sí, así como rehabilitación, reconversión, recreación y recuperación ecológica, los cuales se definen de la siguiente manera:

### **Restauración**

La palabra *restaurar* significa devolver a su estado original. Restauración ecológica simplemente significa devolver a su estado original un sistema ecológico. Frecuentemente la restauración se considera como una forma distinta de manejo para la conservación, difiriendo de preservación, conservación, administración y aun de manejo. No hay una clara distinción entre estas diferentes formas de manejo de los ecosistemas. Todos involucran una serie de intentos para compensar de una manera

específica y ecológicamente efectiva, alteraciones típicamente causadas por actividades humanas (Meffe y Carroll *op. cit.*).

## **Rehabilitación**

Este es un término amplio que puede ser usado para referirse a cualquier intento para restaurar elementos de estructura o función de un sistema ecológico, sin intentar necesariamente la restauración completa a una condición específica anterior; por ejemplo, reforestación de sitios para prevenir erosión (Wali, 1992)<sup>7</sup>.

## **Reconversión (*reclamation*)**

Este término típicamente se refiere al trabajo de rehabilitación llevado a cabo en los sitios más severamente degradados, tales como tierras perturbadas por minas a cielo abierto o construcciones a gran escala. Aunque el trabajo de reconversión es muy similar al de restauración en el sentido más amplio (no se llega a la copia del ecosistema natural), es claramente un paso necesario en el proceso de restauración bajo tales condiciones. En un sentido es el primer paso para restaurar un ecosistema natural. Desafortunadamente, las disciplinas de reconversión y restauración se han desarrollado más o menos en forma independiente y solo recientemente ha ocurrido mayor comunicación (Bradshaw y Chadwick, 1980)<sup>8</sup>.

## **Recreación**

La recreación intenta la reconstrucción de un ecosistema completo, en un sitio tan severamente perturbado que no queda nada virtualmente que restaurar. El nuevo sistema puede ser modelado con base en un sistema localizado fuera del área de distribución del sistema histórico, o puede ser establecido bajo condiciones diferentes de aquellas bajo las cuales existió de manera natural. Tales esfuerzos no son restauración en el más estricto sentido, pero pueden conducir a una importante

---

<sup>7</sup> Wali, M. K. 1992. Ecosystem Rehabilitation.

<sup>8</sup> Bradshaw, A. D. and M. J. Chadwick. 1980. The Restoration of Land: The Ecology and Reclamation of Derelict and Degraded Land.

conocimiento del sistema involucrado y las condiciones que lo mantienen, lo que puede ser invaluable en los esfuerzos de restauración (Jordan *et al.*, 1987<sup>9</sup>).

## Recuperación ecológica

La recuperación involucra dejar trabajar al sistema por sí mismo, generalmente con la expectativa de que recuperará atributos deseables a través de la sucesión natural. Este enfoque de cero intervención para la restauración puede o no funcionar. Es considerado de la mejor manera como un *componente* clave de la restauración: la contribución del sistema en sí mismo, como era. En tales casos se busca complementar y reforzar los procesos naturales (Luken, 1990<sup>10</sup>; Meffe y Carroll, *op. cit.*).

## CARACTERÍSTICAS DE LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Las características de la restauración incluyen: el producto o meta deseados, la factibilidad de producir un producto auténtico, la escala del proyecto y sus costos.

### El Producto

La meta fundamental de la restauración ecológica es devolver un hábitat o ecosistema a una condición tan similar como sea posible a su estado predegradado. Puede también involucrar el mejoramiento del hábitat para especies nativas, en algunos casos para una especie rara en particular. Por supuesto, para la mayoría de los sistemas ecológicos solo tenemos un conocimiento incompleto de su estructura y función, pero es necesaria al menos una idea de las especies dominantes presentes para desarrollar una meta para el sistema restaurado. El nivel de conocimiento del sistema anterior al menos determina parcialmente que tan cerca se puede aproximar en su restauración y que tan bien se puede juzgar el éxito. Un enfoque para definir la meta denominada Índice de Integridad Biótica, fue desarrollado por Karr (1994)<sup>11</sup>.

---

<sup>9</sup> Jordan, W. R. 1987. Making a user-friendly national park for Costa Rica. A visit with Danil Jenzen. pp. 72-75.

<sup>10</sup> Luken, J. O. 1990. Directing Ecological Succession.

<sup>11</sup> Karr, J. R. 1984. Measuring Biological Integrity. *In* Meffer, G. K. and C. R. Carroll. Principles of Conservation Biology. pp. 415-416.

## Factibilidad y Autenticidad

Debido a que el proceso de restauración es guiado por sus objetivos, los restauradores han dedicado una considerable atención a cuestiones relacionadas con la forma en que los objetivos de los proyectos de restauración deben ser definidos y como pueden ser evaluados los resultados, la extensión a la cual se puede llevar la restauración, la calidad de los ecosistemas evaluados y la factibilidad de llevar a cabo un trabajo de restauración de alta calidad en una escala ambiental significativa (Jordan, *op. cit.*).

