

# Restauració de pedreres de roca calcària en clima mediterrani: procés i avaluació

M. Jorba,<sup>1,7</sup> G. Oliveira,<sup>5</sup> R. Josa,<sup>2</sup> R. Vallejo,<sup>1,6</sup> J.M. Alcañiz,<sup>3</sup> A. Hereter,<sup>2</sup> J. Cortina,<sup>4</sup> O. Correia<sup>5</sup> i J.M. Ninot<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departament de Biologia Vegetal. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. <sup>2</sup> Departament de Biotecnologia Alimentària. Universitat Politècnica de Catalunya. <sup>3</sup> Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. <sup>4</sup> Departament d'Ecologia. Universitat d'Alacant. <sup>5</sup> Centro de Ecologia e Biologia Vegetal. Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa. <sup>6</sup> Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. <sup>7</sup> Fundació Bosch i Gimpera

## Resum

L'obtenció de recursos minerals genera excavacions en el terreny i discontinuïtats en el paisatge natural. Abans de començar l'activitat extractiva, és necessari presentar un programa de restauració i dipositar una fiança. Habitualment, el procés de restauració passa per obtenir un relleu estable i col·locar un substrat que serveix com a medi per al desenvolupament de la vegetació nativa. L'objectiu és crear un sistema autosuficient que evolucioni per ell mateix cap al sistema natural de referència. La restauració en mineria és una disciplina recent, poc documentada i amb poques eines per determinar si aquests sistemes creats arriben a tenir la composició, l'estructura i la funció desitjades. El manual que s'està elaborant informa sobre les etapes de la restauració i incorpora un conjunt de tècniques i paràmetres de control que poden ajudar a determinar si els objectius de la recuperació s'estan assolint.

### *Paraules clau*

Mineria, roca calcària, etapes de la restauració, avaluació

## Resumen

### **Restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo: proceso y evaluación**

La obtención de recursos minerales genera excavaciones en el terreno y discontinuidades en el paisaje natural. Antes de comenzar la actividad extractiva, es necesario presentar un programa de restauración y depositar una fianza. Habitualmente, el proceso de restauración pasa por obtener un relieve estable y colocar un sustrato para que se desarrolle la vegetación nativa. El objetivo es crear un sistema autosuficiente que evolucione por sí mismo hacia el sistema natural de referencia. La restauración en minería es una disciplina reciente, poco documentada y con pocos elementos de decisión para determinar si estos sistemas creados llegan a tener la composición, la estructura y la función deseadas. El manual que se está elaborando informa sobre las etapas de la restauración e incorpora un conjunto de técnicas y parámetros de control que pueden ayudar a determinar si los objetivos de la recuperación se están consiguiendo.

### *Palabras clave*

Minería, roca caliza, etapas de la restauración, evaluación

## Abstract

### **Restoration of limestone quarries in the Mediterranean climate: process and evaluation**

The quarrying of mineral resources results in the land being excavated and in breaks in the natural landscape. Before extraction activities begin, a restoration programme must be submitted and a deposit put down. In general, the restoration process involves obtaining a stable relief and laying down a substrate to allow native vegetation to grow. The aim is to achieve a self-sufficient system that evolves by itself towards the natural baseline system. Restoration is a recent discipline in mining. There is little literature on the subject and few indicators to determine whether the systems created attain the desired composition, structure and function. The manual being drawn up provides information on the various stages of restoration and includes a series of techniques and monitoring parameters that can help to identify whether the goals of the restoration are being achieved.

### *Key words*

Mining, limestone, stages of restoration, evaluation

## Introducció

El paisatge ha estat alterat per l'activitat humana des de fa segles, i la mineria n'és un bon exemple. L'extracció dels recursos minerals deixa forats de difícil integració al seu entorn i l'obtenció de roques dures com la calcària pot ser un dels casos més problemàtics (fig. 1). Algunes de les pedreres tenen dimensions superiors a les deu hectàrees i generen fortes discontinuïtats als ecosistemes, sovint a prop d'espais protegits. A més de l'alteració de la superfície explotada, es produeixen canvis en la dinàmica dels recursos naturals (xarxa de drenatge, canvis en la dispersió de llavors i diàspores, reducció de la disponibilitat d'aliment i aixopluc, etc.) que afecten en major o menor grau tots els sistemes naturals veïns.

