Parte III

Conclusiones

CAPÍTULO 9

Rehabilitación, restauración y monitoreo: retos ecológicos del siglo XXI

Carlos Fragoso
Red de Biodiversidad y Sistemática
Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)
carlos.fragoso@inecol.edu.mx

Patricia Rojas Fernández
Red de Biodiversidad y Sistemática
Instituto de Ecología, A.C. (INECOL)
patricia.rojas@inecol.edu.mx

Resumen

Los resultados mostrados en este libro demuestran que los tratamientos con árboles fueron, después de ocho años de iniciada la rehabilitación, los mejores para recuperar la fertilidad y la diversidad de los macro-invertebrados del suelo, así como de los anfibios y los reptiles. Los mamíferos y las aves respondieron a nivel del paisaje rehabilitado, y no a ciertas zonas. En el caso de las plantas, la invasión de nativas provenientes del bosque fue lenta, mientras que el porcentaje de árboles -con respecto a los bosques aledaños- fue muy parecido al de las aves. El monitoreo futuro deberá indicar si esta tendencia se mantiene y, sobre todo, si la rehabilitación de la flora y la fauna está avanzando hacia una restauración como ocurrió con la fertilidad del suelo. La rehabilitación de minas a cielo abierto es una actividad costosa y que requiere la acción concertada de diferentes especialistas en los campos de la ingeniería, la biología, las ciencias sociales y la política. Debido a los cambios que se predicen por el calentamiento global, la rehabilitación, la restauración y el monitoreo de los ambientes degradados de nuestro país, constituyen los grandes retos ambientales del siglo XXI.

Abstract

Results of this book show that after eight years, rehabilitation treatments with trees recover mostly soil fertility, soil macroinvertebrates and species of reptiles and amphibians. Birds and mammals responded more at the landscape level than to a single treatment. Whereas the colonization of plants from neighboring forests was slow, recovery percentages of trees and birds were rather similar. Future monitoring should clarify if this relation is a coincidence or a specific pattern, and also to which degree animal and plant changes are moving towards a restoration. It is concluded that open-cast mine rehabilitation is expensive and, in order to be successful, requires a multidisciplinary approach, with teams of biologists, social scientists and politicians. If we accept the predicted changes due to global climate change, the rehabilitation, restoration and monitoring of degraded environments will be the major environmental challenge of Mexico in the XXI century.

Cuando hace 18 años la cementera Holcim Apasco comenzó la rehabilitación de la cantera Cuautlapan, la restauración en México no era un tema en las agendas ambientales de las empresas, y las instancias gubernamentales apenas comenzaban a incorporarla en sus normatividades.

Con gran vocación ecológica, Holcim Apasco se dio a esta tarea vinculándose con instituciones de investigación a través de su Centro de Capacitación Agroforestal, que implementó los trabajos de rehabilitación y recabó las opiniones de las poblaciones locales.

Los resultados de la rehabilitación pueden evaluarse desde dos enfoques. El primero es cualitativo y tiene que ver con la percepción de las agencias gubernamentales y de los pobladores locales acerca del cambio en la cobertura vegetal de la cantera restaurada. El segundo es cuantitativo y se refiere a la evaluación de la recuperación de los ambientes rehabilitados, en términos de la diversidad y las funciones del ecosistema.

El impacto cualitativo de la rehabilitación se constata con las fotografías de la cantera que ilustran el capítulo 3, en las que se observa el cambio que experimentaron los sitios rehabilitados a lo largo de los 18 años transcurridos desde el inicio de la rehabilitación, así como por los reconocimientos que la empresa recibió tanto nacionales como internacionales y de agencias gubernamentales y particulares (Gallaga y Juárez, 2012).

