



# ESTADO DEL ARTE Y CRITERIOS PARA LA RESTAURACIÓN DE CANTERAS EN ANDALUCÍA Y MARRUECOS ORIENTAL



PROGRAMA  
**Cooperación  
Transfronteriza**  
España-Fronteras Exteriores

Unión Europea  
Fondo Europeo de Desarrollo  
Regional

Invertimos en su futuro



**ecomemi**  
economía-medio ambiente-minería







**Edita:**

FUNDACIÓN CENTRO TECNOLÓGICO ANDALUZ DE LA PIEDRA (CTAP)

Centro Tecnológico de la Piedra  
Ctra. Olula del Río Km 1.7  
Macael (Almería)

**Colaboradores:**

FUNDACIÓN CENTRO TECNOLÓGICO ANDALUZ DE LA PIEDRA (CTAP).  
FUNDACIÓN ESPACIOS NATURALES DE ANDALUCÍA (ANDANATURA).  
L'OBSERVATOIRE RÉGIONAL DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT  
DURABLE  
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES, DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT





**ESTADO DEL ARTE Y CRITERIOS PARA**  
**LA RESTAURACIÓN DE CANTERAS EN**  
**ANDALUCÍA Y MARRUECOS ORIENTAL**



# Índice

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>7</b>
	EL CONFLICTO MINERÍA – MEDIO AMBIENTE .....	8
	ENFOQUE ESTRATÉGICO DE LA GUÍA .....	8
	CONCEPTOS DE INTERÉS .....	11

<b>2</b>	<b>Minería y Medio Ambiente .....</b>	<b>13</b>
	EL CASO ESPAÑOL .....	14
	EL CASO DE MARRUECOS .....	18

<b>3</b>	<b>Panorama Minero en Andalucía y Marruecos oriental .....</b>	<b>21</b>
	LA MINERÍA EN ANDALUCÍA ORIENTAL: PROVINCIAS DE ALMERÍA, GRANADA Y MÁLAGA .....	22
	LA MINERÍA EN MARRUECOS ORIENTAL .....	26

<b>4</b>	<b>La actividad extractiva:fases, técnicas y operaciones mineras .....</b>	<b>29</b>
	FASES DE UNA EXPLOTACIÓN .....	30
	SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN MINERA .....	33
	ESCOMBRERAS, ESTRUCTURAS MINERAS E INSTALACIONES .....	35

<b>5</b>	<b>Afecciones ambientales .....</b>	<b>37</b>
----------	-------------------------------------	-----------

## **6** Criterios para la integración ambiental de canteras de nueva apertura .....43

## **7** Restitución morfológica y restauración ambiental en explotaciones inactivas..49

CORRECCIONES DE RIESGOS GEOTÉCNICOS .....	50
RESTITUCIÓN MORFOLÓGICA .....	51
DRENAJE .....	52

## **8** Preparación y mejora del suelo .....55

INTRODUCCIÓN .....	56
TÉCNICAS DE PREPARACIÓN DEL SUELO .....	56
TÉCNICAS PARA MEJORAR Y MANTENER EL SUELO .....	58

## **9** Revegetación .....61

INTRODUCCIÓN .....	62
OBJETIVOS DE LA REVEGETACIÓN.....	62
LA SELECCIÓN DE ESPECIES .....	64
LAS TÉCNICAS DE INTRODUCCIÓN DEL COMPONENTE BIOLÓGICO .....	92
ASPECTOS PAISAJÍSTICOS DE LA REVEGETACIÓN .....	97
MODELOS ELEMENTALES DE RESTAURACIÓN .....	99
PROTECCIÓN DE LAS PARCELAS DE RESTAURACIÓN .....	104

## **10** Modelos para la mejora de la fauna ...105

MEDIDAS PREVENTIVAS .....	106
MEJORA DE LAS CONDICIONES DEL HÁBITAT PARA LA FAUNA.....	107
GENERACIÓN DE ÁREAS DE REFUGIO Y CRÍA .....	107

# 1



## Introducción





## EL CONFLICTO MINERÍA - MEDIO AMBIENTE

Las actividades mineras generan un inevitable impacto ambiental en sus fases de implantación y desarrollo, a veces de intensidad grave. La restauración ambiental del espacio afectado por tales actividades suele ser difícil y cara si el diseño técnico de la explotación no ha previsto en origen la integración de las variables medioambientales afectadas. Por el contrario, si éstas se han incorporado desde el inicio de la toma de decisiones hasta el desarrollo y ejecución del proyecto minero, tales problemas resultan casi siempre corregibles, o, en cualquier caso, minimizables de modo muy considerable.

Tanto el proyecto de explotación minera como el plan de restauración de cualquier nueva explotación deben tener muy en cuenta, por tanto, los limitantes físico-ambientales de la zona donde se prevé realizar el proyecto minero y el plan de restauración. La tarea, sin embargo, no es fácil, especialmente en ambientes semiáridos o semidesérticos, como corresponde a gran parte de los territorios de Andalucía y Marruecos oriental. Los modelos de intervención en materia de restauración ambiental, especialmente por lo que se refiere a las tareas de revegetación, desarrollados ya con éxito en otras latitudes con climatología más favorable, no son casi nunca exportables a este tipo de ambientes semiáridos o semidesérticos, por lo que es necesario poner a punto modelos y técnicas específicas de intervención aplicables con éxito a este tipo de medios.

Este trabajo trata de evaluar los antecedentes en materia de restauración

medioambiental de los proyectos de explotación minera a cielo abierto en las provincias andaluzas de Almería, Granada y Málaga y en la región oriental del reino de Marruecos, territorios ambos con una dilatada tradición minera. Se pretende, a la vista de ello, profundizar en los problemas y soluciones técnicas más comunes utilizadas en los proyectos de restitución morfológica y restauración ambiental de los ámbitos naturales afectados por este tipo de actividades en este tipo de medios.

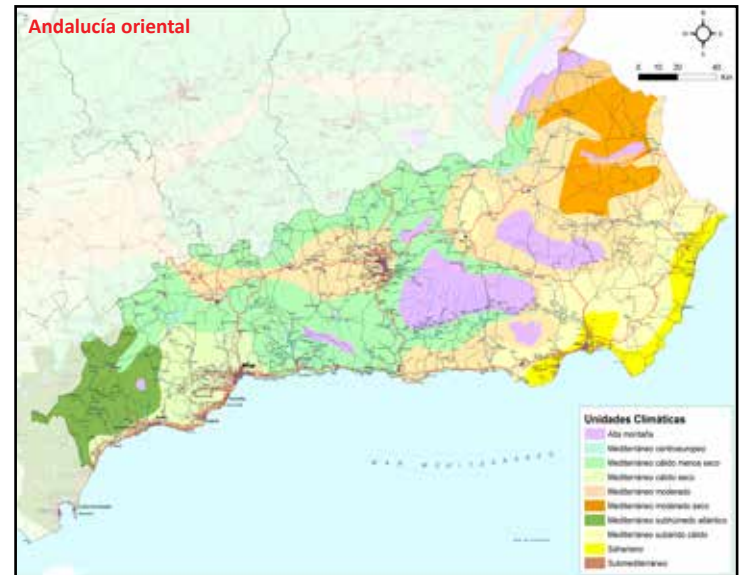
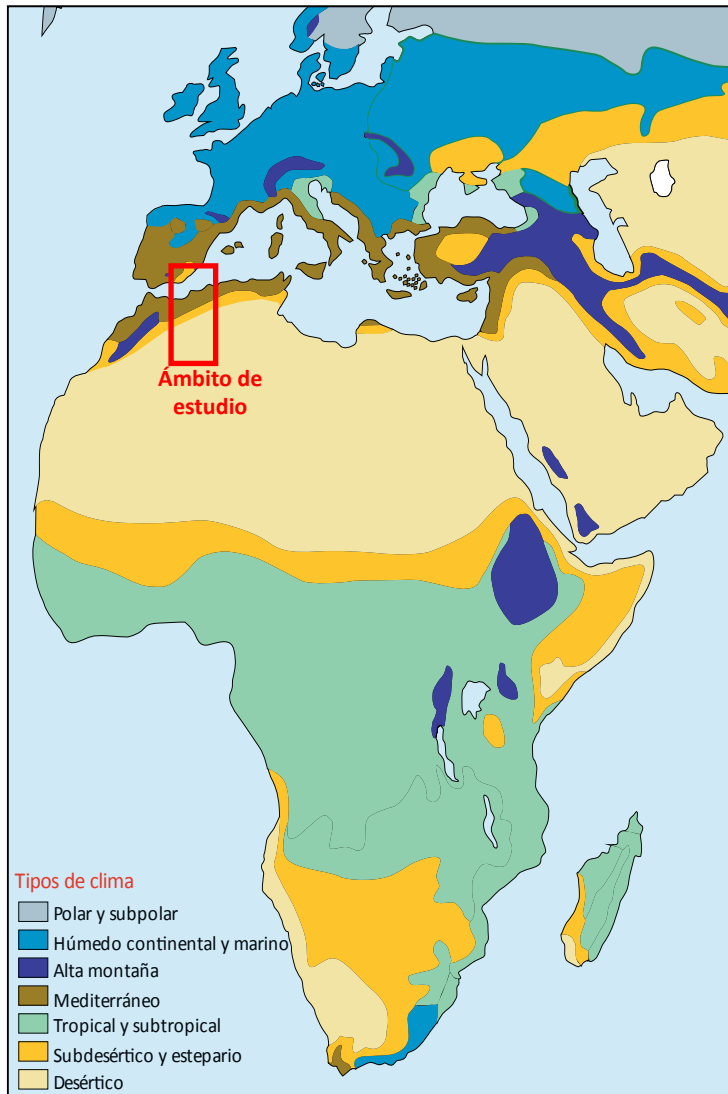
## ENFOQUE ESTRATÉGICO DE LA GUÍA

La guía trata de aportar información útil a los distintos operadores que intervienen en las tareas de proyección y ejecución de actividades de restauración del medio natural afectado por explotaciones mineras a cielo abierto de áridos y de roca ornamental en ambientes semiáridos mediterráneos. Se orienta específicamente hacia las actividades de cantería para explotación de áridos, calizo-dolomíticos y silicios, y de roca ornamental, ya que en el ámbito territorial analizado, las provincias orientales de Marruecos y de Andalucía, 9 de cada 10 explotaciones mineras actualmente activas corresponden a esta tipología de explotación y benefician estas materias primas minerales, aunque históricamente ambos territorios han sido importantes distritos mineros para beneficio de otros recursos.

