

# Restauración de canteras calcáreas en Portugal



**Otilia da Conceição  
Alves Correia Vale de Gato**  
odgato@fc.ul.pt

Institución: Universidad de Lisboa, Facultad de Ciencias,  
Dept de Biología Vegetal, Sección de Ecología y Sistemática  
de los Vegetales - Lisboa

Calificaciones académicas: Licenciatura en Biología por la Facultad  
de Ciencias de la Universidad de Lisboa (1976). Doctorado en  
Biología (Ecología y Biosistemática) por la Universidad de Lisboa  
(1988). Agregado en Biología por la Universidad de Lisboa (2006).

Categoría actual: Profesora Asociada con Agregación del  
Departamento de Biología Vegetal (FCUL), desde 2000.

Campo de especialización: Ecofisiología de especies mediterráneas.  
Relaciones hídricas y fotosíntesis.

Otros campos: Estructura y dinámica de la vegetación.

Actuales campos de investigación: Efecto del fuego y del stress  
hídrico en la estructura y dinámica de los ecosistemas mediterráneos.

Adaptación y tolerancia de diferentes especies a estos factores.  
Recuperación y rehabilitación de ecosistemas.

**Graça Oliveira  
Adelaide Clemente  
Alice Nunes**

Universidad de Lisboa, Facultad Ciencias, Centro de Ecología  
y Biología Vegetal (CEBV),

## Introducción

La explotación de canteras, especialmente si se trata de la realizada a cielo abierto, ha originado grandes extensiones de áreas degradadas por toda la Cuenca del Mediterráneo, en gran expansión desde comienzos del siglo XX, en particular en lo que se refiere a las zonas cársticas del Mediterráneo (Gam *et al.* 1993, William 1993) En Portugal muchas de esas explotaciones radican en áreas de gran valor paisajístico y ecológico, con estatus de áreas protegidas por su valor natural, como es el caso de la Sierra d'Aire y Candeeiros (PNSAC) y la Sierra de la Arrábida (PNA). Estas explotaciones han ido aumentando los últimos años, y en muchos casos la ausencia de control y fiscalización han provocado alteraciones ambientales con repercusiones desconocidas en lo que respecta a la biodiversidad y a los ecosistemas, y con repercusiones evidentes en lo que respecta al impacto visual. A pesar de que la ley obliga a los propietarios después de la explotación de las canteras a su recuperación por medio de la regularización de la cobertura vegetal y de los suelos, desde hace décadas existen numerosos cráteres resultantes de canteras abandonadas en estas áreas protegidas.

La explotación de canteras origina profundas alteraciones del paisaje, pues lleva a la destrucción total de la vegetación y de los suelos, modificando profundamente todo el relieve de la región. Se comprueba entonces una ausencia generalizada de condiciones para la regeneración espontánea de la estructura vegetal y del paisaje, como es el caso de las rocas desnudas, con grandes pendientes y sin suelo, donde es imposible la fijación de especies vegetales. Este impacto resulta especialmente dramático cuando se asocia además a factores de intenso estrés como es el caso de las zonas de clima mediterráneo y donde la regeneración natural es escasa.

El Parque Natural de la Sierra de la Arrábida presenta uno de los últimos vestigios de vegetación mediterránea mejor preservada en toda Europa. No obstante, una parte considerable del área de este Parque se halla sujeta a fuertes problemas, debido a la explotación de canteras que causa dos tipos de impacto ambiental: (i) destrucción total de los ecosistemas naturales y (ii) contaminación por polvo atmosférico resultante de la explotación de la piedra, de la producción de cemento y del tráfico en las carreteras.

En este sentido es urgente desarrollar programas de recuperación o rehabilitación de estas áreas degradadas por la explotación de las canteras, de cara a la valorización de estas regiones, no ambicionando un objetivo meramente estético de recuperación del paisaje, sino también buscando la recuperación de las comunidades vegetales y de los ecosistemas originales. La re-vegetación iniciada por la SECIL en 1983 nos permitió realizar un estudio de espacio y tiempo sobre la evolución de la vegetación desde entonces en una secuencia cronológica donde la sucesión vegetal se encuentra representada en diferentes etapas de desarrollo.

En este trabajo se presentan algunos resultados obtenidos desde 1998, en el ámbito de varios proyectos (PRAXIS/ PCNA/ C/ BIA/ 180/

96) y protocolos de asesoría científica con la SECIL, desarrollados en la cantera de Out o (SECIL) de cara a un seguimiento científico de la re-vegetación en curso, a la aproximación a los ecosistemas naturales y a la optimización de la relación coste-beneficio (Werner *et al.* 2000, Correia *et al.* 2001, Clemente *et al.* 2004).