Los cambios cuantitativos de la rehabilitación se muestran en la segunda sección de este libro y en ellos se demuestra cómo después de 8 años, se había recuperado un porcentaje importante de especies de animales y plantas, así como algunas de las funciones del suelo. Lo que inició entonces como una rehabilitación con plantas exóticas de rápido crecimiento adaptadas a las condiciones difíciles de un ambiente pobre en nutrientes, se ha ido acercando a una restauración caracterizada por la recuperación de: i) niveles de fertilidad del suelo semejantes a los del bosque, ii) un porcentaje importante de aves, anfibios, reptiles e insectos propios del bosque y iii) especies de plantas propias del bosque aledaño.

Mediante el proceso de sucesión natural es probable que hasta los ambientes más degradados recuperen gran parte de la diversidad y las funciones originales, aunque el proceso llegue a tardar décadas o incluso cientos de años. Sin embargo, hay ambientes que sin la ayuda del hombre no podrían recuperarse, ni aún a largo plazo. Por ejemplo, la construcción de las terrazas en los taludes de las zonas T13 y T24 fue determinante para el mantenimiento del suelo y el desarrollo de las especies vegetales

implantadas; sin las terrazas, la lluvia y la gravedad habrían erosionado el escaso suelo y afectado el crecimiento de las plantas.

Una controversia recurrente en los temas de restauración se refiere al grado en que el ecosistema restaurado debe tender al original. A lo largo de su dispersión por el planeta, el hombre ha dejado su huella en casi todos los ecosistemas de la tierra, por lo que cada vez resulta más difícil de encontrar una naturaleza prístina, no afectada. De modo que al intentar restaurar un ecosistema una pregunta fundamental es la siguiente: ¿El sistema degradado era realmente un ecosistema natural exento, a lo largo de su desarrollo, de cualquier tipo de intervención humana? Desafortunadamente en la mayoría de los casos la respuesta será negativa, por lo que la restauración solo recuperará un sistema previamente afectado, mientras que la rehabilitación será solo un paso más en la tendencia humana a modificar todos los sistemas.

Pollan (1991) señala que esta controversia surge una y otra vez y propone que en las prácticas de recuperación de ecosistemas afectados, la estrategia del jardinero es quizás la mejor aproximación para resolverla. Esta estrategia incluye considerar las opiniones de los expertos y de las poblaciones locales, aceptar las contingencias naturales, tomar decisiones antropocéntricas con una visión amplia para incluir otros actores naturales y, en gran medida, obtener los métodos de la naturaleza misma. Como lo mencionan López-Barrera y Guevara (2012, capítulo 2) la decisión final de implementar una rehabilitación o una restauración depende de varios factores, todos ellos guiados por los objetivos iniciales y por una serie de contingencias humanas y ambientales vinculadas entre sí.

El objetivo inicial de Holcim Apasco fue recuperar lo mas pronto posible la vegetación de las canteras, sin discriminar entre plantas nativas y exóticas. Si la empresa no hubiera intervenido, y hubiera dejado que la naturaleza hiciera su trabajo de sucesión natural, es poco probable que en los taludes de la cantera se hubiera recuperado la diversidad y funciones ecológicas al nivel observado. Dado el grado de pendiente que presenta la cantera, seguramente en estos momentos estaríamos contemplando taludes desnudos desprovistos de suelo, con uno que otro árbol y sin una fauna de vertebrados. La rehabilitación emprendida por la empresa fue guiada por un interés pragmático: recuperar la vegetación lo más pronto posible.