Marruecos oriental y Andalucía oriental ofrecen similitudes en cuanto a una serie de características, precisamente las que condicionan y alimentan en debate social en relación a la problemática medioambiental de las actividades minero-extractivas.

- Presentan una alta potencialidad minera, con una oferta más dependiente de la propia demanda que de la disponibilidad del recurso, casi siempre fácil debido a la disponibilidad de litotectos favorables para la explotación.
- Con excepción de los ámbitos serranos, generalmente protegidos en ambos países, dominan en ambos territorios los ambientes semiáridos, áridos e incluso desérticos, con precipitaciones totales anuales que no sobrepasan los 350 mm al año, con amplias zonas por debajo de los 200.
- En ambos territorios estos tipos de medios son, sin embargo, extraordinariamente valiosos desde las perspectivas ecológica y ambiental, tanto en el mosaico de la propia biodiversidad nacional de cada país, como en el de las continentales africana y europea, ya que conforman zonas esteparias semiáridas y semidesérticas únicas en sus distintos contextos por singularidad y su riqueza biológica.
- Se trata, por tanto, de territorios en los que la integración ambiental de las actividades mineras es social y legalmente exigida, y, aunque sin duda se ha avanzado notablemente en la consecución del objetivo, en la práctica, sin embargo, los resultados de las actuaciones desarrolladas no son todo lo favorables que deberían.
- Una de las razones, quizá la principal, que motivan esta circunstancia es la ausencia de modelos de restauración ambiental técnica y científicamente contrastados para intervenir con eficiencia en las desfavorables condiciones ambientales que padecen este tipo de medios, muy valiosos por otro lado. Los modelos de intervención que actualmente solucionan este tipo de problemas en países con una mayor tradición en la materia operan en ambientes continentales húmedos o subhúmedos y las experiencias no son exportables a este otro tipo de medios semiáridos y áridos.







## CONCEPTOS DE INTERÉS

La terminología empleada en la literatura especializada en la materia es precisa y concreta, sin embargo su uso generalizado se realiza a veces con desacertada propiedad. En el contexto específico del contenido de esta Guía, los términos que se utilizan atienden a la siguiente definición:

**Restauración paisajística:** proceso de intervención activo y planificado sobre un espacio degradado para restablecer o recuperar la fisonomía del paisaje original alterado, esencialmente mediante su revegetación con especies autóctonas y exóticas.

**Restauración ambiental:** proceso de intervención activa y planificado para recuperar en la medida de lo posible las condiciones ambientales, vegetación, flora, fauna, agua, suelo, paisaje, usos tradicionales del suelo, etc. de un terminado espacio natural alterado. Su objetivo principal es generar un sistema similar al afectado en cuanto a estructura y funcionalidad ambiental original, usando para ello especies vegetales autóctonas y exóticas.



**Restauración ecológica:** proceso de intervención activa e intencionada de un hábitat para restablecer o recuperar en la mayor medida posible la estructura, diversidad, dinámica y función ecológica del ecosistema original alterado, usando especies autóctonas que faciliten a medio plazo la reintroducción natural de las especies de fauna originales.

**Restitución morfológica:** proceso de intervención activa y planificada para remodelar y suavizar la morfología de un terreno alterado con el objetivo de corregir posibles riesgos naturales, integrarla es su contexto geomorfológico y preparar el terreno para acometer un proyecto posterior de restauración, ambiental, ecológica o paisajística.

**Reutilización:** proceso de intervención activa y planificada para acondicionar un espacio degradado con el objetivo de asumir un uso de interés social o económico diferente o no al original.



En las siguientes imágenes se muestran algunos ejemplos de canteras restauradas como espacios destinados a múltiples usos, desde la construcción de un complejo con áreas destinadas a oficinas, viviendas, parking hasta un espacio para el ocio y la diversión.



En el caso de Marruecos las explotaciones han sido restauradas y convertidas en espacios verdes.





# 2

## Minería y Medio Ambiente

estado de la cuestión y marco legal

## EL CASO ESPAÑOL

### El marco regulador sustantivo de la minería en España y Andalucía

#### Legislación Básica Estatal: la Ley de Minas

La Ley 22/1973 de Minas y el Real Decreto 2857/1978 por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería, junto a otras disposiciones concordantes, regulan todos los aspectos relativos a la investigación, exploración y explotación minera, así como el régimen de autorizaciones y concesiones mineras en territorio nacional. La ley establece que yacimientos de materias primas minerales ubicados en subsuelo de territorio español son de titularidad del Estado, quedando limitados los derechos de propiedad privada a la superficie del terreno.

#### El Plan de Restauración

En el Ordenamiento Jurídico español también se han establecido medidas normativas específicas orientadas a la protección del medioambiente en relación con la actividad minera. La más significativa sin duda en materia de restauración, procedente del ámbito legal sustantivo, es el [Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras](#), que derogaría el Real Decreto 2994/1982, de 15 de octubre, sobre restauración del espacio natural afectado por actividades mineras. Tiene por objeto el establecimiento de medidas, procedimientos y orientaciones para prevenir o reducir en la medida de lo posible los efectos adversos que sobre el medio ambiente, en particular sobre las aguas, el aire, el suelo, la fauna, la flora y el paisaje, y los riesgos que para la salud humana puedan producir el aprovechamiento de los yacimientos minerales y, fundamentalmente, la gestión de los residuos mineros.

Los promotores mineros quedan obligados así a realizar, con sus propios medios, los trabajos de rehabilitación del espacio natural afectado tanto por las labores mineras como por sus servicios e instalaciones anejas, incluyéndose aquellas donde se hayan de depositar los residuos mineros.



De acuerdo con el contexto legal señalado, con carácter previo al otorgamiento de una autorización, permiso o concesión regulada por la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas, el solicitante debe presentar ante la autoridad competente en minería un [Plan de Restauración](#) del espacio natural afectado por las labores mineras, cuyo contenido debe ajustarse a lo establecido en el R.D. 975/2009. El solicitante deberá acreditar a la autoridad competente que dispone de capacidad y de solvencia económica y financiera y técnica o profesional suficiente para asegurar el cumplimiento del plan de restauración. Dicho plan debe ser revisado cada cinco años por parte de la entidad explotadora, y, en su caso, modificarse si se han producido cambios sustanciales que afecten a lo previsto en él, incluidos los que pudieran afectar al uso final del suelo una vez agotado el aprovechamiento.



### Garantías y responsabilidad medioambiental del titular

La entidad explotadora está obligada a constituir dos garantías financieras o equivalentes para asegurar el cumplimiento de lo dispuesto en el plan de restauración autorizado. La primera asegurará que la entidad explotadora pueda hacer frente a las obligaciones derivadas de la autorización del plan de restauración en lo que respecta a la explotación y a las instalaciones de preparación, concentración y beneficio de los recursos minerales. La segunda garantiza que la entidad explotadora puede hacer frente a todas las obligaciones derivadas del cumplimiento de las condiciones impuestas en la autorización del plan de restauración para la gestión y la rehabilitación del espacio natural afectado por las instalaciones de residuos mineros.

### Política minera en Andalucía: el Plan de Ordenación de los Recursos Mineros de Andalucía 2010-2013 (PORMIAN)

El Gobierno Andaluz, consciente de la importancia social y económica que para la Comunidad Autónoma tiene una adecuada planificación y ordenación de las actuaciones en materia de minería, aprobó el Plan de Ordenación de los Recursos Minerales de Andalucía (PORMIAN 2010-2013) mediante el Decreto 369/2010, de 7 de septiembre.

Se trata de un instrumento planificador que orienta estratégicamente las actividades de investigación y explotación de los recursos minerales en el territorio de Andalucía. Y lo hace de acuerdo con la planificación económica regional y con los intereses sociales y económicos, sectoriales y generales, de forma coordinada y compatible con la planificación estratégica existente en la Comunidad Autónoma en sus aspectos territoriales, ambientales o culturales, y, todo ello, en el marco de la normativa europea, nacional y autonómica. Entre sus objetivos destaca favorecer la integración medioambiental de la actividad minera y su compatibilidad con otras actividades económicas fundamentadas en la explotación de otros recursos territoriales.



## El marco regulador ambiental de la actividad minera en España y Andalucía



El sector de la industria extractiva opera en todo el territorio de la Unión Europea de manera relativamente uniforme y adquiere una importancia estratégica dada la dependencia europea de las importaciones de materias primas minerales para su abastecimiento. Por otro lado, la sensibilización de la sociedad ante los efectos ambientales de la actividad han provocado que tanto la Comisión Europea y las administraciones implicadas como los agentes sociales y las empresas involucradas estén comprometidos en un proceso continuo de revisión y seguimiento de la legislación comunitaria relativa a la seguridad de las instalaciones mineras y a su integración y sostenibilidad ambiental. Esta orientación estratégica queda sintetizada en la Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de Junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.