El trabajo más extenso en ésta área ha sido desarrollado en humedales (*wetlands*). Ordenada por ley en algunas situaciones en los Estados Unidos de América, la restauración de humedales se ha convertido en un negocio creciente, pero existe la preocupación entre los conservacionistas sobre la calidad de los sistemas resultantes. En los pocos casos en que se han hecho intentos para comparar sistemas restaurados con sus contrapartes naturales, la interpretación de los resultados varía ampliamente. En un estudio de una ciénaga de marea que parece estar restaurada en la bahía de San Diego, California, E. U. A., los investigadores encontraron que, aunque el pantano restaurado semejaba al sistema de referencia con respecto a la tasa de fijación de nitrógeno en la zona de raíces, difería significativamente con respecto a otras diez medidas de estructura, composición y función (Zedler y Langis, 1991)<sup>12</sup>.

Resumiendo sus impresiones del éxito de intentos para restaurar una variedad de zonas pantanosas, Kusler y Kentula (1990)<sup>13</sup> concluyeron:

*La duplicación total de pantanos naturales es imposible debido a la complejidad y variación en sistemas naturales así como en sistemas restaurados y las sutiles relaciones de hidrología, suelos, vegetación, vida animal y nutrientes; los cuales se pudieron haber desarrollado por miles de años en sistemas naturales. No obstante, la experiencia hasta la fecha sugiere que algunos tipos de pantanos pueden ser aproximados y ciertas funciones pueden ser restauradas, creadas o mejoradas en contextos particulares. Frecuentemente es posible restaurar o crear un pantano con vegetación parecida a aquella de un pantano natural. Esto no significa, sin embargo, que tendrá hábitat u otros valores iguales a aquellos de un pantano natural, ni que tal pantano será una característica persistente en el paisaje, como lo son muchos pantanos naturales.*

---

<sup>12</sup> Zedler, J. B. and R. Langis. 1991. Comparisons of constructed and natural salt marshes of San Diego Bay. pp. 21-25.

<sup>13</sup> Kusler, J. A. and M. E. Kentula. 1990. Wetland Creation and Restoration: The Status of the Science.

Además de zonas pantanosas, se ha hecho considerable trabajo en la evaluación de esfuerzos para restaurar lagos (Cooke *et al.*, 1986)<sup>14</sup>, ríos y corrientes (Gore, 1985)<sup>15</sup>. En contraste, las evaluaciones de restauración de ecosistemas naturales terrestres frecuentemente no son sistemáticas y son de aplicación limitada (Jordan, 1990)<sup>16</sup>. La mayoría de los estudios se refieren únicamente a algunos rasgos del sistema (típicamente rasgos estructurales y de composición) más que a los más elusivos atributos de función y dinámica. No obstante, los comentarios de ecólogos sobre los proyectos de mayor calidad, tales como Greene Prairie del *Arboretum* de la Universidad de Wisconsin (Cottam, 1987)<sup>17</sup> y del estuario del río Salmon en Oregon, E. U. A., (Morlan y Frenkel, 1992)<sup>18</sup>, sugieren que la restauración de al menos algunos ecosistemas es posible bajo condiciones favorables.

A la fecha un punto que está claro a partir de estudios de restauración es que la factibilidad de la restauración varía enormemente de un sistema a otro. Algunos sistemas, como ciertos pantanos de marea, que tienen pocas especies de plantas y una estructura relativamente simple han sido restaurados fácilmente bajo condiciones favorables. Otros, como turberas (*pet bogs*), en donde la turba ha sido removida o perturbada, parecen muy difícil de restaurarse. Así, es imposible hacer una discusión general de la capacidad de restauración de los ecosistemas. Admitir esto representa un importante avance en el pensamiento de la conservación y de la restauración.

## Escala

La magnitud de un proyecto de restauración es una cuestión central que tiene gran importancia en su éxito o fracaso potencial. Las cuestiones complementarias acerca de la calidad o autenticidad de los ecosistemas restaurados se refieren a las escalas temporal y espacial en las que la restauración se puede efectuar y al grado en que los esfuerzos de restauración se pueden extrapolar sin sacrificar indebidamente la calidad. El National Research Council (1992)<sup>19</sup>, sugiere tres criterios para ser tomadas en cuenta en la determinación del tamaño de un proyecto de restauración:

---

<sup>14</sup> Cooke, G. D.; E. B. Welch; S. A. Peterson and P. R. Newroth. 1986. Lake and Reservoir Restoration.

<sup>15</sup> Gore, J. A. 1985. The Restoration of Rivers and Streams: Theories and Experiences.

<sup>16</sup> Jordan, W. R. 1990. Standards for restoration and management projects. pp. 301-337.

<sup>17</sup> Cottam, G. 1987. Community dynamics on an artificial prairie. *In* Jordan III, W. L.; M. E. Gilpin and J. D. Aber. Restoration Ecology. pp. 257-270.

<sup>18</sup> Morlan, J. C. and R. E. Frenkel. 1992. The Salmon River estuary. pp. 21-23.

<sup>19</sup> National Research Council. 1992. Restoration of Aquatic Ecosystems: Science, Technology and Public Policy.



- El proyecto debe ser lo suficientemente grande para minimizar efectos dañinos de condiciones de borde y eventos de dinámica interna.
- El proyecto debe ser de un tamaño tal, que los que los desarrollan, puedan fácilmente adicionar, controlar o eliminar, como sea necesario, perturbaciones al sistema.
- El proyecto debe ser lo suficientemente grande para que varios efectos puedan ser medidos al evaluarlo.