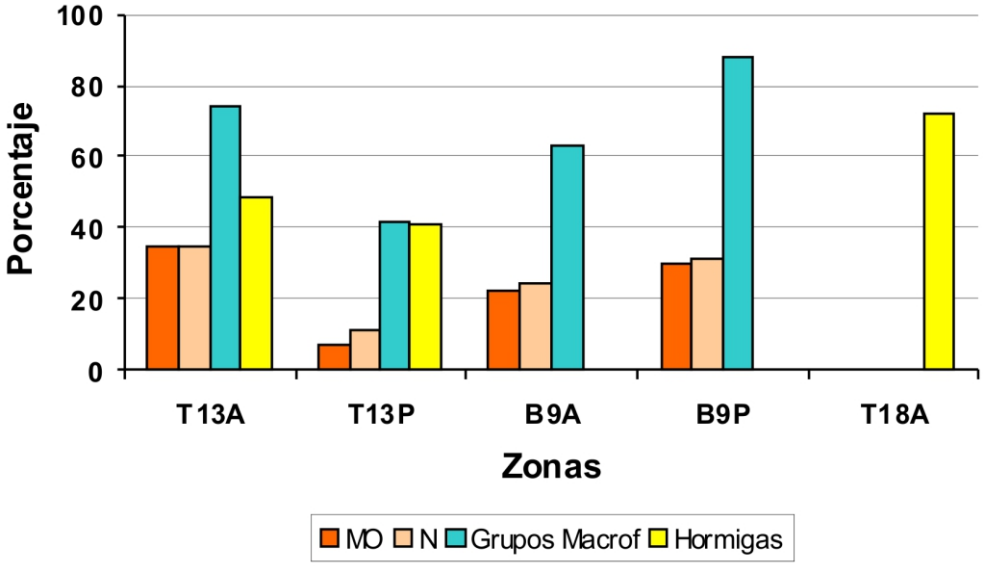

Figura 1. Porcentaje con respecto a los valores del bosque del cerro Buenavista, de variables edáficas, número de grupos de macrofauna y cantidad de especies de hormigas del suelo en cinco zonas rehabilitadas de la Cantera Cuautlapan. Periodo 1993-2001, excepto zona T18A que inició en el año 1996. MO= Materia orgánica, N= Nitrógeno. T13A= Terraza con árboles en taludes, T13P= Terraza con pastos en taludes, T18A= Terraza con árboles en taludes, B9A= Bancos de barro en zonas planas con árboles, B9P= Bancos de barro en zonas planas con pastos. Para la ubicación de las zonas ver Gallaga y Juárez (2012).

En las figuras 1 y 2 se muestra el avance en la rehabilitación de seis zonas de la cantera, comparando los porcentajes de recuperación de algunas variables edáficas y de animales del suelo y del número de especies de árboles, arbustos y vertebrados, con respecto a las zonas aledañas no rehabilitadas (bosque, acahuales y cafetales).

En cuanto a la materia orgánica (MO), el nitrógeno (N) y los grupos de macrofauna del suelo en la figura 1 se puede observar que ocho años después de la rehabilitación la terraza arbolada (T13A) presentaba mayores porcentajes de recuperación que el banco de barros arbolado (B9A). Para el año 2009 esta zona fue, con mucho, la más exitosa en cuanto a la MO y N (Fragoso *et al.* 2012, capítulo 5). El monitoreo futuro probablemente muestre que también la riqueza y equidad de los invertebrados del suelo habrá alcanzado los valores del bosque. En el caso de las hormigas la zona T18A fue la más exitosa en el monitoreo del año 2000, aunque para el 2008 las terrazas arboladas de la zona T13 presentaron los valores mayores (Rojas *et al.* 2012, capítulo 6).