Otro texto trascendental en la protección del medio ambiente en relación con las actividades extractivas lo constituye la Directiva 2006/21/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre gestión de los residuos de industrias extractivas. Propone establecer requisitos mínimos para prevenir o reducir, en la medida de lo posible, cualquier efecto adverso sobre el medio ambiente y la salud humana derivado de la gestión de residuos de industrias extractivas. Esta Directiva ha sido traspuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras, comentado en el epígrafe precedente.

Otro texto legal que vincula minería y el medio ambiente es la Comunicación de la Comisión COM/2000/0265 final para Promover el desarrollo sostenible en la industria extractiva no energética de la UE. Su objetivo es establecer unas directrices políticas generales para la promoción del desarrollo sostenible en la industria extractiva no energética comunitaria que permitan reconciliar, simultáneamente, la necesidad de promover unas actividades extractivas más seguras y menos contaminantes con el mantenimiento de la competitividad del sector.

De forma complementaria, a partir del V Programa de Acción Comunitario en materia de Medio Ambiente se establece como prioridad la integración del medio ambiente con otras políticas de la UE. En este sentido, los instrumentos de mayor incidencia en relación con la actividad del sector minero son los siguientes:

- Estrategia en Materia de Biodiversidad
- Red Natura 2000 (Directiva Hábitats y Aves)
- Estrategia Forestal de la Unión Europea y Plan de acción forestal
- Estrategia Temática para la Protección del Suelo
- Estrategia Temática sobre el Uso Sostenible de los Recursos Naturales
- Estrategia a favor del Desarrollo Sostenible
- Convenio Europeo del Paisaje
- Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- Convenio de Lucha Contra la Desertificación.



## ESTADO ESPAÑOL

En materia de restauración, la medida normativa más representativa orientada a la protección del medioambiente en relación con la minería es el [Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras](#), comentado en el capítulo de legislación minera. Insta a quienes realicen actividades de investigación y aprovechamiento reguladas por la Ley 22/1973, de 21 de julio, a realizar, con sus medios, los trabajos de rehabilitación del espacio natural afectado tanto por las labores mineras como por sus servicios e instalaciones anejas, incluyéndose aquellas donde se hayan de depositar los residuos mineros.

En materia de prevención ambiental, el marco legislativo estatal viene determinado por el [Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto](#)

[Ambiental de Proyectos](#). Contiene el régimen jurídico de la evaluación ambiental de los proyectos que deben someterse ineludiblemente a evaluación de impacto, entre ellos las actividades extractivas.

Por otro lado, la [Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad](#), establece el régimen jurídico básico de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y de la biodiversidad española.

Otro referente nacional en la materia lo constituye la [Estrategia Española para la Conservación y el Uso Sostenible de la Diversidad Biológica](#), aprobada en 1998, tiene como fin dar respuesta al compromiso adquirido por el Estado Español con la ratificación del Convenio sobre Diversidad Biológica (1992), estableciendo el marco general de actuación del Estado en la materia.



## COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA

La Comunidad Autónoma de Andalucía tiene transferidas las competencias en materia de planificación ambiental y planificación y ordenación del territorio, entre otras, por lo que corresponde a su Órgano Ambiental resolver los trámites de prevención ambiental de las nuevas actividades mineras. De este modo, la [Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental de Andalucía](#) establece que las explotaciones y frentes de una misma autorización o concesión a cielo abierto de yacimientos minerales y demás recursos geológicos de las secciones A, B y C, cuyos aprovechamientos están regulados por la Ley de Minas y normativa complementaria, así como aquellas prórrogas en las que se plantee un aumento de la superficie de explotación delimitada en el proyecto aprobado, excluyéndose las que no impliquen ampliación de la misma, estarán sometidas al procedimiento de Autorización Ambiental Unificada, con arreglo a lo establecido en la citada Ley y al [Decreto 356/2010, de 3 de Agosto, por el que se regula la Autorización Ambiental Unificada](#).



## EL CASO DE MARRUECOS

### El marco regulador sustantivo de la minería en Marruecos

El **Reglamento Minero (Dahir de 16 de abril de 1951)** clasifica las materias primas minerales en dos grandes grupos a efectos administrativos: [minas y canteras](#). Las primeras son clasificadas en 8 subgrupos, y abarcan la mayor parte de los recursos minerales, excepto las canteras de áridos, roca ornamental y piedra. El régimen jurídico de uno y otro grupo es diferente, mientras que en el caso de las minas se consideran Bienes de Dominio Público, los recursos canterables pertenecen con carácter general al propietario del suelo, quién puede explotarlos por medios propios o mediante concesión a terceros.

Las canteras quedan sometidas así a la vigente [Ley 08/01 \(Dahir 1-02-130 de 13 de junio de 2002\) de Explotación de Canteras](#). Este texto legal introduce también exigencias a la propia Administración, en particular la elaboración de [Esquemas Regionales de Gestión de las Canteras](#), que deben fijar las directrices de explotación para una zona o región determinada a un horizonte temporal de 10 años, teniendo en cuenta las necesidades nacionales y la protección del medio ambiente, así como las zonas no susceptibles de explotación y aquéllas otras que exijan condiciones particulares por tratarse de canteras a cielo abierto situadas en zonas sensibles: playas, litoral marítimo o cauces fluviales. Los Esquemas Regionales también deben definir los objetivos a alcanzar en materia de restauración del espacio afectado medioambientalmente.





La ley obliga al promotor de una cantera, por tanto, a obtener autorización administrativa antes del inicio de la actividad. En el caso de canteras situadas en dominio público o forestal será la administración encargada de la gestión de estos dominios la que deba autorizar la explotación. También establece la obligación de aportar garantías financieras para su correcta ejecución.



### El marco regulador ambiental de la actividad minera en Marruecos

Los textos básicos legislativos esenciales relativos a la protección del medio ambiente en el Reino de Marruecos son los siguientes:

- Ley 10/1995 de Aguas
- Ley 28/2000 de Gestión de Residuos y su Eliminación

### • Ley 11/2003 de Protección y Puesta en Valor del Medio Ambiente

*Tiene por objeto establecer las reglas de base y los principios generales de la política nacional en el ámbito de la protección y puesta en valor del medio ambiente. Entre los contenidos relevantes de esta ley que afecten al ámbito de relación minería y medio ambiente, destaca la definición de dos instrumentos de gestión y protección del medio ambiente:*

*\* Estudios de Impacto Ambiental: para aquellas actuaciones que ponen en riesgo la conservación del medio ambiente en que se emplazan. El estudio, elaborado por el promotor de la actuación, deberá permitir evaluar el impacto del proyecto sobre el medio y su compatibilidad con las exigencias de protección requeridas.*

*\* Planes de Urgencia: para hacer frente a situaciones críticas generadoras de contaminación ambiental derivadas de la ocurrencia de accidentes imprevisibles o catástrofes naturales o tecnológicas.*

*Además, el art. 69 de la Ley establece la imposición al promotor de recuperar el estado original de los terrenos afectados por las actuaciones. La administración puede imponer al explotador devolver los terrenos a su estado original incluso si la degradación no es el resultado de una infracción de las disposiciones de la presente ley. En caso de no proceder a la restauración del estado original en las condiciones fijadas por la Administración, y en caso de ausencia de procedimientos específicos por determinaciones legislativas, la administración puede ejecutar los trabajos referidos a cuenta del explotador.*

### • Ley 12/2003 relativa a los Estudios de Impacto Ambiental

*Establece que los proyectos mencionados en la lista anexa al texto legislativo, tanto privados como públicos, que en razón de su naturaleza, dimensión o ubicación son potencialmente productores de impactos negativos sobre el medio ambiente serán objeto de un Estudio de Impacto Ambiental. En el epígrafe 3.1 de dicho anexo se encuentran los proyectos de la industria extractiva, en particular: minas, canteras de arenas y áridos, cementeras e industria del yeso.*

- Ley 0313/2003 de Lucha Contra la Contaminación del Aire
- Decreto 2-04-563 relativo a las atribuciones y funcionamiento del Comité Nacional y Comités regionales de los Estudios de Impacto Ambiental.



- **Ley 22/2007 de Espacios Protegidos**

*La política nacional marroquí en materia de protección de espacios naturales establece una Red Nacional de Espacios Protegidos que cubre el conjunto de ecosistemas naturales destacables y representativos del reino. La legislación original data de 1934 con la promulgación de la Ley de 11 septiembre de 1934 sobre la creación de Parques Nacionales, actualizada con la Ley 22/2007 de Espacios Protegidos, que engloba no solamente a los Parque Nacionales, ya declarados por la antigua legislación, sino también las otras categorías de espacios protegidos.*

*Los aspectos más relevantes de este texto legal en relación con la actividad minera se refieren a los efectos de la declaración del espacio protegido en cuestión. Así, se prohíben o son objeto de restricción en todo el espacio protegido, salvo autorización previa de la administración competente, todas las acciones susceptibles de dañar al medio natural, a la conservación de la fauna y la flora, o de alterar las características y los elementos del ecosistema del espacio protegido, y en particular la extracción de materias primas minerales.*

# 3



## **Panorama Minero** en Andalucía y Marruecos oriental

## LA MINERÍA EN ANDALUCÍA ORIENTAL: PROVINCIA DE ALMERÍA, GRANADA Y MÁLAGA\*

*\*(Datos extraídos del Plan de Ordenación de Recursos Mineros de Andalucía 2010-2013. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Junta de Andalucía. 2010).*

### Panorama minero andaluz

La minería en Andalucía ha sido históricamente una actividad productiva muy arraigada y de una gran importancia socio – económica, aunque su peso específico en la economía nacional ha ido disminuyendo progresivamente a lo largo del siglo XX. Han incidido en esta circunstancia el agotamiento de algunos importantes yacimientos, la competencia de nuevos países productores y el desarrollo de nuevas materias primas sustitutivas, en algunos casos, de recursos minerales tradicionales. Todo ello hace que la posición que históricamente ha ocupado Andalucía en el conjunto del sector minero español y europeo haya ido descendiendo en la producción de metales base y energéticos mientras que ha aumentado la de otros subsectores, esencialmente los áridos, la roca ornamental y los minerales industriales.