Se puede suponer que las mejores restauraciones son aquellas conducidas a una escala modesta, involucrando trabajos operativos relativamente intensos. También se puede suponer que los intentos por reproducir a mayor escala en espacio o tiempo, necesariamente acarrearían comprometer la calidad. En algunos casos esto es cierto. Hasta ahora las mejores praderas restauradas, por ejemplo, fueron plantadas usando métodos intensivos de trabajo (horticulturales) y son relativamente pequeños. Greene Prairie en el *Arboretum* de la Universidad de Wisconsin, por ejemplo, tiene únicamente 16 hectáreas. Una porción de pradera en el *Arboretum* Morton en las afueras de Chicago es probablemente la pradera más meticulosamente plantada en cualquier lugar y cubre solo unas cuantas hectáreas. Esta área es de mayor calidad, con respecto a la presencia y distribución de plantas vasculares, que porciones de la pradera que se adicionaron posteriormente usando métodos menos intensivos de trabajo. Los intentos por hacerlo en 250 Ha en una pradera restaurada en Fermilab, han resultado en mayores sacrificios en calidad. Los problemas incluyeron menor diversidad de especies nativas, subrepresentación de especies raras o de especies difíciles de propagar o manipular y mayores proporciones de especies exóticas.

Vale la pena hacer notar que proyectos de restauración llevados a cabo a gran escala (cientos a miles de hectáreas) involucran típicamente la reintroducción, remoción o manipulación de procesos a escala de ecosistema. Poca manipulación directa de estas comunidades, a través de reintroducción de especies nativas o la eliminación o control de exóticas, es posible, dado el tamaño del sistema. Por lo tanto, la restauración de miles de hectáreas de bosque tropical seco en el Parque Nacional Guanacaste en Costa Rica, hasta ahora ha involucrado la eliminación del pastoreo y las quemas para revertir los efectos de siglos de estas prácticas (Jordan, *op. cit.*). Así mismo, proyectos de restauración de pantanos a gran escala frecuentemente involucran poco más que la restauración de los regímenes hidrológicos apropiados (todo lo que es necesario en algunos casos para asegurar la recuperación gradual de la comunidad).

## Costos

Ya que los costos de los proyectos de restauración varían mucho, es imposible especificar de cualquier manera significativa la tasa actual para la restauración de una hectárea, por ejemplo, de pradera de pastos altos o marisma. Además, los costos y cuotas para proyectos son frecuentemente las bases de la competencia en negocios de restauración, desalentando la publicación de tal información, así que las cifras disponibles están posiblemente incompletas o son engañosas (Guinon, 1987)<sup>20</sup>. Sin embargo, algunos datos generales pueden dar una idea. Thompson (1992)<sup>21</sup>, reportó que el establecimiento de una pradera en Iowa, E. U. A., desde la siembra de semilla puede costar \$625 US dólares por acre, mientras que los costos de mantenimiento van de \$12 a \$18 US dólares por acre en un período de tres años. Los bosques, dependiendo de la manera en que los árboles son restablecidos, pueden tener un costo considerablemente mayor.

## EL PROCESO DE RESTAURACIÓN

Existen dos enfoques generales para la restauración, que difieren considerablemente. El primer enfoque y más familiar, es restaurar un área perturbada a su estado natural. Sin embargo, casi nunca se conoce cual era el estado natural, solo se puede ver lo que existe ahora. Muchos sitios han experimentado una historia desconocida de uso humano de tal manera que hay poca idea de como serían sin influencia humana. Aun los relatos históricos están basados en paisajes que pudieron haber sido alterados por habitantes prehistóricos. El segundo enfoque para la restauración es crear un sistema que, aunque no imita la situación natural, tiene una serie de rasgos que hacen al área mejor de lo que fue antes de la restauración. En ambos casos, ya sea consciente o inconscientemente, el restaurador está imitando el proceso natural de sucesión ecológica.

---

<sup>20</sup> Guinon, M. 1987. No free lunch.

<sup>21</sup> Thompson, J. R. 1992. Prairies, Forest and Wetlands.

## EJEMPLOS DE PROYECTOS DE RESTAURACIÓN

En seguida se mencionan varios ejemplos de esfuerzos de restauración que ilustran diferentes problemas, enfoques y escalas de actividades. El primer ejemplo es presentado con mayor detalle para demostrar la complejidad frecuentemente involucrada en la restauración; los ejemplos subsecuentes serán progresivamente menos detallados, aunque ilustrativos de la diversidad de principios, problemas y oportunidades de restauración. Todos estos ejemplos demuestran las complejidades, retos y recompensas de la restauración ecológica y su papel en problemas mayores de conservación.

### Restauración Después de Actividades Mineras en Zonas Áridas

Para este ejemplo se usará un estudio de restauración en un área en la que se practicó minería de carbón a cielo abierto en fajas (Parmenter y MacMahon, 1983<sup>22</sup>, Parmenter *et al.*, 1985<sup>23</sup>, 1991<sup>24</sup>). El estudio fue conducido en la Mina Elkol-Sorenson de la Pittsburgh and Midway Coal Mining Company, localizada 8 Km al suroeste de Kemmerer, en el occidente de Wyoming, E.U.A., (2,103 msnm de elevación). La precipitación promedio es de 22.6 cm por año, principalmente como nieve y es altamente variable. Mayo y junio son los meses húmedos, con aproximadamente 2.5 cm de precipitación cada uno. Las temperaturas medias varían de -8° C en enero a 17° C en julio.