La recuperació d'aquests espais no és fàcil ni des del punt de vista tècnic ni des de l'ecològic, i el temps pot ser un element important en tot el procés. D'altra banda, el procés administratiu requereix que l'empresa presenti un programa de restauració i es dipositi una fiança. Per poder recuperar la fiança, cal que l'organisme de l'Adminis-



**Figura 1.** Afectacions de l'extracció de roca calcària.

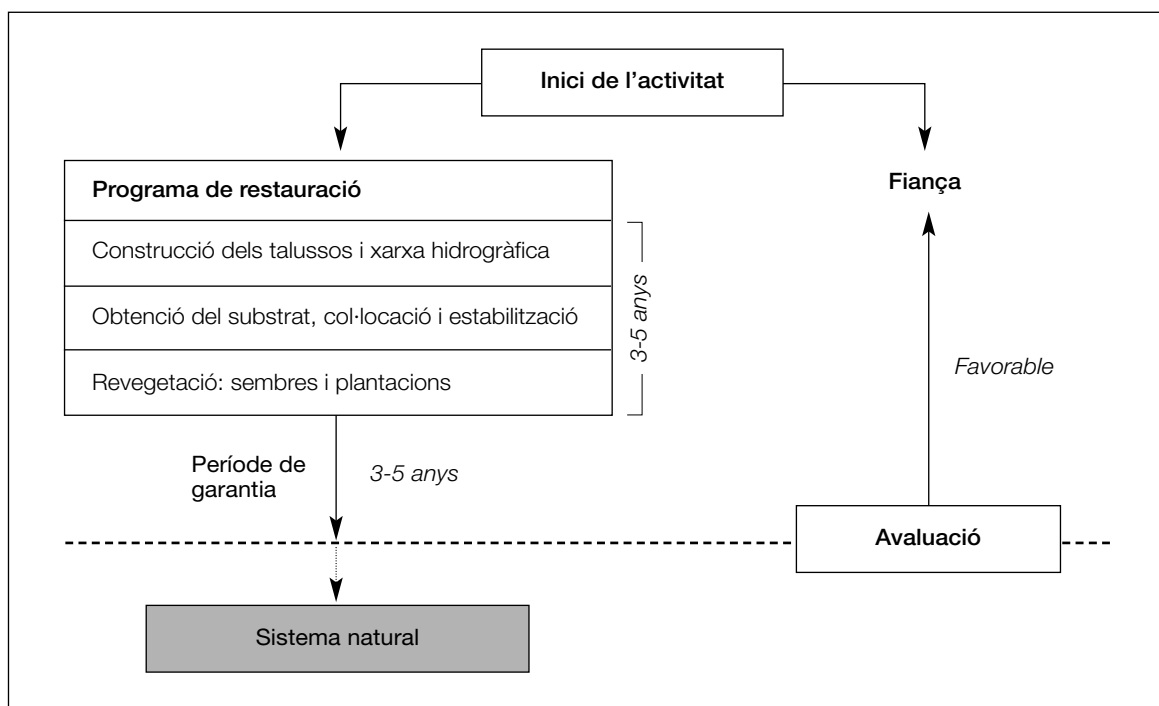
tració competent decideixi si s'han assolit els objectius del programa de restauració. Això pot ser especialment complicat si cal fer-ho en terminis curts, ja que, un cop efectuades les actuacions incloses en el programa de restauració, aquests poden oscil·lar entre tres i cinc anys. L'existència d'eines que donin informació ràpida sobre l'estat de la recuperació pot facilitar aquest diagnòstic a curt termini, tant per als tècnics encarregats de fer l'avaluació com també per als mateixos tècnics de les explotacions.

## El procés de restauració

El procés de restauració s'organitza com una seqüència d'actuacions que han de comportar l'establiment dels elements necessaris perquè el sistema sigui autosuficient i s'integri en el paisatge (fig. 2). Tot el procés es desenvolupa en el que s'anomena restauració integrada, que ha de compatibilitzar les tasques de restauració amb les activitats pròpies d'explotació.

El primer pas és obtenir geofomes estables i paisatgísticament similars al seu entorn, on es pugui desenvolupar la vegetació. El desnivell generat durant l'extracció de mineral s'organitza com una alternança de talussos i plataformes. A Catalunya, els programes de restauració inclouen també la revegetació de la superfície dels talussos, tot i que sovint el pendent final sol ser elevat (33°-37°) i crea situacions límit per a l'estabilitat de substrats i per al desenvolupament vegetal. Sovint aquestes situacions porten associades un elevat risc d'erosió i d'esllavissades, especialment si no es dissenya una xarxa de drenatge correcta.