Desde una perspectiva macroeconómica, el peso específico que actualmente tiene el sector minero extractivo andaluz en la economía regional es el 0,34% de la producción total andaluza (año 2005), valor que ha de considerarse bajo si se compara con otros sectores como la agricultura, que alcanza el 5,50%, el turismo, que llega al 7,12% y las actividades inmobiliarias y los servicios empresariales, que totalizan el 16,33%. No obstante, debe destacarse que en las comarcas de histórica tradición minera, donde se concentran las explotaciones, la actividad adquiere mucha mayor importancia socio - económica, especialmente cuando propicia el desarrollo de actividades industriales de primera transformación de las materias primas extraídas, ya que genera un tejido productivo fuerte y estable. Es el caso de la minería de la roca ornamental en la Comarca del Mármol (Almería) y de la industria de la arcilla en Bailén (Jaén) o la Rambla (Córdoba).

En el conjunto de la Comunidad Autónoma Andaluza existían 852 explotaciones activas en el año 2007, lo que representa casi el 20% del total nacional (Datos del PORMIAN, 2007, que excluye del análisis las explotaciones pertenecientes a sales, escombreras, depósitos de cenizas y recursos geo-

térmicos, con un total de 29 explotaciones. Por tanto, el total el total de explotaciones activas analizas por el PORMIAN fue de 823).

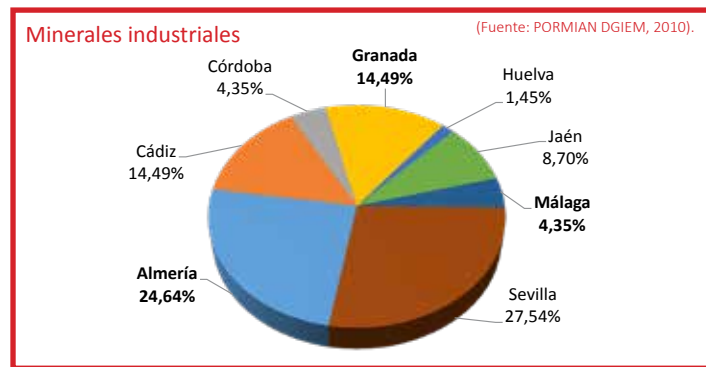
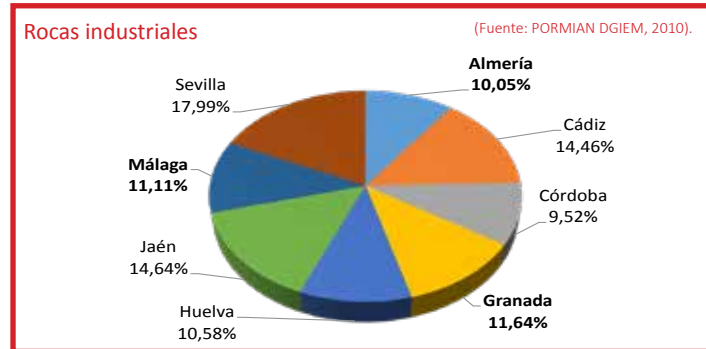
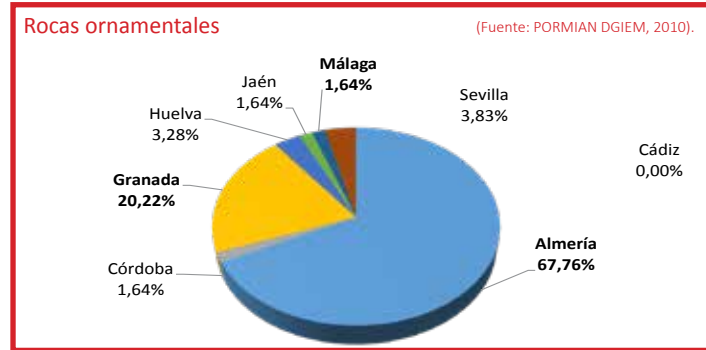
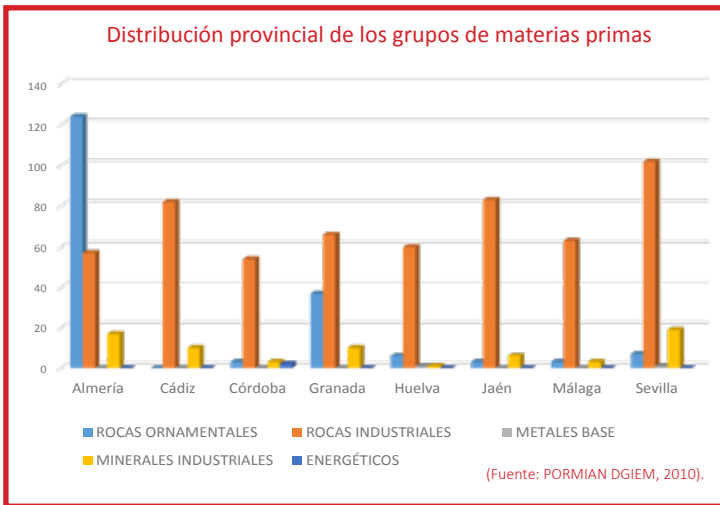
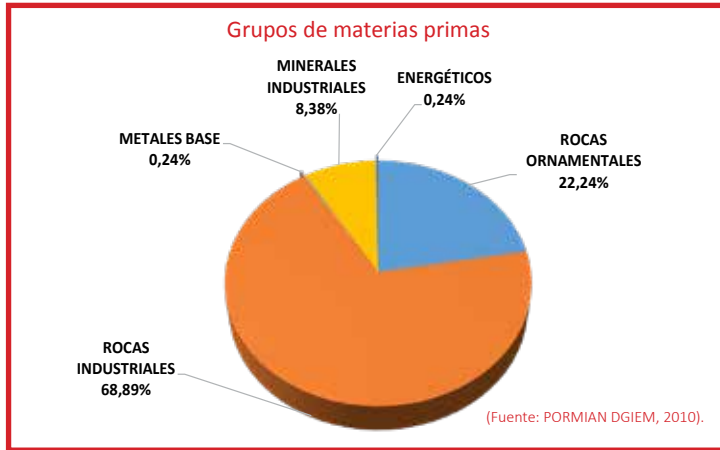
Desde el punto de vista territorial, destaca el alto número de explotaciones de la provincia de Almería, que aglutina el 24,06% del total, seguida de Sevilla (15,67%), Granada (13,73%), Cádiz y Jaén (ambas con 11,18%). Le siguen Málaga (8,38%), siendo Huelva (8,26%) y Córdoba (7,53%) las que menos explotaciones activas concentran.



En cuanto a la naturaleza de los recursos explotados, un 68,89% de las explotaciones activas corresponden a rocas industriales, en su mayoría áridos, y un 22,24% a rocas ornamentales, esencialmente explotaciones de mármol y caliza.

Por tanto, el 91,13% de las explotaciones activas en Andalucía corresponden a canteras de áridos o mármol y caliza ornamental. El 8,87% restante corresponde a minerales industriales, siendo en términos porcentuales casi

despreciable la representación de explotaciones de minerales metálicos y energéticos, aunque hay que destacar, no obstante, la importancia creciente de la explotación de minerales metálicos en la faja pirítica española.





La aportación andaluza en términos de empleo al total nacional es más reducida, del 11,01%. Puede decirse que la especialización minera en Andalucía se centra en sustancias de bajo valor (€/Tn) y hace un uso más intensivo de los recursos naturales, además de tener un tamaño relativo más reducido que el conjunto nacional.

En cuanto al número de empresas cabe destacar el mayor peso específico de la actividad transformadora frente a la actividad extractiva, así como el liderazgo de las rocas industriales, tanto desde la perspectiva extractiva como transformadora.

El empleo generado por las actividades extractivas y de transformación, de forma agregada, alcanzaba en 2007 en Andalucía a las 36.500 personas. De esta cantidad sólo un 13,6% corresponde a empleo en el sector extractivo



### La minería en las provincias de Almería, Granada y Málaga

(Fuente: PORMIAN, DGIEM, 2010)

#### Almería

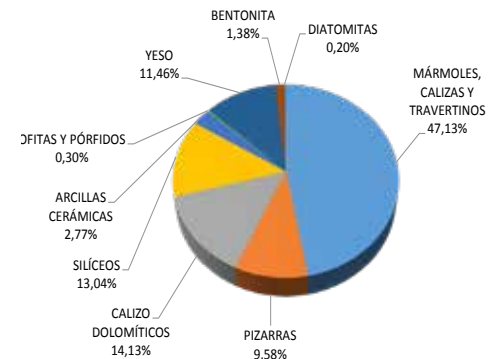
En el año 2007 existían 198 explotaciones mineras en la provincia de Almería. Destaca el subsector de las Rocas Ornamentales, que representa el 62,63% del total de las explotaciones, seguido de las Rocas Industriales, con el 28,79%, y de los Minerales Industriales con el 8,59%.