El terreno se caracteriza por colinas de poca pendiente y la vegetación nativa potencial es estepa-arbustiva (West, 1983)<sup>25</sup>. Los arbustos dominantes en el área incluyen *Artemisia tridentata*, *Chrysothamnus viscidiflorus* y *Atriplex gardneri*, con individuos ocasionales de *Purshia tridentata*, *Ceratoides lanata*, *Amelanchier alnifolia* y *Tetradymia canescens*. Una variedad de pastos comunes se encuentran en el sitio y los suelos son calcáreos francos gruesos.

---

<sup>22</sup> Parmenter, R. R. and J. A. MacMahon. 1983. Factors determining the abundance and distribution of rodents in a shrub-steppe ecosystem: The role of shrubs. pp. 145-156.

<sup>23</sup> Parmenter, R. R.; J. A. MacMahon; M. E. Waaland; M. M. Stuebe; P. Landres and C. M. Crisafulli. 1985. Reclamation of surface coal mines in western Wyoming for wildlife habitats: A preliminary analysis. pp.93.115.

<sup>24</sup> Parmenter, R. R.; J. A. MacMahon and C. A. Gilbert. 1991. Early successional patterns of arthropod recolonization on reclaimed Wyoming stripe mines: The grasshoppers (*Orthoptera: Acrididae*) and allied faunas (*Orthoptera: Gryllacrididae, Tettigoniidae*). pp. 135-142.

<sup>25</sup> West, N. E. 1983. Western intermountain sagebrush steppe. *In* N. E. West. *Ecosystems of the World*. pp. 351-374.

Siguiendo al proceso minero, el primer paso es evaluar el estado del sitio, porque no todos los sitios sujetos a minería a ciclo abierto son iguales. Por ejemplo, durante el aprovechamiento, el cambio y mezcla de los horizontes del suelo pueden diluir la capa superficial, exponer materiales tóxicos o cambiar fuertemente la estructura del suelo. El conocimiento de estos efectos es crucial debido a que el potencial total para restauración frecuentemente depende de las propiedades residuales del suelo (Bentham *et al.*, 1992)<sup>26</sup>. Junto con los cambios al suelo viene la cuestión de que los propágulos de las plantas deben ser dejados. Estos problemas fueron reconocidos inicialmente por los reconversionistas (reclamationists), quienes recomendaron que, cuando la capa superficial del suelo es retirada, debe ser almacenada en pilas adyacentes al sitio de la mina. Cuando la faja aprovechada es cerrada y tapada, la capa superficial de suelo sería entonces vuelta a esparcir en la superficie para que actúe como un cama sembrera fértil.

La llegada inicial de las plantas al sitio de una mina es usualmente un proceso en el que interviene el hombre. El escenario común es que el operador de la mina siembre semillas o plántulas para iniciar y acelerar la recuperación del sitio. La velocidad de la recuperación es importante para minimizar la erosión del suelo y para fomentar la germinación del banco residual de semillas cuando aun es viable. La vegetación plantada tiene el objetivo de estabilizar el suelo y proveer de una fuente de materia orgánica que iniciará la regeneración del suelo. La intención es que las especies deseables sembradas tengan éxito y que algunas de las especies residuales en la capa de suelo almacenada puedan también ser restablecidas.

Este estudio en particular fue diseñado para determinar:

1) Si el manejo de la fase de establecimiento mediante la plantación de plántulas más que la siembra de semillas permitirían una restauración más rápida de tierras minadas en zonas áridas; 2) Si plantando siguiendo patrones de dispersión (en grupos) y densidades características de zonas áridas alentaría el establecimiento de plantas y alteraría favorablemente al suelo; y 3) Si proporcionando la arquitectura apropiada del componente vegetal del ecosistema se alentaría el restablecimiento animal.

Para tratar con los problemas de la fase de establecimiento en un ambiente árido, se usaron plántulas (cultivadas a partir de semillas colectadas en un sitio adyacente) en vez de intentar sembrar semillas. Aunque más caro que la siembra, los costos iniciales de la plantación deberían ser recuperados porque la planta establecida no tendría que

---

<sup>26</sup> Bentham, H.; J. A. Harris; P. Birch and K. C. Short. 1992. Habitat classification and soil restoration assessment using analysis of soil microbiological and physico-chemical characteristics. pp. 711-718.

ser regada o fertilizada, ni tampoco lo serían las semillas porque fácilmente fallan por una sequía; entonces, el sitio no requeriría un esfuerzo de resiembra.

Las especies seleccionadas fueron tres perennes leñosas: *Artemisia tridentata*, *Chrysothamnus viscidiflorus* y *Atriplex gardneri*. Cada una de estas especies formaron una unidad de plantación, un triángulo equilátero (40 cm de lado) con una planta en cada vértice. Estas fueron colocadas en parcelas representando tres patrones de dispersión: al azar, regular y agrupado. Ya que la meta de la restauración era crear un ecosistema funcional que imitara un área de referencia; también fue importante alcanzar densidades naturales de plantas. La vegetación nativa en la región incluye 16,000 plantas leñosas por hectárea. El estudio usó una serie de plantaciones experimentales con cuatro diferentes densidades de planta, cada una aplicada a los tres patrones de dispersión. Estas densidades incluyeron valores mayores, igual y menores que la densidad natural.

Se midieron varios factores de la comunidad restablecida, incluyendo meso y micrometeorología, establecimiento de las plantas, crecimiento, producción de semillas, el movimiento, establecimiento y efectividad de hongos micorrízicos y la colonización del sitio por animales.