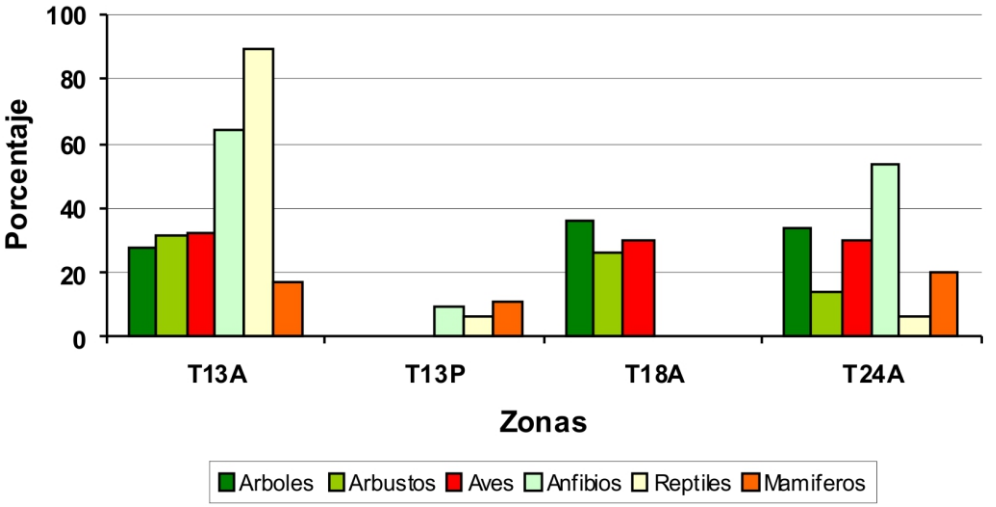

Figura 2. Porcentaje con respecto a los valores del bosque y otros ambientes no rehabilitados del cerro Buenavista, del número de especies de plantas y vertebrados en cuatro zonas rehabilitadas de la Cantera Cuautlapan. Periodo 1993-2001 para las zonas T13A y T13P y 1996-2001 para las zonas T24A y T18A. T13A= Terraza con árboles en taludes, T13P= Terraza con pastos en taludes, T18A= Terraza con árboles en taludes, T24A= Terraza con árboles en taludes. Para la ubicación de las zonas ver Gallaga y Juárez (2012).

En el caso de las plantas (Castillo y Juárez, 2012, capítulo 4) y las aves (González-García *et al.* 2012, capítulo 8) (Figura 2) hay una similitud interesante entre el porcentaje de recuperación de los árboles y de las aves en las zonas T13A, T18A y T24A (entre 30 y 38%). Esta aparente interdependencia entre ambos grupos deberá ser confirmada por un futuro monitoreo. El resultado más notorio se observó en la respuesta de los anfibios y los reptiles (González-Romero y Rizo-Aguilar 2012, capítulo 7) al tratamiento de la zona T13A, que en 8 años recuperó entre el 60% (anfibios) y 90% (reptiles) de la riqueza total de la zona; en el caso de los mamíferos la recuperación de las zonas estudiadas fue comparativamente mucho más baja (11-20%, González-Romero y Rizo-Aguilar 2012).

En conjunto estos resultados apuntan a que el tratamiento de la zona T13A fue el más efectivo y del cual deberían tomarse algunos elementos para futuras rehabilitaciones de canteras. Por ejemplo la construcción de las terrazas, la fijación (con estacas) de los parches de suelo con pasto y semillas y la siembra de plántulas de especies arbóreas resistentes y de rápido crecimiento.

Además de continuar con el monitoreo de los grupos estudiados hasta ahora, para el futuro se deberían incluir otros grupos de organismos que no fueron considerados (por ejemplo otros insectos y hongos), así como el estudio de otros procesos importantes (flujo de nutrientes, fijación de carbono, retención de agua, etc.). En particular, se deberán caracterizar las propiedades del lago artificial (ver Gallaga y Juárez 2012, capítulo 3) y su papel en el mantenimiento de la diversidad de insectos y vertebrados.

Las zonas rehabilitadas de la cantera Cuautlapan constituyen sitios de estudio a largo plazo en donde se tiene garantizada su conservación y protección. Esto constituye una magnífica oportunidad para continuar el monitoreo y realizar otros estudios acerca de procesos ecológicos (*v.g.* interacciones, sucesión, etc.), con la ventaja de poder realizar experimentos de campo controlados.

Los resultados presentados en este libro muestran que es posible rehabilitar un hábitat totalmente destruido, siempre y cuando exista la voluntad y el financiamiento para hacerlo. Esto último es un aspecto clave en las prácticas de rehabilitación, pues éstas tienen un costo elevado de dinero, trabajo y tiempo; los sectores gubernamentales, privados o académicos interesados en llevar a cabo una rehabilitación deben considerar esto antes de comenzar. Por otro lado, rehabilitar no es una tarea que compete únicamente a los biólogos o ambientalistas; es una acción que debe concertarse entre empresarios, ingenieros, biólogos, sociólogos y políticos. Y es, sobre todo, un trabajo que no termina, ya que el seguimiento es fundamental para decidir si se continúa con la estrategia inicial o si se cambia o modula, lo que dependerá de los resultados obtenidos.