Dentro de las Rocas Ornamentales el mayor número de explotaciones se concentra en mármoles, calizas y travertinos, que suponen el 52,02% del total. Le sigue, dentro de rocas industriales, las arenas y gravas, con el 15,66% y dentro de los Minerales Industriales destaca el yeso con el 5,56% del total de las explotaciones.

Subsectores de las explotaciones



Empleo en el sector extractivo



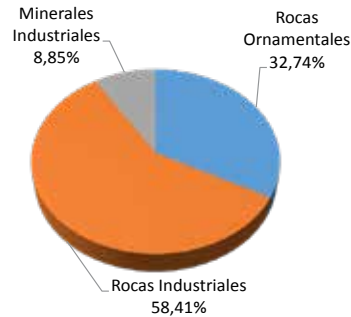
(Fuente: PORMIAN DGIEM, 2010).

## Granada

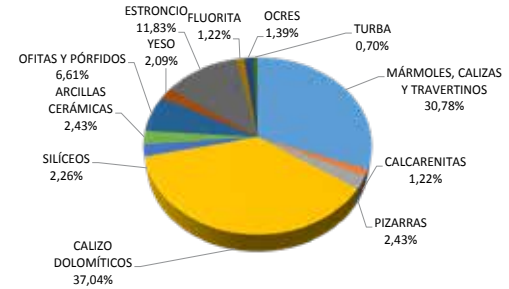
En la provincia de Granada existen 113 explotaciones mineras, de las que destacan las del subsector de las Rocas Industriales, con el 58,41% del total de las explotaciones, seguido del de las Rocas Ornamentales con el 32,74% y los Minerales Industriales con el 8,85%. El grupo con más explotaciones es el de los áridos calizo-dolomíticos con el 41, 59%, y los mármoles, calizas y travertinos con el 28,32%, y las arenas y gravas que suponen el 3,54%.

Respecto al empleo es el grupo de los áridos calizo-dolomíticos con el 37,04% el más numeroso, seguido por el de mármoles, calizas y travertinos con el 30,78%, y el estroncio con el 11,83%, el resto está por debajo del 7%.

Subsectores de las explotaciones



Empleo en el sector extractivo



(Fuente: PORMIAN DGIEM, 2010).

## Málaga

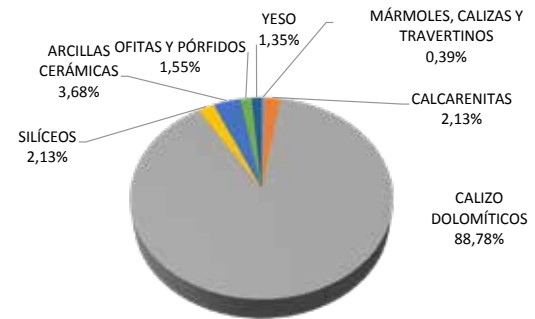
Málaga cuenta con 69 explotaciones activas, mayoritariamente correspondientes a Rocas Industriales, con el 91,30% del total, seguido de las Rocas Ornamentales y Minerales Industriales ambos, con el 4,35%. De todas ellas son las explotaciones áridos calizo - dolomíticos las más numerosas con el 65,22%, seguida de las arcillas con el 15,94% y las arenas y gravas con el 7,25%. El resto está por debajo del 3%.

Con respecto al empleo, el grupo de los áridos calizo-dolomíticos aglutina al 90,18% del sector extractivo de la provincia. El resto de las sustancias no llegan al 4%.

Subsectores de las explotaciones



Empleo en el sector extractivo



(Fuente: PORMIAN DGIEM, 2010).

## LA MINERÍA EN LA REGIÓN ORIENTAL DE MARRUECOS\*

*\*(Datos extraídos del Informe Sectorial de la Oficina Económica de la Embajada de España en Rabat sobre el sector de la minería y la cantería en Marruecos. Irene Barrena Casamayor, 2010).*



Marruecos también es un país de larga tradición minera, la riqueza y diversidad de sus recursos minerales la sitúan como en una gran potencia minera a nivel mundial, y experimenta una intensa actividad en este sector desde tiempos históricos.

La importancia de la minería en la economía de Marruecos es visible a través de distintos indicadores: contribuye anualmente con un 3% del PIB, si se tienen en cuenta únicamente los productos mineros, y con el 6% si se

incluyen también los productos transformados, y contribuye con un 22% al valor de las exportaciones marroquíes.

La minería en Marruecos emplea a unas 35.000 personas y su masa salarial se estima en 5.000 millones de dirhams. Concentra más de 1,5 millones de personas en torno a los más importantes centros mineros (Khouribga, Youssoufia, Ben Guerir, M'irt, Jerada, Tinghir Touissit, Boubker, etc).

Las líneas esenciales de la actividad minera actual en Marruecos se orientan hacia varios subsectores concretos: fosfatos, rocas bituminosas, minerales metálicos y rocas y minerales industriales.

### Fosfatos

El subsuelo marroquí contiene el 75% de las reservas mundiales de fosfatos. Marruecos está posicionado como 3º productor y 1º exportador de esta sustancia a nivel mundial y como 1º exportador de ácido fosfórico, con una participación del 50% en el mercado internacional.

El Grupo OCP es el mayor exportador mundial de fosfato en todas sus formas. Su participación en el mercado mundial fue del orden del 40% en 2008 en fosfato de roca, del 38,4% en ácido fosfórico y del 8,4% en fertilizantes. Los principales mercados de exportación de Marruecos son los Estados Unidos (2,6 millones de toneladas), España (1,7 millones de toneladas), India (1,1 millones de toneladas) y Brasil (1,1 millones de toneladas).



El canon aplicable a la explotación de los fosfatos (de 34 dirhams por tonelada exportada de fosfatos en bruto o elaborados), que comprometía seriamente la competitividad de los productos de la OCP, fue suprimido en 2008. En el primer semestre de 2010, las exportaciones de fosfatos y sus derivados crecieron en 79% respecto al mismo periodo de 2009.

La OCP cuenta con cuatro centros de extracción de fosfato de roca (Khouribga, Benguerir, Youssoufia y Boucraa/Laayoune), dos fábricas de transformación para la producción de ácido fosfórico y derivados (Safi y Jorf Lasfar) y plataformas portuarias de distribución en Casablanca, Jorf Lasfar, Safi y Laayoune.





En 2008, la extracción de fosfato de roca alcanzó los 27,16 millones de toneladas, de los cuales 24,45 millones fueron comercializables, y las exportaciones en valor alcanzaron 6,9 billones de dólares.

### Minería metálica

Además de los fosfatos, Marruecos también ofrece yacimientos de una amplia gama de minerales, oro, plata, hierro, cobre, plomo, zinc, manganeso. Es primer productor de plata de África y el decimocuarto a nivel mundial, primer productor de plomo en África y undécimo a nivel mundial, segundo productor de zinc en África y decimosexto a nivel mundial. Gran parte de la extracción de estos minerales se realiza mediante pequeñas minas.



Debe destacarse, no obstante, la importancia socio - económica de las pequeñas minas, que emplean aproximadamente a 12.000 personas y representan el 40% de la producción minera total y el 22% del valor total de las ventas del sector, con exclusión de los fosfatos. Habida cuenta de su importancia socioeconómica, el Ministerio de Energía y Minas elaboró en julio de 2007 un programa de fomento de las minas pequeñas, en

particular mediante la prestación de asistencia técnica y la capacitación de los pequeños mineros. El proyecto de Ley de Minería contiene disposiciones específicas de reglamentación de las actividades mineras en pequeña escala.





### **Roca ornamental y rocas y minerales industriales**

Dentro del sector minero, la cantería abarca diversas actividades de explotación de productos minerales no metálicos que no están incluidas en ninguna de las categorías de minas enumeradas en el Reglamento Minero de 1951. Incluye las siguientes actividades:

- Extracción y trabajo de mármoles, granitos, pizarra ornamental, piedras puzolanas y otras piedras naturales decorativas.
- Piedras no clasificadas como preciosas utilizadas para trabajos de artesanía y adornos.
- Producción de áridos, arena y grava, arcillas, cales, yeso y demás sustancias utilizadas para la construcción.

Casi la totalidad de las explotaciones activas en las provincias de Marruecos Oriental se clasifican en este grupo.

# 4

## Actividad extractiva

Fases, técnicas y operaciones mineras



## FASES DE UNA EXPLOTACIÓN MINERA

El proceso de decisión para la apertura de una explotación minera es largo, complejo y laborioso. Consta de diversas **6 fases**:

### **Prospección e investigación**

Todo proyecto minero comienza con la identificación de un determinado tipo de recurso en un determinado territorio y una fase inicial de prospección e investigación cuyo objetivo es confirmar la rentabilidad potencial del yacimiento.