## Metodología

### Breve descripción del lugar del estudio

Los estudios tuvieron lugar en la cantera de Out o, localizada en un área limítrofe con el Parque Natural de la Sierra de la Arrábida, en una propiedad de la SECIL, contando con un área total de 482,7 ha, que corresponde a un 4% del área total del Parque. El área de explotación de la cantera ocupa aproximadamente 86 ha distribuidas por zonas de calcáreo y marga.

La recuperación paisajística de esta cantera fue iniciada en 1983, presentándose como un proceso continuo que acompaña a la explotación. Ésta ha venido siendo efectuada en sentido descendente, a partir de las cotas más altas, en las proximidades de Arremula, de acuerdo con el primer proyecto de recuperación paisajística realizado en 1981 (Fontes, 1981). Este tipo de explotación dio origen a una sucesión de rellanos y taludes con una diferencia de cotas y una anchura máxima de 20 metros, realizándose la re-vegetación con especies arbóreas y arbustivas en esos rellanos o escalones a medida que la explotación fue cesando (Fig.1). En cada escalón fue añadido como sustrato una capa de marga con cerca de 0,5 m de altura.

En la cantera de calcáreo los trabajos de re-vegetación comenzaron en 1983 en el rellano de cota 335 m (P1). Cada rellano fue objeto de re-vegetación de forma cronológica durante un período de aproximadamente 3 años (ejecución), seguido de un período de mantenimiento (3 años) y un período de vigilancia (3 años), al fin de los cuales las plantas quedaron sujetas al proceso de evolución natural.

En los diferentes rellanos o planicies se plantaron especies autóctonas (*Arbutus unedo*, *Ceratonia siliqua*, *Juniperus phoenicea*, *Loniceira sp.*, *Myrtus communis*, *Olea europaea sylv.*, *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus faginea*, *Q. coccifera*) y algunas especies frecuentemente utilizadas en programas de re-vegetación como especies de crecimiento rápido (*Pinus halepensis*, *P. pinea*) y leguminosas (*Spartium junceum*, *Lygos monosperma*). Las plantas utilizadas fueron producidas en los viveros locales de la SECIL durante un período de dos a tres años.

### Evaluación de las características de los suelos

Con el objetivo de estudiar la evolución del suelo en las zonas revegetadas fueron estudiadas las características físico-químicas de los suelos en los diferentes rellanos así como los suelos de las zonas con vegetación natural que envuelven a la cantera y las margas utilizadas como sustrato en cada uno de los rellanos.

La recogida fue efectuada en la rizosfera de las especies más abundantes y pertenecientes a grupos funcionales distintos: *Ceratonia si-*

*liqua*, *Olea europaea*, *Pinus halepensis* y *Cistus spp.*, y que podrían contribuir de forma diferente a la alteración del suelo. Los suelos fueron analizados en el Laboratorio Químico Agrícola Rebelo da Silva (INIA).

### Evaluación de la cobertura vegetal

El estudio del desarrollo de la vegetación incidió en todas las especies plantadas y también en las especies espontáneas, que colonizaron posteriormente los rellanos.

La cobertura vegetal fue evaluada a través de mediciones del crecimiento (altura, diámetro de la copa y del tronco), cobertura vegetal, riqueza específica y diversidad. Los trabajos fueron realizados de forma sistemática, en parcelas de 3x3 m dispuestas a lo largo de los rellanos o escalones, con un intervalo de 3 m entre cada parcela, a fin de cubrir todo el rellano.

Los resultados fueron analizados considerando los siguientes grupos funcionales: (i) especies arbustivas y arbóreas autóctonas plantadas (AP) (ii) *Pinus halepensis*, especie de crecimiento rápido (P) (iii) especies arbustivas espontáneas (AE) y (iv) especies herbáceas espontáneas (H). Los estudios fueron realizados en 1998 y 2004 permitiendo el análisis de la cronosecuencia de sucesión.

## Resultados

Los análisis de granulometría permitieron clasificar los suelos en cuanto a su textura en franco-arcilloso y franco-arenoso en el caso de la vegetación natural y de los rellanos respectivamente (Correia *et al.* 2001). Los suelos de vegetación natural, como es característico de los suelos rojos mediterráneos (tierra rosa), poseen un mayor porcentaje de arcilla y limo en comparación con los materiales arenosos, que los suelos de los rellanos resultantes de una mezcla de marga con suelos arenosos de vivero utilizados durante la re-vegetación.