Los resultados indicaron que, en términos de sobrevivencia y producción de nuevas plantas por medio de semillas, las plantas establecidas en grupos fueron más exitosas que aquellas en los patrones regular y al azar. Esto puede ser demostrado comparando dos escenarios extremos: patrones de plantación de triadas en una parcela con baja densidad y dispersión regular; alta densidad y distribución en grupos. Después de tres años, en la parcela de baja densidad, en pocas triadas las plantas habían sobrevivido, pocas de las plantas habían crecido apreciablemente y no había ningún reclutamiento de nuevos individuos. En contraste, la parcela con altas densidades, tuvo un marcado crecimiento de las plantas, una mayor sobrevivencia proporcional, reclutamiento de nuevas plantas y se habían unido en grandes grupos.

El restablecimiento de los animales fue un proceso más complicado. Debido al espacio limitado del sitio de la mina, las parcelas tuvieron un máximo de 0.5 Ha; muy pequeño para medir exactamente cambios en poblaciones de especies de vertebrados altamente móviles. Sin embargo, los censos de insectos indicaron que recolonizaron el sitio rápidamente y observaciones generales sobre vertebrados sugirieron una mejor respuesta a los sitios en grupo.

Surgieron dos conclusiones principales de este proyecto de restauración: la primera indica que el uso de plántulas en lugar de semillas en esta región árida, resultó en altas tasas de éxito. Simultáneamente se llevó a cabo un estudio con semillas y esas parcelas fueron menos exitosas. Comunmente los sitios de minas como éste, necesitan ser sembrados con semillas varias veces antes que las plantas se establezcan, pero el enfoque que usa plántulas fue exitoso al primer intento. La segunda es que el patrón de plantación en grupos fomentó el establecimiento de la asociación micorrízica, e incrementó la materia orgánica en el suelo. Así, este patrón de plantación, en sí, realzó el proceso de reacción y fue una causa principal del éxito del establecimiento y crecimiento subsecuente de las plantas. En general, el uso de la teoría ecológica dió una base firme y económica para la restauración.

### **Restauración de un Bosque Tropical Seco en el Parque Nacional Guanacaste, Costa Rica.**

Restaurar bosques deciduos tropicales, aun a escala limitada, es un problema formidable. Primero, las condiciones que causaron la pérdida del bosque deben cambiar y esto significa un cambio fundamental en las prácticas de uso del suelo. Segundo, debe haber suficientes núcleos de bosque remanente que sirvan como fuentes de semillas para la restauración. Tercero, aunque el componente animal de estos núcleos de bosque es muy diferente al bosque original, como mínimo debe contener aquellos animales críticos para la sobrevivencia y expansión del bosque en regeneración. Esto es, la cantidad y tipos apropiados de polinizadores y dispersores de semillas.

Uno de los pocos lugares donde existe bosque seco en núcleos suficientemente grandes para sustentar condiciones ecológicas para la restauración es en el Parque Nacional Guanacaste, en el noroeste de Costa Rica. El parque, de 10,700 Ha, se localiza en las tierras bajas, desde el nivel del mar hasta 317 m de altitud. El bosque original de esta región consistió en un dosel con árboles de 20 a 30 m de alto (dominado por leguminosas), un subdosel con árboles de 10 a 20 m y un estrato arbustivo espinoso con bejucos leñosos. Dos parcelas forestales de 4 Ha en la región contenían 44 y 68 especies de árboles, comparados con dos parcelas de 4 Ha en el bosque húmedo del Atlántico, que contenían 88 y 112 especies de árboles. En cuatro parcelas, las 10 especies más comunes formaban el 45 % o más del área basal total (Hartshorn, 1983)<sup>27</sup>. Por lo tanto, la diferencia en riqueza de especies entre el bosque tropical seco y el bosque tropical húmedo consiste en el mayor número de especies raras en el bosque húmedo. Como meta de restauración, el establecimiento de las 10 especies de árboles

---

<sup>27</sup> Hartshorn, G. 1983. Plants. *In* D. J. Janzen (de.). Costa Rica Natural History. pp. 118-183.

más comunes representaría, como mínimo, casi la mitad de la diversidad de biomasa leñosa del bosque tropical seco.

El primer problema enfrentado por los responsables del proyecto que pudo resolverse, fue la manera de obtener autoridad de manejo sobre las tierras del parque, de tal manera que el uso público pudiera regularse. Con esta autoridad, fueron cerrados los caminos innecesarios, se restringieron los sitios para campamento y se eliminó el pastoreo incontrolado de ganado. A fin de reducir incendios, se necesitaba reducir la superficie con pastizales de especies africanas que son altamente combustibles, los cuales forman la mayoría de los pastizales en la región. Debido a que los pastos pueden crecer más de 2 m de alto, pueden soportar fuegos con altas temperaturas y de movimiento rápido que penetran bosques fragmentados. A lo largo de la orilla de los caminos, se cortó el pasto sujeto a pastoreo o fue cuidadosamente quemado para reducir los fuegos accidentales o intencionales.