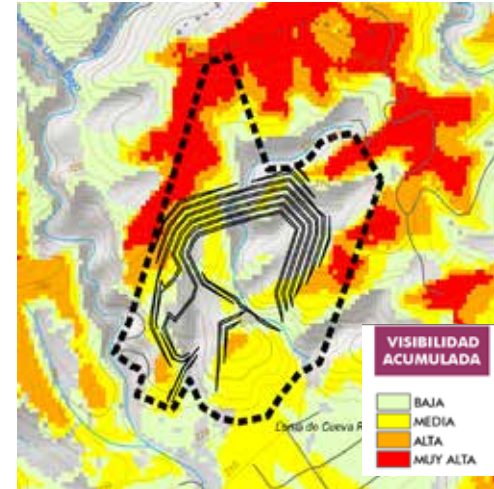
El objetivo de la prospección es la localización de anomalías debidas a la existencia de depósitos minerales mediante la utilización de técnicas geofísicas, geoquímicas, o de reconocimiento geológico detallado, principalmente. Las técnicas de reconocimiento no suelen generar impacto en sí mismas.

La investigación, por el contrario, persigue como objetivo determinar la definición geométrica y realizar una primera evaluación del yacimiento mediante la realización de excavaciones, calicatas y/o sondeos de investigación. Las técnicas de investigación referidas sí pueden provocar un cierto impacto, a veces incluso de magnitud considerable.



### **Evaluación de reservas y diseño de explotación**

Durante esta fase se definen los parámetros técnicos, económicos y financieros para tomar la decisión de desarrollar el proyecto. Es esencial la fase de modelización, sobre la que se realiza la evaluación de reservas y los diseños alternativos de explotación. El modelo debe incluir criterios de viabilidad ambiental.



### **Desarrollo y puesta en marcha**

Previo al inicio de la explotación es preceptivo (R.D.L 1/2008) realizar la correspondiente Evaluación de Impacto Ambiental. El Proyecto General de Explotación y el Plan de Restauración deben redactarse de manera simultánea y coordinada con el Estudio de Impacto Ambiental.

Obtenida la correspondiente Autorización Ambiental, comienza la preparación del terreno de mina e instalaciones, ejecutándose las primeras medidas del Plan de Restauración. La correcta ejecución del diseño técnico previamente establecido es vital en el futuro desarrollo y en la sostenibilidad ambiental de la explotación.



## Explotación

Durante el período de vida, la explotación se realizará de acuerdo con los Planes de Labores Anuales aprobados, observándose todas las medidas incluidas en los correspondientes Planes Anuales de Restauración, de acuerdo con el Plan General de Restauración aprobado en el correspondiente procedimiento de prevención ambiental.



## Abandono

Tras finalizar la vida productiva de la explotación se activa el Plan de Abandono y Clausura. Incluye el desmantelamiento y demolición de las instalaciones obsoletas y la restitución morfológica y paisajística de los huecos de mina y depósitos de estériles que no han sido restaurados durante el período de vida activa de la explotación. Si es posible, y si así estaba previsto, debe procurarse dar una reutilización a los terrenos.



## Reutilización

Las operaciones extractivas constituyen un uso temporal de los terrenos que con frecuencia no suelen exceder de unos 20 ó 30 años, excepto en el caso de grandes yacimientos.

Por ello, la reutilización de los huecos de explotación y demás infraestructuras mineras debe ser un factor esencial a tener en cuenta desde los primeros pasos de planificación en el diseño de la explotación, siempre que este aspecto no cuestione los de viabilidad técnica o económica.

### *Huecos de explotación*

En el caso de explotaciones abandonadas, un análisis detallado de aspectos tales como superficie, volumen, morfología, características geomecánicas y geotécnicas de los materiales, condiciones climáticas, entorno medioambiental, medio social circundante, demandas potenciales de uso, etc., permitirá conocer el destino más adecuado de los terrenos. Es, por ejemplo, esencial determinar de una manera precisa la permeabilidad de la formación geológica a efectos de reutilizar los huecos para rellenos, incluso de inertes (véase tabla siguiente).

CLASE	1. IMPERMEABLE	2. SEMIPERMEABLE	3. PERMEABLE
Coefficiente de permeabilidad	$K \leq 10^{-9}$ m/s (0,01 mm/d) en 5 m	$10^{-9}$ m/s < $K \leq 10^{-6}$ m/s (0,1 mm/d y 10 cm/d)	$K \geq 10^{-6}$ m/s (10 cm/d)
Ejemplos	Margas, esquistos arcillosos, pizarras	Medios arena - arcillosos, areniscas	Aluviones, gravas
Consideraciones	Terrenos favorables, pero se necesita: Drenar los efluentes, y  Evitar la entrada de agua de escorrentía	Terrenos utilizables si: La zona no saturada puede garantizar la depuración del agua lixiviada	Alto riesgo de contaminación de los acuíferos
Residuos admisibles	Ciertos tipos de residuos especiales	Residuos asimilables a basuras urbanas	Residuos inertes exclusivamente

- Urbanismo e industrial
- Recreativo intensivo y deportivo
- Agrícola
- Forestal
- Recreativo no intensivo y educacional
- Almacenamiento de infraestructuras de depósito (agua, etc.)
- Huertos solares
- Almacenamiento de inertes

En explotaciones históricas se va imponiendo, cada vez con mayor intensidad, el criterio de estudiar la viabilidad de su puesta en valor mediante proyectos de interpretación y uso recreativo, en general con finalidad turística y educacional.

### Escombreras

Los materiales acumulados en las escombreras son también reutilizables. Algunas de las posibles aplicaciones son las siguientes:

- Rellenos y construcción de terraplenes
- Carreteras y diques de presas
- Fabricación de ladrillo y brinquetas
- Material de restauración
- Fertilizantes y enmiendas (carbón)
- Combustibles especiales (carbón)
- Aditivos para minerales energéticos (carbón), etc.



La viabilidad del reciclado dependerá de las características petrográficas, mineralógicas, químicas y fisicoquímicas de los productos de escombrera en relación a la demanda de uso en ubicaciones geográficas relativamente próximas, ya que el movimiento y transporte de este tipo de materiales condiciona la viabilidad económica de la operación.

Los estériles residuales deberán ser objeto de un posterior proyecto de restitución morfológica y, en su caso, de reutilización de los terrenos liberados.



## SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN MINERA

Los tipos de explotaciones mineras son tan variados en su concepción y diseño como los yacimientos que se benefician. La elección del método a aplicar depende de numerosos factores tales como: la profundidad, la forma e inclinación del depósito, la distribución de leyes del mineral, las características geomecánicas de las rocas encajantes y del propio mineral, los costes de explotación, etc.



### Minas subterráneas



Aunque la minería subterránea produce, en general, menor impacto morfológico y paisajístico que la minería a cielo abierto, sí puede generar otras afecciones importantes, tales como la generación de aguas ácidas de mina, en el caso de sulfuros metálicos, acopio de estériles, presencia de instalaciones minero-metalúrgicas asociadas, etc.





## Cortas

Sistema de explotación a cielo abierto, generalmente por banqueo descendente en forma rectangular, troncocónica o circular. Es tradicional en la minería metálica y en la del carbón. La profundidad puede llegar a superar los 300 metros.

La posibilidad de rellenar la corta con estériles es, por lo general, escasa, produciendo grandes escombreras asociadas, para materiales de rechazo, y presas o balsas de residuos, para almacenamiento de lodos procedentes de las plantas de concentración. Cuando el relleno de una parte definitivamente abandonada de la explotación se realiza con los estériles de la parte activa se dice que se realiza una “minería de transferencia”. Un fenómeno común a la minería metálica, subterránea o a cielo abierto, y a la del carbón es el constituido por la producción de aguas ácidas, como consecuencia de la oxidación del mineral.



## Graveras

Los materiales detríticos, arenas y gravas, asociados a la dinámica fluvial, suelen llevarse a cabo por extracción directa de un único banco normalmente no superior a 20 metros de profundidad.



## Canteras

Sistema común a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales. El escaso valor relativo del producto que las canteras, especialmente cuando benefician material para áridos de construcción, se sitúan cercanas a los centros de consumo, en un sistema de diseminación territorial. El método de explotación es casi siempre por banqueo descendente en uno o varios niveles.





## ESCOMBRERAS, INFRAESTRUCTURAS MINERAS E INSTALACIONES

Una explotación minera se compone de algo más que unos frentes de explotación, la gestión de los residuos mineros, las infraestructuras y las propias instalaciones son parte esencial de la explotación, y como tales deben ser observadas en el Plan de Restauración.

### Escombreras

Las actividades mineras producen gran cantidad de materiales de desecho que deben ser almacenados en condiciones de seguridad, estabilidad e integración medioambiental. Los rechazos de plantas de tratamiento, de granulometrías finas, se almacenan en estructuras tipo presa.

Los principales tipos de escombreras exteriores según su situación son en vaguada, en ladera, en divisoria o en llanura. Según la secuencia de construcción pueden ser de vertido libre, vertido por fases adosadas, con dique de retención en pie y en fases ascendentes superpuestas.

Hasta hace poco tiempo el criterio de selección del lugar de ubicación para una escombrera era exclusivamente la distancia de transporte, ya que afecta muy directamente al coste total de la operación minera. La elección debe, no obstante, atender a otros criterios, especialmente los de estabilidad, superficie mínima de área afectada y facilidad de minimización del impacto paisajístico y ecológico.



## Infraestructura e instalaciones mineras

Las actividades mineras pueden llevar asociadas una serie de instalaciones tales como naves, edificaciones auxiliares, plantas de tratamiento, etc., así como caminos de acceso y de servicio que deben ser objeto igualmente de tratamiento ambiental, tanto en la fase de instalación como en la fase de restitución del paisaje una vez abandonada la explotación.



El Plan de Restauración debe de garantizar, por tanto, el desmantelamiento o la reutilización, una vez acabada la vida de la explotación, de los edificios e instalaciones.