En relación con la evolución de los suelos, los resultados indican alguna evolución, aunque pequeña, de los rellanos en relación con las margas utilizadas inicialmente como sustrato (Fig 2). La materia orgánica en los rellanos más antiguos (> 12 años) presenta diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) en relación con las margas, así como con el PH del suelo. Este parámetro presenta una disminución gradual con la edad de la vegetación, lo que es típico de las sucesiones vegetales donde una de las primeras alteraciones que tienen lugar es la que se verifica en relación con la acidez del suelo. Se observaron diferencias significativas en el PH del suelo en relación con el sustrato de marga después de los 3 primeros años, en tanto que diferencias significativas en términos de materia orgánica o de nitrógeno sólo se verificaron después de 12 años.

En relación con los demás elementos químicos analizados no se registraron diferencias significativas. (Correia *et al.* 2001).

No obstante, se verifica una diferencia muy acentuada entre estos suelos y los suelos de vegetación natural, lo que indica que la suce-

sión todavía se encuentra en el inicio. La lenta evolución en la génesis del suelo es un fenómeno natural, ya que son muchos los factores involucrados, siendo necesarios muchos años para mostrar alteraciones evidentes. En muchas sucesiones primarias, el proceso más importante en la formación de los suelos es la acumulación de nitrógeno que resulta de la mineralización de la materia orgánica acumulada en el suelo. En el caso particular de las canteras, debido a su orografía y topografía, la erosión causada por el viento y por las lluvias que, en el caso del clima mediterráneo, pueden ser muy concentradas, resulta particularmente relevante y asume gran importancia en las condiciones de los rellanos y taludes, donde la materia orgánica formada anualmente por la vegetación es arrastrada fácilmente por estos agentes en el agua de escurrimiento superficial.

Con relación a la vegetación se comprueba que al final de 21 años, la densidad de las especies autóctonas utilizadas es ligeramente superior a la que se encuentra en condiciones naturales (Fig. 3), verificándose igualmente una densidad muy elevada de especies espontáneas y especies herbáceas, indicando un reclutamiento efectivo de nuevos individuos característico de etapas precoces de sucesión.

Los valores de riqueza específica corroboran esta observación, verificándose un número muy elevado de herbáceas en los rellanos re-vegetados en relación con la vegetación natural y valores muy semejantes de especies espontáneas. A pesar de presentar una densidad semejante a cada una de las esclerófilas utilizadas en la re-vegetación, *Pinus halepensis* siendo una especie de crecimiento rápido, alcanzó valores de cobertura y altura muy superiores a los de las otras especies (Fig. 3). Las especies autóctonas a pesar de tener mayor densidad presentan todavía valores de cobertura inferiores a los de la vegetación natural.

Estos resultados nos permiten concluir que con la plantación de especies autóctonas esclerófilas y de crecimiento rápido, rápidamente se pueden obtener comunidades vegetales de cobertura y densidad elevadas, permitiendo la disminución del impacto visual, a pesar de que su composición específica se encuentra apartada todavía de la vegetación natural, debido principalmente al hecho de ser utilizadas algunas especies no autóctonas. Este rápido reestablecimiento de la cobertura vegetal permite disminuir los fenómenos de la erosión y, por otra parte, crear condiciones micro-climáticas favorables al reclutamiento y establecimiento de nuevas especies y, por lo tanto, a la colonización por un gran número de diversas especies lo que origina índices de diversidad muy elevados. La utilización de especies de crecimiento rápido junto con leguminosas y especies autóctonas de crecimiento lento, se presenta como una buena alternativa, ya que permite una rápida disminución del impacto visual al mismo tiempo que va generando condiciones de adaptación y establecimiento para las esclerófilas autóctonas utilizadas en la re-vegetación.