Una vez que se evitó el fuego en los pastizales, la vegetación nativa leñosa empezó a colonizarlos. Por ejemplo, en un sitio cerca de un segmento grande de bosque, el pastizal se convirtió en bosque secundario después de solo 8 años sin fuego. Sin embargo, cuando la distancia entre segmentos de bosque se incrementa, la dispersión natural de semillas se convierte en un factor limitante en la tasa de restauración forestal. Para fomentar la dispersión de semillas en pastizales, se alimentan caballos con forraje que contiene las semillas de árboles forestales grandes e importantes, especialmente semillas del Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*). Cuando esos caballos deambulan por los pastizales, depositan semillas con sus excrementos, un enfoque altamente efectivo y económico para la repoblación vegetal. Cuando estos árboles maduran, se vuelven perchas o sitios de descanso atractivos para aves y mamíferos en migración entre segmentos de bosque. Así, los árboles aislados se convierten en foco para la dispersión adicional de semillas. Los árboles que al parecer no tenían dispersión efectiva a larga distancia, como la leguminosa de semillas grandes *Hymenea courbaril*, fueron plantados manualmente.

Este ejemplo ilustra dos lecciones generales. Primero, los bosques tropicales degradados se pueden recuperar en un tiempo y escala razonables cuando al menos algo de bosque aun exista para servir como fuente de semillas y agentes dispersores. Segundo, una vez que las causas de la degradación son detectadas, pueden ser suficientes técnicas relativamente simples para iniciar el proceso de restauración. En este caso, la supresión del fuego y el mejoramiento de la dispersión de semillas fueron dos técnicas clave, pero simples, para la restauración.

## Ejemplos de Restauración Acuática

Los sistemas acuáticos (lagos, corrientes, ríos y pantanos) son recursos críticos en cualquier región, pero tienen una historia de abuso en todo el mundo. La construcción de presas, la canalización, el bombeo de aguas subterráneas, las desviaciones de corrientes, la desecación de pantanos y ciénagas y el uso de drenajes abiertos son solo algunos de los problemas experimentados por los sistemas acuáticos. Afortunadamente, muchos de esos problemas son reversibles, frecuentemente solo es necesaria la eliminación del agente particular de perturbación; otros requieren de grandes esfuerzos de restauración. Unos pocos ejemplos ilustrarán estos problemas y soluciones potenciales de restauración.

El lago Washington, cerca de Seattle, Washington, E.U.A., tiene 87 Km<sup>2</sup>. Fue afectado por aguas tratadas y negras provenientes de la ciudad de Seattle durante la mayor parte de este siglo y alrededor del año de 1955, el aumento en las cargas de fósforo provocó la producción masiva de algas verde-azules (*Oscillatoria rubescens*) (National Research Council, *op. cit.*), una especie que no se encontraba anteriormente en el lago. La presencia de *Oscillatoria* es un indicador típico de que la condición del agua en un lago se está deteriorando rápidamente (Lehman, 1986)<sup>28</sup>. Debido a estos problemas se formó una agencia de gobierno local, que dió fondos para desviar las aguas negras hacia el océano Pacífico en Puget Sound. En 1967, 4 años después que empezó la desviación, 99 % de las aguas negras ya no llegaban al lago. La disminución resultante en la carga de nutrientes tuvo efectos rápidos en el lago: se incremento la claridad del lago, bajaron los niveles de fósforo de 70 a 16 mg/l, y los niveles de clorofila (una medida del crecimiento de las algas) bajó de 35 a 4 mg/l (National Research Council, *op. cit.*). Aunque la desviación de las aguas negras del lago hacia Puget Sound solo parece desviar el problema hacia otro lado, de hecho el tamaño comparativamente enorme del océano hace la entrada adicional de nutrientes relativamente trivial. Las condiciones en el Lago Washington mejoraron mediante la eliminación de las descargas de aguas negras.

La eutroficación de cuerpos de agua es un problema común en los lagos de los Estados Unidos de América y de muchas partes del mundo. Los mayores niveles de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno provenientes de fugas de drenajes o escurrimientos de fertilizantes agrícolas estimulan el crecimiento de las algas, fundamentalmente al cambiar las condiciones biológicas, químicas y físicas del sistema. Esas aguas generalmente se vuelven tibias, verdes y sobreproductivas. Cuando mueren los florecimientos de algas, se hunden hasta el fondo y se descomponen; este proceso

---

<sup>28</sup> Lehman, J. T. 1986. Control of eutrophication in Lake Washinton. In G. H. Orians *et al.* (eds.). Ecological Knowledge and Environmental Problem Solving. pp. 301-312.



consume el oxígeno del agua, y el fondo se puede volver anóxico, matando organismos mayores, como invertebrados y peces. El enfoque de restauración en tales casos es estandar y sin complicaciones: eliminar la fuente de nutrientes extra. Las complicaciones, por supuesto, vienen en forma de acciones legales y voluntad política necesarias para hacer los cambios.

Un problema diferente afecta a muchos ríos en todo el mundo: cambios fundamentales en su morfología de canal, usualmente como resultado de dragado, proyectos de control de inundaciones o actividades agrícolas en planicies inundables. Tales acciones resultan en cambios no intencionales de la morfología de los ríos y su flujo, usualmente causando mayores problemas a la gente que la conducta original del río que se intentaba cambiar. Un ejemplo es el río San Juan en el suroeste de Colorado, E.U.A.. En los años treinta, los sauces a lo largo de los bancos del San Juan fueron quemados y removidos y las tierras bajas a lo largo del río fueron aradas para la agricultura. Esto creó un sistema de canal inestable y no natural dividido en bandas que serpenteaban cruzando el valle del río (National Research Council, *op. cit.*). Los suelos de los bancos del río fueron erosionados fuertemente porque los sauces ya no los mantenían en su lugar, la tierra adyacente fue deslavada, disminuyó la calidad del agua, y se dañaron caminos y canales de irrigación.