# 5



## **Afecciones ambientales** de la actividad extractiva

## AFECCIONES AMBIENTALES

Las explotaciones mineras pueden generar fuertes impactos ambientales sobre diferentes variables del medio natural: atmósfera, aguas, suelos, flora, vegetación y fauna, procesos geofísicos, morfología y paisaje e incluso en el ámbito sociocultural. Estos problemas tendrán mayor o menor incidencia según el tipo de explotación minera de que se trate (subterránea, a cielo abierto, etc.) y el entorno medioambiental en el que se ubique. A continuación se describen los problemas ambientales citados y sus medidas correctoras.

### IMPACTO SOBRE LA ATMÓSFERA



#### 1. Contaminación por polvo

##### *Medidas Correctoras o de recuperación*

- Riego periódico de pistas de minas con agua o disoluciones salinas.
- Estabilización química de pistas.
- Pavimentación de accesos permanentes a la mina.
- Retirada de las pistas de material formado por acumulación de polvo.
- Revegetación de los terrenos restituidos.
- Control del polvo durante la perforación por medio de captadores y reducción del número de tajos con voladuras.
- Extinción de los puntos de combustión espontánea del carbón.
- Reducción del tiempo entre las fases de explotación y restitución.



#### 2. Contaminación por ruido

##### *Medidas Correctoras o de recuperación*

- Reducción de la velocidad de circulación y minimización de los cruces de pistas.
- Empleo de pantallas vegetales o artificiales contra el viento, que dificulta su libre circulación en los niveles superficiales.
- Sustitución de los volquetes por cintas transportadoras.
- Riego de las pilas de materiales que se cargan sobre los volquetes.
- Estudio de la ubicación de plantas de tratamiento de acuerdo a las direcciones predominantes de los vientos.
- Situar las plantas lo más alejadas posibles de las zonas habitadas.
- Construir barreras sónicas perimetrales.
- Emplear cintas transportadoras mejor que volquetes.
- Instalar silenciadores en los equipos móviles.
- Estudiar rutas alternativas de transporte en zonas próximas a las áreas habitadas.
- Realizar un mantenimiento preventivo adecuado y recubrir de goma los elementos metálicos que sufren los impactos de las rocas.
- Utilizar equipos accionados eléctricamente.
- Limitar el trabajo de las unidades más molestas a horas diurnas.
- Disminuir las cargas operantes de explosivo y emplear detonadores y accesorios de microrretardo.
- Cubrir el cordón detonante expuesto al aire libre.
- Reducir al máximo las operaciones de taqueo de bolos con explosivos.



## ▶ IMPACTO SOBRE LAS AGUAS SUPERFICIALES



### 3. Alteración permanente de los drenajes superficiales

#### **Medidas Correctoras o de recuperación**

- Creación de sistemas de drenaje, generales para la recogida de las aguas externas de la zona, y particulares para cada escombrera o talud.
- Reducción de las pendientes de los taludes de vertederos y excavaciones para disminuir la velocidad y, por tanto, la capacidad erosiva de las láminas de agua, y favorecer al mismo tiempo la implantación de la cubierta vegetal que va a sujetar las tierras.
- Diseño de vertederos con superficies cóncavas y longitudes continuas de declive reducidas, unidas por pequeñas terrazas de separación, con una ligera pendiente hacia el interior de los taludes.
- Construcción de obras auxiliares de canalización para la protección de canales, escombreras, taludes de explotaciones, etc.

### 4. Contaminación de aguas superficiales

#### **Medidas Correctoras o de recuperación**

- Recogida y canalización de las aguas contaminadas en las minas hacia balsas reposadores donde se produzca la decantación de los sólidos antes del bombeo al exterior.
- Adecuación de la planta de tratamiento más conforme a las ca-

racterísticas de los contaminantes del agua (depuración, balsa de decantación, etc.). Este sistema de tratamiento deberá alimentarse con todos los efluentes de la zona explotada y se situará antes de la descarga a la corriente fluvial receptora.

- Establecimiento de un sistema de análisis periódicos que detecte las variaciones y anomalías inadmisibles en las características del agua, a la salida de la planta, y antes de su entrada en el receptor.
- Revegetación de áreas restituídas y reducción de la superficie afectada por las labores mineras, ambas acciones para reducir la erosión.
- Aislamiento de materiales fácilmente disgregables y contaminantes, cubriendo con otros materiales procedentes de la propia explotación.



## ▶ IMPACTO SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS



5. Alteración temporal del régimen de caudales subterráneos motivada por la creación de huecos y excavación de galerías y bombeos del agua de los niveles freáticos seccionados. Impacto temporal, recuperable al cesar las operaciones de menor entidad.

6. Contaminación de acuíferos (aceites, hidrocarburos, etc.) temporal y de efectos preocupantes, derivada del mantenimiento de maquinaria.

#### **Medidas Correctoras o de recuperación**

- Los aceites son un contaminante importante y difícil de tratar. Deberán recogerse los aceites usados tras el mantenimiento de la maquinaria, si éste se realiza en la zona de explotación.

#### **IMPACTO SOBRE EL SUELO**

7. Ocupación irreversible del suelo fértil por la creación de huecos y escombreras.

8. Inducción de efectos edáficos negativos en los alrededores de la explotación por las operaciones derivadas por la creación de huecos, escombreras y pistas.



#### **Medidas Correctoras o de recuperación**

- Retiradas y acopio de la tierra vegetal de las zonas ocupadas por la explotación.
- Diseño de un modelado en la recuperación que permita la utilización productiva y ecológica del terreno una vez explotado.
- Adopción de medidas que eviten la producción de polvo, desprendimientos y deslizamientos.

#### **IMPACTO SOBRE LA FAUNA Y LA FLORA**

9. Eliminación o alteración de hábitats vegetales terrestres para la fauna, así como desplazamiento o concentración de especies o individuos, motivados por la construcción de huecos y por la creación de pistas.

10. Cambios en las pautas de comportamiento de la fauna por perturbaciones causadas por el tráfico de volquetes y maquinaria pesada, y por la creación de pistas e infraestructuras.

11. Eliminación o reducción de la cubierta vegetal, así como provocación de dificultades para la regeneración de la vegetación



**Medidas Correctoras o de recuperación**

- Revegetación con especies autóctonas de los ecosistemas afectados.
- Adecuar medidas para la optimización del tráfico y para la disminución de ruidos.
- Preparación del suelo, mejora del microclima (riesgo, abonado) y revegetación con especies autóctonas de los ecosistemas afectados.


**PROCESOS GEOFÍSICOS**


**12. Aumento del riesgo de los desprendimiento, deslizamientos o hundimientos de tierras, motivado por la creación de escombreras (impacto severos) y por la construcción de huecos y galerías subterráneas (impacto moderado).**

**Medidas Correctoras o de recuperación**

- Colocar sobre el terreno natural, antes del comienzo del vertido de la escombrera, una capa de espesor suficiente de material grueso drenante seleccionado, con objeto de lograr en el interior de la escombrera un nivel freático bajo.
- Utilizar en lo posible, para el núcleo interior de la escombrera, el material de mayor granulometría para favorecer la estabilidad y drenaje.
- Evitar romper el equilibrio de los estériles.
- Evitar ubicar la escombrera en terreno pendiente.
- Modelar la escombrera de modo que su factor de seguridad sea superior a 1,2.

- Diseñar un sistema de drenaje superficial que desagüe las aguas directamente interceptadas por la escombrera o las conecte con la red externa de drenaje.
- Evitar ubicaciones de escombrera en zona con peligro de hundimientos (minería subterránea, litologías con socavamientos, etc.).

**13. Aumento de la carga de sedimentación aguas abajo, producido por la adición de material sólido, derivado de la creación de escombreras, de pistas e infraestructuras.**

**14. Aumento de la erosión, derivada de las operaciones que son precisas para la creación de escombreras y pistas, de la propia existencia de escombreras y taludes, y del tráfico de volquetes y maquinaria pesada.**

**15. Aumento del riesgo de subsidencia, producido por la creación de las escombreras.**

**Medidas Correctoras o de recuperación**

- Adoptar medidas que eviten la producción de polvo.
- Establecer sistemas de drenaje generales y particulares.
- Revegetación rápida tras los movimientos finales de tierra en cada zona.
- Disminución de pendientes y de longitudes de declive en taludes de pistas y escombreras, situándose en los límites inferiores que permitan la correcta explotación.
- Establecimiento de sistemas de drenaje generales y particulares.
- Revegetación rápida tras los movimientos finales de tierra.
- Evitar la ubicación de las escombreras en zonas con peligro de hundimiento (minería subterránea abandonada, zonas kársticas, etc.).


**MEDIO HUMANO**

**16. Impactos sobre poblaciones**

**17. Alteración de lugares significativos que son considerados como patrimonio cultural y social por su valor singular (histórico, artístico, científico, educativo, natural, etc.).**

18. Aumento de la densidad de tráfico sobre las vías públicas con el consiguiente peligro de accidentes, deterioro de firmes, así como el embarrado de las carreteras.



#### **Medidas Correctoras o de recuperación**

- Adecuación de la zona alterada tras la recuperación de la forma que pueda mantener su uso tradicional.
- Adecuación alternativa para el uso perdido.
- Traslado y reinstalación en el caso de ser obras del hombre.
- Trata con especial cuidado si se trata de endemismo de flora o fauna.
- Construcción de pistas de uso interno.
- Mejora de carreteras ya existentes.
- Instalación de estaciones automáticas de lavado de ruedas y bajos de todos los vehículos que accedan a la red viaria.
- Disposición de carteles indicadores de peligro.