Aun cuando en México ya se han realizado varios proyectos sobre rehabilitación y restauración (López-Barrera y Guevara 2012), la tarea que la sociedad mexicana enfrenta es mayúscula. Una gran parte de la superficie del país ha sido modificada, ya sea con fines agrícolas, pecuarios o mineros; además los cambios en la vegetación han hecho que los suelos sean más frágiles, capten menos agua y en consecuencia sean más propensos a perderse, ya sea lentamente por erosión o de manera abrupta por deslaves e inundaciones. Por si esto fuera poco, los modelos de cambio climático predicen que los cambios de temperatura y precipitación serán más frecuentes, intensos y contrastantes. Ante este panorama la sociedad en su conjunto debe destinar gran parte de su energía y esfuerzos a rehabilitar, restaurar y monitorear los ambientes degradados. Este es el gran reto de México en el siglo que comienza; esperamos que este libro sea de ayuda para enfrentarlo.

Bibliografía

Castillo-Campos G. y B. Juárez. 2012. La vegetación y su potencial en la rehabilitación ecológica en minas a cielo abierto en Orizaba, Veracruz. pp. 93-118. En: C. Fragoso y P. Rojas (Eds.) *Monitoreo ecológico de una cantera rehabilitada por cementos Holcim Apasco en Veracruz*. INECOL y Holcim Apasco. México.

Fragoso C., P. Rojas, M. Rodríguez y A. Angeles. 2012. Cambios de la fertilidad y la fauna del suelo en ambientes rehabilitados de la Cantera Cuautlapan. pp. 119-144. En: C. Fragoso y P. Rojas (Eds.) *Monitoreo ecológico de una cantera rehabilitada por cementos Holcim Apasco en Veracruz*. INECOL y Holcim Apasco. México.

Gallaga S. y B. Juárez. 2012. La rehabilitación ambiental implementada por CECAF y Holcim Apasco en la cantera Cuautlapan, Orizaba, México. pp. 45-90. En: C. Fragoso y P. Rojas (Eds.) *Monitoreo ecológico de una cantera rehabilitada por cementos Holcim Apasco en Veracruz*. INECOL y Holcim Apasco. México.

González-García F., J, Alducín e I. MacGregor-Fors. 2012. Las aves en una mina en proceso de rehabilitación. pp. 219-245. En: C. Fragoso y P. Rojas (Eds.) *Monitoreo ecológico de una cantera rehabilitada por cementos Holcim Apasco en Veracruz*. INECOL y Holcim Apasco. México.

González-Romero A. y A. Rizo-Aguilar A. 2012. Anfibios, reptiles y mamíferos del cerro Buenavista y la cantera Cuautlapan: inventario y monitoreo. pp. 181-217. En: C. Fragoso y P. Rojas (Eds.) *Monitoreo ecológico de una cantera rehabilitada por cementos Holcim Apasco en Veracruz*. INECOL y Holcim Apasco. México.

López-Barrera F. y S. Guevara. 2012. La restauración del paisaje y sus ecosistemas. pp. 25-44. En: C. Fragoso y P. Rojas (Eds.) *Monitoreo ecológico de una cantera rehabilitada por cementos Holcim Apasco en Veracruz*. INECOL y Holcim Apasco. México.

Pollan, M. 1991. The idea of garden. Extracto del libro: Second nature: A gardener's education. M. Pollan. Grove Press, New York.

Rojas P., D. Palacios, A. Angeles y L. Hernández. 2012. Monitoreo de las hormigas del suelo en una mina de roca caliza rehabilitada. pp. 145-179. En: C. Fragoso y P. Rojas (Eds.) *Monitoreo ecológico de una cantera rehabilitada por cementos Holcim Apasco en Veracruz*. INECOL y Holcim Apasco. México.