En un esfuerzo por restaurar el río a sus condiciones anteriores, se llamó a un hidrólogo para estudiar los flujos naturales de ríos no perturbados en el área y para diseñar un programa de restauración para el San Juan. Construyó un nuevo canal de río, planicies de inundación y terrazas de río basado en los patrones de serpenteo, tasas de anchura-profundidad y patrones de flujo de corrientes estables en la región. Empleó tecnología de ingeniería suave, con materiales naturales y toma en cuenta las tendencias naturales de flujos de los ríos. En lugar de construir un canal de concreto y acero o depender de grandes bloques de roca para estabilizar artificialmente el fondo, usó materiales naturales como troncos de árbol, cantos rodados, raíces y vegetación para reforzar el nuevo canal del río. El nuevo patrón de serpenteo ha permanecido estable por cinco años, transporta sedimentos como debe ser y maneja la capacidad total de inundación sin problemas. El proyecto demostró que entender los flujos de río naturales y predecibles es clave para la restauración de un sistema sin el uso de tecnología pesada y creación de una situación artificial. La tecnología suave eventualmente permitirá al río regresar a un estado más natural a un menor costo, que usando materiales artificiales.

## CONCLUSIONES

La planeación y conducción de proyectos de restauración requiere de la consideración de muchas condiciones del sitio y la selección de técnicas apropiadas de un enorme juego de alternativas. De especial importancia es el reconocimiento de que los factores sujeto de restauración (esencialmente aquellos factores que limitan, restringen, o influyen en el proceso de recuperación natural) varían enormemente de un sistema a otro (MacMahon, 1987)<sup>29</sup>. En las praderas, un factor limitante clave es típicamente el material genético disponible para el restaurador. El mayor esfuerzo de restauración radica en encontrar e introducir especies nativas en proporciones apropiadas (eliminando o excluyendo las exóticas), pero con relativamente poca atención hacia sus patrones de distribución. En los matorrales áridos, el patrón y la estructura son críticos y la distribución de especies, aun a nivel individual, pueden ser importantes atributos del sistema para esfuerzos exitosos de restauración. En sistemas acuáticos, la restauración puede ser tan simple como eliminar la principal fuente de fósforo o restaurar un patrón hidrológico natural, o tan complicado como reestructurar un sistema de canal. En un proyecto a escala muy grande como Guanacaste, la restauración se centra en la eliminación de regímenes de perturbación humana y el cambio de prácticas de uso del suelo, para permitir la recuperación de la vegetación nativa, ayudada por dispersión intencional de semillas de especies nativas.

Otros factores, frecuentemente de muy diferente naturaleza, se presentan cuando se trata de diferentes tipos de sistemas, como acantilados o regiones alpinas. Para algunos sistemas, especialmente bosques, la secuencia de introducción de especies es una preocupación clave. En otros sistemas, el tipo y estructura particular del suelo pueden determinar el éxito o el fracaso. Literalmente no hay fin para las consideraciones especiales, las cuales son sujeto de una creciente literatura. La restauración exitosa depende de la identificación de estos factores clave limitantes y de su manejo efectivo.

El relativo olvido de los animales en esta discusión, refleja el estado del conocimiento, tanto en investigación como en la práctica de la restauración. La mayoría de los estudios tiende a concentrarse en vegetación y usualmente en las especies más obvias. Los animales pueden jugar un papel vital en los esfuerzos de restauración (como se vió en el programa Guanacaste), pero el estudio sistemático de la mayoría, desde una perspectiva de restauración, aun está en sus inicios. Para una introducción sobre

---

<sup>29</sup> MacMahon, J. A. 1987. *Disturbed lands and ecological theory: An essay about a mutualistic association*. In W. R. Jordan III, M. E. Gilpin and J. D. Aber (eds.). *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*.

investigación en animales y otros componentes del sistema, se sugiere consultar las obras de Miller (1987)<sup>30</sup>, acerca de micorrizas del suelo; Panzer (1984)<sup>31</sup>, sobre insectos en praderas restauradas; Green y Salter (1987)<sup>32</sup> y Majer (1989)<sup>33</sup>, sobre animales en general.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bentham, H., J. A. Harris, P. Birch and K. C. Short. 1992. Habitat classification and soil restoration assessment using analysis of soil microbiological and physico-chemical characteristics. *J. Appl. Ecol.* 29:711-718.
- Bookhout, T. A. 1994. Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats. The Wildlife Soc., Bethesda, Maryland.
- Bradshaw, A. D. and M. J. Chadwick. 1980. *The Restoration of Land: The Ecology and Reclamation of Derelict and Degraded Land*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Cooke, G. D.; E. B. Welch; S. A. Peterson and P. R. Newroth. 1986. *Lake and Reservoir Restoration*. Butterworth, Boston.
- Cottam, G. 1987. Community dynamics on an artificial prairie. En: W. L. Jordan III, M. E. Gilpin and J. D. Aber (eds.) *Restoration Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 257-270.
- Gore, J. A. (ed.). 1985. *The Restoration of Rivers and Streams: Theories and Experiences*. Butterworth, Boston.
- Green, J. E. and R. E. Salter. 1987. *Methods for Reclamation of Wildlife Habitat in the Canadian Prairie Provinces*. Delta Environmental Management Group Ltd., Edmonton, Alberta.