### Perspectivas futuras

Los resultados obtenidos nos permiten presentar algunas estrategias alternativas para la re-vegetación de estos habitats, así como estra-

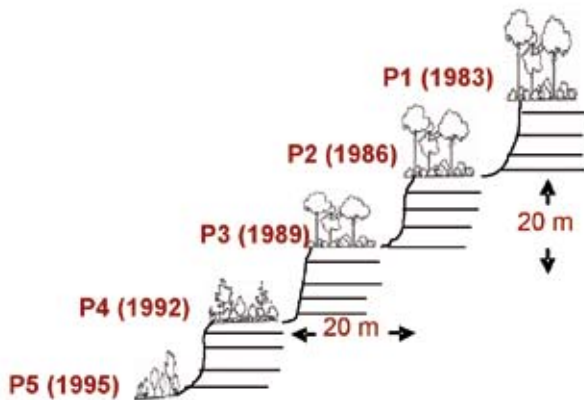
tegias para la gestión de la propia re-vegetación, que debe tener un seguimiento continuo a lo largo del tiempo en el sentido de orientar y acelerar el proceso sucesorio a través de intervenciones diversas.

Cualquier proceso de re-vegetación requiere tiempo dada la complejidad de los procesos evolutivos a nivel de suelo y vegetación. De este modo, en un programa de re-vegetación se debe tener en cuenta los dos compartimentos esenciales del ecosistema: el suelo y las comunidades biológicas. Siendo el suelo uno de los principales factores que regulan la productividad y el crecimiento de las especies vegetales y, por lo tanto, su implantación, es importante que en el futuro se preste más atención a su contribución y se estudien alternativas que puedan contribuir a acelerar la formación de suelo, contribuyendo a la mejora de sus características de fertilidad, agregación y estabilidad.

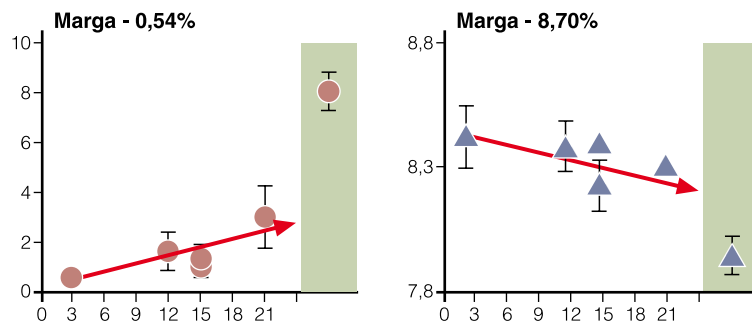
Igualmente se deben tener en cuenta estrategias que minimicen la erosión, como por ejemplo una cobertura vegetal más efectiva al nivel del suelo, a través de la introducción de especies herbáceas perennes como las gramíneas, que aumentan la infiltración del agua en los suelos reduciendo así los escurrimientos y la erosión. El contenido de materia orgánica del suelo también es muy importante para la calidad del suelo, debido a su influencia en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Así, la implantación de técnicas que permitan aumentar la cantidad de materia orgánica del suelo, podrá promover la estructura del suelo, la capacidad de retención del agua y de los nutrientes y la actividad microbiológica responsable por el reciclaje de los nutrientes en el ecosistema. Estos dos tipos de intervención: (i) introducción de especies herbáceas (gramíneas y leguminosas), preferentemente autóctonas, junto con especies arbóreas y arbustivas autóctonas, y especies de crecimiento rápido y (ii) introducción de materia orgánica, son estrategias a tener en cuenta en futuros programas de re-vegetación en canteras.

Una vez concluida la re-vegetación debe existir un seguimiento de su evolución, en el sentido de evaluar su desarrollo y la necesidad de aplicación de algún tipo de manipulación, que permita el desarrollo natural de la vegetación, evitando y aliviando algunos obstáculos resultantes de ésta y que permitan acelerar la sucesión. Es importante la reducción de la competencia intra e inter-específica entre las especies pioneras de crecimiento rápido y las especies de crecimiento lento de las etapas más avanzadas de la sucesión.

**Figura 1:** A- Esquema de la cronosecuencia de los escalones revegetados a partir de 1983, 1986, 1989, 1992 e 1995. B- Vista general de los escalones revegetados en la cantera de calcáreo en las dos pendientes donde se realizaron los estudios de la vegetación (foto de 1998)



**Figura 2:** Variación de la materia orgánica (MO) y del pH del suelo en los diferentes rellanos con diferentes edades después de la re-vegetación y en la vegetación natural del área que envuelve a la cantera. Igualmente se presentan los valores obtenidos para el sustrato utilizado en la re-vegetación (marga).



**Figura 3:** Comparación de la densidad (n° plantas) y crecimiento (altura y cobertura) de los diversos grupos funcionales en el rellano más antiguo (P1-21 años después de la re-vegetación) y en la vegetación natural del área envolvente de la cantera (Nat)