La segona etapa consisteix a obtenir les condicions edàfiques adequades perquè s'hi pugui establir la vegetació que es desitja en les geofomes creades. Així doncs, l'estratègia de revegetació s'haurà d'adaptar a les característiques de pendent i orientació d'aquestes geofomes. És important considerar que la quantitat de sòl desenvolupat sobre calcàries sol ser escassa i sovint s'utilitzen terres externes o materials minerals de rebuig obtinguts durant el procés d'explotació com a substrat. Tot i ser necessari, aquest pot ser un element distorsionador dintre del procés general de revegetació. Les característiques físiques, químiques i biòtiques del substrat poden determinar el tipus de vegetació a curt i possiblement a llarg termini. Un aspecte que sovint no es considera dins de tot el procés de revegetació és la



**Figura 2.** Esquema del procés de restauració.

dinàmica d'ocupació d'espais buits. Les espècies vegetals tenen estratègies per colonitzar i perdurar en els diferents ambients, la qual cosa determina els canvis en la composició florística en el temps i l'espai. A les pedreres totes les zones que s'han de restaurar són de nova creació i les interaccions entre espècies són fortes en les primeres etapes i poden ser molt diferents en funció del medi on es desenvolupin. En aquest sentit, el substrat juga un paper important en el seu vessant biòtic, ja que aporta llavors i diàspores autòctones (sòl forestal local) o al·lòctones (terres externes d'origen divers), però també com a font de nutrients i aigua. Sovint s'afegeixen esmenes orgàniques als substrats que determinen fertilitats molt superiors als sòls dels sistemes naturals que es volen reproduir determinant comunitats vegetals molt diferents. Segons la capacitat de colonització de les espècies de l'entorn natural, aquestes comunitats poden canviar poc i poden generar una disfunció en el paisatge a mitjà i llarg termini (fig. 3).

La següent etapa del procés de restauració, i potser la més valorada per l'opinió pública, és la revegetació. Les intervencions tradicionals són les sembres i les plantacions. Aquestes intervencions s'haurien de planificar en funció de les situacions heretades de les etapes anteriors, tot considerant la capacitat de l'entorn immediat com



**Figura 3.** Restauració de dotze anys d'antiguitat al massís del Garraf (a dalt). Detall del paisatge natural del massís del Garraf (a baix).

a font d'espècies, tant desitjades (entorn natural a què es vol arribar) com no desitjades (entorn ruderalitzat). Les herbàcies, i en especial les gramínies per la morfologia de les seves arrels, són el grup funcional més emprat en les sembres. L'objectiu bàsic de les sembres és la protecció i la fixació del substrat en els moments en què l'erosionabilitat és més elevada, és a dir, després de la seva col·locació als talussos. L'efecte de la vegetació herbàcia és limitat i consisteix a reduir l'impacte de les gotes de pluja interceptades per la coberta vegetal i retenir mecànicament els primers centímetres de substrat per les arrels. La distribució espacial de les masses de vegetació i l'estructura aèria de cada espècie influeixen també en la quantitat i la qualitat de les aigües d'escolament i fan disminuir la seva velocitat al llarg del vessant al crear irregularitats. Les sembres també es poden emprar per donar major diversitat a la vegetació, introduint espècies de la flora local. De tota manera, hi ha tot un conjunt extens d'espècies arbustives i subarbustives de petit port poc considerades en les barreges de les sembres, però molt característiques del clima mediterrani. El principal problema és la seva disponibilitat al mercat, la qual cosa també passa amb moltes espècies herbàcies locals. L'oferta és reduïda perquè la demanda també ho és, i les comandes acaben adaptant-se a les espècies tradicionalment comercialitzades. Així doncs, les possibilitats reals de les sembres com a element potenciador de diversitat són actualment limitades, especialment si es fan comandes de gran quantitats de llavors. Si més no, l'oferta ha crescut els darrers anys, i es poden aconseguir llavors de moltes espècies si es demanen amb prou temps per poder organitzar-ne la recol·lecció.

Les plantacions són potser les intervencions més valorades i les que acaben de donar la integració i l'estructura a les zones restaurades quan l'entorn és eminentment forestal. Aquestes darreres intervencions han d'estar dissenyades considerant la funció que pot tenir cada espècie llenyosa en el context de l'autoregeneració, actuant com a nuclis de dispersió dins la mateixa zona en fase de restauració i com a elements o masses vegetals promotores de la instal·lació de fauna.

Tot aquest esquema perd sentit si al cap del temps no s'observen elements de similitud entre la zona restaurada i el seu entorn. El problema és saber què cal esperar en cada etapa i en quin moment és necessari actuar per obtenir millors resultats en la restauració.

## L'avaluació

Tot i que la mineria és una activitat antiga, a Catalunya la restauració no va començar a ser una exigència fins després de l'entrada en vigor del Decret 343/1983, encara que les primeres intervencions van ser senzilles i van consistir bàsicament a plantar pins. Si es té en compte aquest fet, l'avaluació de les restauracions més antigues ja pot donar informació sobre com evolucionen aquests sistemes generats amb restauració. De tota manera, aquest període pot ser insuficient per a aquesta valoració, si es considera l'antiguitat d'algunes pinedes secundàries que s'han establert després de fortes perturbacions i que en condicions molt favorables pot ser de quaranta anys. Si més no, l'estudi d'alguns paràmetres pot ajudar a detectar situacions de risc o poc favorables a curt i mitjà termini i, de fet, en alguns estudis realitzats s'observen casos en què la vegetació evoluciona poc i manté les característiques inicials.