---

<sup>30</sup> Miller, R. M. 1987. Mycorrhizae and succession. In W. R. Jordan III, M. E. Gilpin and J. D. Aber (eds.). *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*.

<sup>31</sup> Panzer, R. 1984. *The Prairie Insect Fauna of the Chicago Region*. pp. 1-6.

<sup>32</sup> Green, J. E. and R. E. Salter. 1987. *Methods for Reclamation of Wildlife Habitat in the Canadian Prairie Provinces*.

<sup>33</sup> Majer, J. D. 1989. *Animals in Primary Succession: The Role of Fauna in Reclaimed Lands*.

- Guinon, M. 1987. No free lunch. *Rest. Mgmt. Notes* 7:56.
- Hartshorn, G. 1983. Plants. En: D. J. Janzen (ed.), *Costa Rican Natural History*. University of Chicago Press, Chicago. pp. 118-183
- Hutnik, R. J and G. Davis (eds.). 1973. *Ecology and Reclamation of Devastated Lands*, Vols. 1 and 2. Gordon and Breach, New York.
- Jordan, W. R. III (ed.). 1990. Standards for restoration and management projects. En: G. H. Hughes and T. M. Bonnicksen (eds.), *Restoration '89: The New Management Challenge*, Proceedings of the first annual meeting of the Society for Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration, Madison WI. pp. 301-337.
- Jordan, W. R. III. 1987. Making a user-friendly national park for Costa Rica-A visit with Daniel Janzen. *Rest. Mgmt. Notes* 5:72-75.
- Karr, J. R. 1994. Measuring Biological Integrity. En: G. K. Meffe and C. R. Carroll. *Principles of Conservation Biology*, Sinauer Associates, Inc., Massachusetts. pp.415-416.
- Koford, R. R.; J. B. Dunning; Jr., C. A. Ribic and D. M. Finch. 1994. *Wilson Bull.* 106:121-137.
- Kusler, J. A. and M. E. Kentula (eds.). 1990. Wetland Creation and Restoration: The Status of the Science. Island Press, Washington, DC.
- Lehman, J. T. 1986. Control of eutrophication in Lake Washington. En: G. H. Orians et al (eds.), *Ecological Knowledge and Environmental Problem Solving*. National Academy Press, Washington, D.C. pp. 301-312.
- Leopold, A. 1933. Game Management. Charles Scribner's Sons, New York.
- Luken, J. O. 1990. Directing Ecological Succession. Chapman and Hall, London.
- MacMahon, J. A. 1987. Disturbed lands and ecological theory: An essay about a mutualistic association. En: W. R. Jordan III, M. E. Gilpin and J. D. Aber (eds.). *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

- Majer, J. D. (ed.). 1989. *Animals in Primary Succession: The Role of Fauna in Reclaimed Lands*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Meffe, G. K. and C. R. Carroll. 1994. Chapter 14, Ecological Restoration. *In* G. K. Meffe and Carroll, *Principles of Conservation Biology*, Sinauer Associates, Inc., Massachusetts. pp. 409-438.
- Miller, R. M. 1987. Mycorrhizae and succession. En: W. R. Jordan III, M. E. Gilpin and J. D. Aber (eds.), *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Morlan, J. C. and R. E. Frenkel. 1992. The Salmon River estuary. *Rest. Mgmt. Notes* 10:21-23.
- Morrison, M. L., B. G. Marcot and R. W. Mannan. 1992. *Wildlife-Habitat Relationships: Concepts and Applications*. University of Wisconsin Press, Madison, WI.
- National Research Council. 1992. Restoration of Aquatic Ecosystems: Science, Technology and Public Policy. National Academy Press, Washington, DC.
- Panzer, R. 1984. The Prairie Insect Fauna of the Chicago Region. Sixth Illinois Prairie Workshop. pp. 1-6.
- Parmenter, R. R. and J. A. MacMahon. 1983. Factors determining the abundance and distribution of rodents in a shrub-steppe ecosystem: The role of shrubs. *Oecologia* 59:145-156.
- Parmenter, R. R.; J. A. MacMahon; M. E. Waaland; M. M. Stuebe; P. Landres and C. M. Crisafulli. 1985. Reclamation of surface coal mines in western Wyoming for wildlife habitats: A preliminary analysis. *Reclam. Reveg. Res.* 4:93-115.
- Parmenter, R. R.; J. A. MacMahon and C. A. B. Gilbert. 1991. Early successional patterns of arthropod recolonization on reclaimed Wyoming stripe mines: The grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) and allied faunas (Orthoptera: Gryllacrididae, Tettigoniidae). *Environ. Entomol.* 20:135-142.
- Thompson, J. R. 1992. Prairies, Forest, and Wetlands. University of Iowa Press, Iowa.
- West, N. E. 1983. Western intermountain sagebrush steppe. In N. E. West (ed.), *Ecosystems of the World*, Vol. 5. Elsevier, Amsterdam. pp. 351-374.

Zedler, J. B. and R. Langlis. 1991. Comparisons of constructed and natural salt marshes of San Diego Bay. Rest. Mgmt. Notes 9:21-25.

Wali, M. K. (ed.). 1992. Ecosystem Rehabilitation. Vol. 1: Policy Issues; Vol. 2: Ecosystem Analysis and Synthesis. SPB Academic Publ., The Hague, The Netherlands.