La propera edició del *Manual per a la restauració de pedreres de roca calcària en clima mediterrani*, patrocinada per la Generalitat de Catalunya dins el projecte EcoQuarry, està adreçada principalment als tècnics directament implicats en la restauració (personal de les explotacions, empreses que duen a terme els treballs de restauració, tècnics de l'Administració) i inclou estratègies per abordar diferents tipus de situacions i unes recomanacions per controlar la qualitat de materials com ara substrats, esmenes, llavors i plançons. Aquest manual també considera l'avaluació com una tasca important dintre de tot el procés de restauració i es recomana seguir uns paràmetres fàcils d'obtenir que poden ajudar a fer-ne la valoració.

Es proposa que els seguiments es duguin a terme en dos moments de la restauració: durant l'execució de les intervencions i al final del període de garantia. Els paràmetres s'organitzen atenent les diferents etapes del procés de restauració descrites: obtenció de la morfologia, obtenció del substrat, sembres i plantacions.

Durant el període d'execució, l'objectiu consisteix a identificar situacions de risc i avaluar l'èxit dels tractaments efectuats. Els paràmetres proposats, organitzats segons les fases, serien els següents:

### *Obtenció de la morfologia:*

- Estabilitat dels talussos: presència i fondària d'esclotxes, presència d'esllavissades, caiguda de blocs i pedres.

- Xarxa de drenatge: funcionalitat dels canals de drenatge i dels cordons de protecció superiors i de les basses de decantació.

- Erosió per escolament concentrat: nombre de canals per metre quadrat, subfusió.

*Substrat* (prèviament s'haurà fet el control de qualitat dels materials minerals i les esmenes):

- Quantitat: gruix.

- Fertilitat: granulometria, pH, salinitat, carbonats totals, matèria orgànica, nitrogen total, fòsfor i potassi assimilables.

*Vegetació herbàcia i llenyosa sembrada* (primer s'haurà controlat la qualitat dels lots de llavors):

- Cobertura: percentatge de recobriment.

- Èxit de la sembra: nombre i abundància de les espècies sembrades.

- Diversitat: nombre i abundància de totes les espècies (sembrades i espontànies), i nombre d'espècies coincidents amb el sistema de referència.

*Vegetació llenyosa plantada* (primer caldrà avaluar la qualitat de la planta):

- Èxit de la plantació: percentatge de supervivència.

Al final del període de garantia, l'objectiu és saber si el sistema està en vies de ser autosuficient; aleshores els indicadors intenten avaluar el grau de maduresa de la comunitat creada i la seva dinàmica espontània. En aquest cas, els criteris i paràmetres proposats serien:

*Desenvolupament successional i biodiversitat:*

- Presència d'espècies llenyoses característiques de la comunitat de referència.

- Absència significativa d'espècies exòtiques.

- Presència d'aus nidificants.

- Presència i diversitat de fauna en general.

*Dinàmica successional:*

- Maduració sexual dels arbustos i mates característics de la comunitat de referència.

- Presència de plançons regenerats espontàniament.

*Estructura vertical de la comunitat:*

- Presència d'un estrat arbustiu alt-arbori quan aquest sigui possible, per sobre de l'estrat herbaci.

## Consideracions generals

Aquests criteris d'avaluació, amb tot el desenvolupament de la metodologia que comporta, poden contribuir que el resultat de les restauracions sigui millor i que les intervencions siguin més rendibles. L'aplicació d'aquestes eines permetrà que el personal directament implicat en la restauració pugui fer una avaluació continuada del procés i pugui actuar per solucionar els problemes detectats i presentar zones amb més possibilitat d'integració ecològica i paisatgística al final del període de garantia. Un altre aspecte important és que poden generar una informació de base que, si es recopila i s'organitza adequadament, servirà per definir directrius de restauració generals i locals, atenent les necessitats de cada situació ambiental i d'explotació.

## Agraïments

Els autors volen agrair la col·laboració del Sr. Esteve Serra, responsable de la Secció d'extractives del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, en la realització del *Manual per a la restauració de pedreres de roca calcària en clima mediterrani*. També es vol agrair la participació i el suport de les empreses del sector extractiu en els diferents projectes (PRAXIS/PCNA/C/BIA/180/96; 2FD97-1644-C03; REN2001-3297-C02; 4.3-236/2005/2-B; EcoQuarry LIFE04-ENV00195) que han permès l'obtenció de la informació per a l'edició d'aquest manual.