#### **MORFOLOGÍA Y PAISAJE**

19. Perturbación de carácter global del paisaje, generalmente grave en el caso de las escombreras, severa en el de los huecos de explotación y de menor entidad por su mayor facilidad de control y temporalidad las derivadas de la construcción de edificios y plantas, y de la implantación reacesos e infraestructura.



#### **Medidas Correctoras o de recuperación**

- Reducir en lo posible el tamaño de excavaciones y vertederos.
- Remodelar la topografía alterada de modo que se ajuste lo más posible a la natural. Utilizar los productos de las excavaciones para rellenar en otros lugares.
- Redondear taludes, en planta y en alzado, evitando las aristas y superficies planas.
- Plantación de árboles y arbustos que actúen como pantallas visuales.
- Medidas protectoras de la vegetación existente: cercar los árboles grandes que ya existan, cuidar que no se corten raíces principales, regar y fertilizar.
- Compensar el deterioro del medio con la creación de zonas, pasillos o cinturones verdes en el interior o inmediaciones de las instalaciones industriales.
- Plantaciones tipo jardín, con especies adecuadas, no necesariamente autóctonas, dirigidas a mejorar la apariencia general de las instalaciones.
- Empleo de materiales del lugar.
- Empleo de colores que contribuyan a disminuir el contraste con el medio (en general, mates y oscuros).
- Adaptación de las instalaciones e infraestructuras a la topografía local (no superar líneas naturales de horizonte, elección de situaciones cerradas visualmente, etc.).
- Revegetación general con las especies autóctonas de la zona y el esquema de plantación adecuado para la adaptación de la zona afectada por la explotación al paisaje circundante.



# 6

## Criterios para la integración ambiental de canteras de nueva apertura

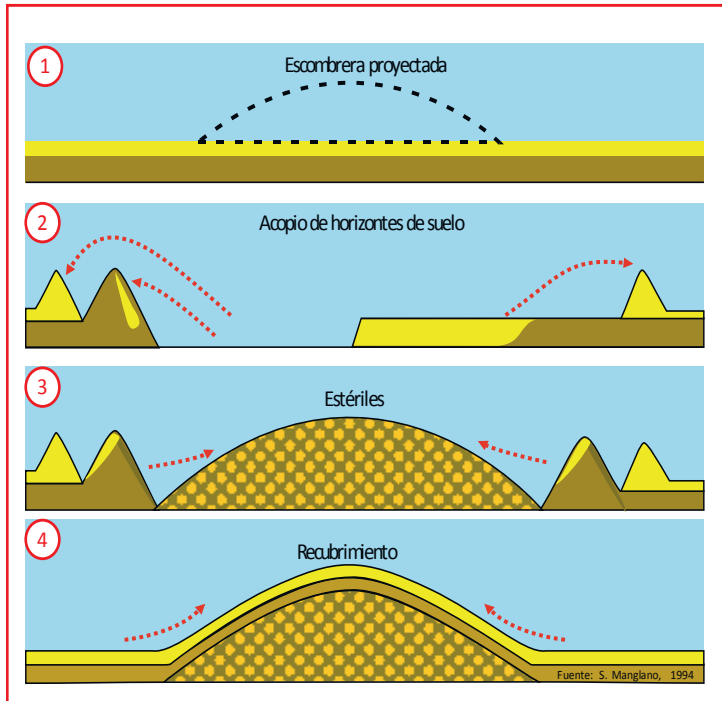


## CRITERIOS PARA LA INTEGRACIÓN AMBIENTAL DE CANTERAS DE NUEVA APERTURA

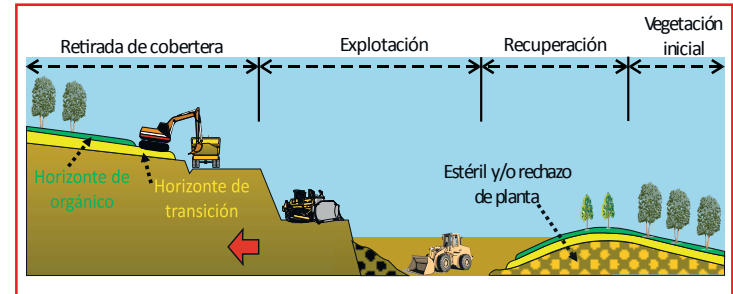
Tratándose de explotaciones mineras de nueva apertura es posible incorporar las variables ambientales desde el inicio en la toma de decisiones de cara a la elaboración, tanto del Proyecto General de Explotación como del Plan de Restauración. Ambos deben garantizar que el diseño inicial y el proyecto de explotación prevé llegar al final de la vida planificada de la explotación con la morfología y condiciones apropiadas para acometer la restauración final prevista.

 Planificar debidamente la retirada, almacenamiento y reutilización de los suelos fértiles afectados.

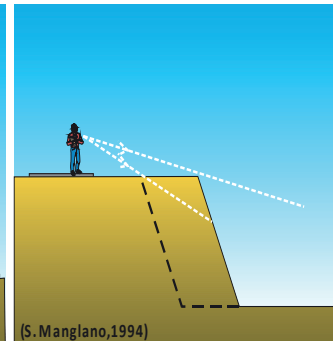
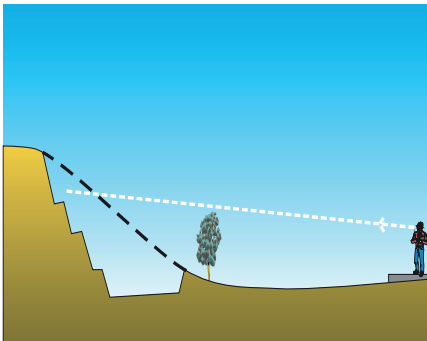
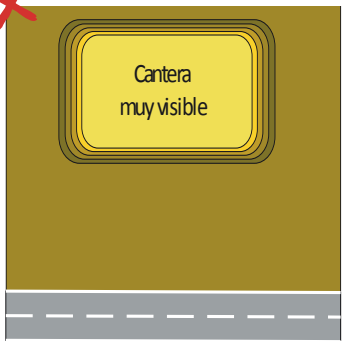
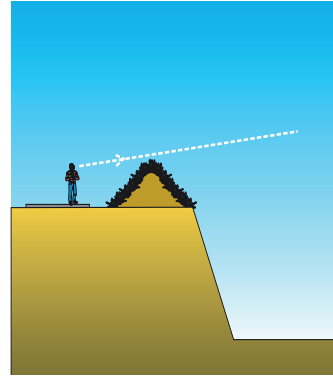
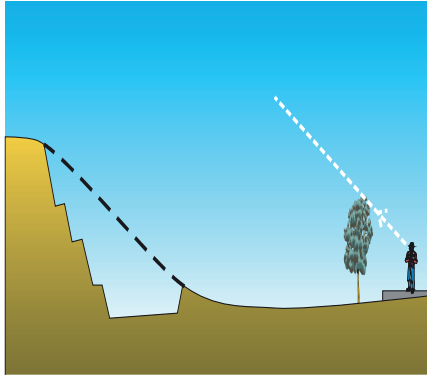
### MODELO 1



### MODELO 2



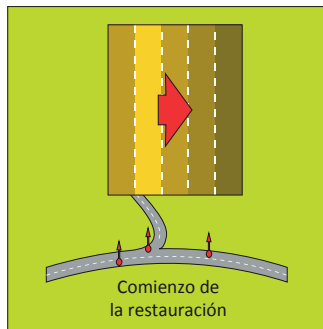
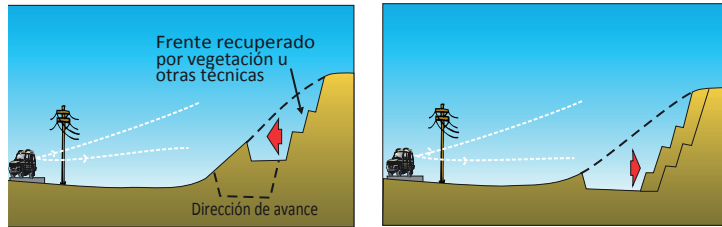
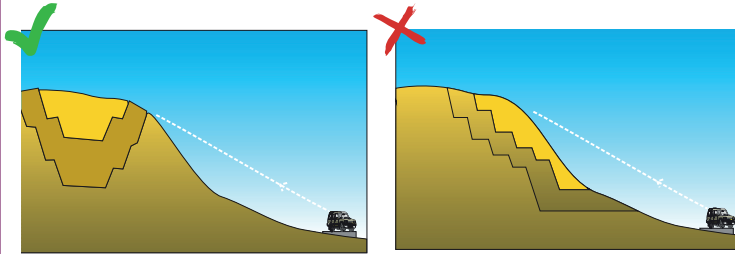
▶ La protección u ocultación de vistas aprovechando factores topográficos y el manejo de la vegetación, lo que repercute además en un menor impacto sónico.



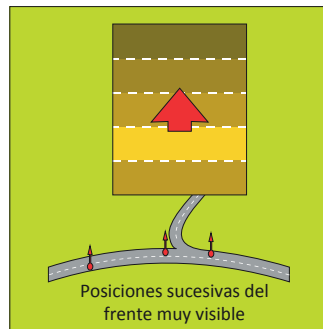
(S. Mangano, 1994)



La selección apropiada del lugar de inicio del ataque a la explotación y la dirección del avance, así como la orientación de los frentes de trabajo.



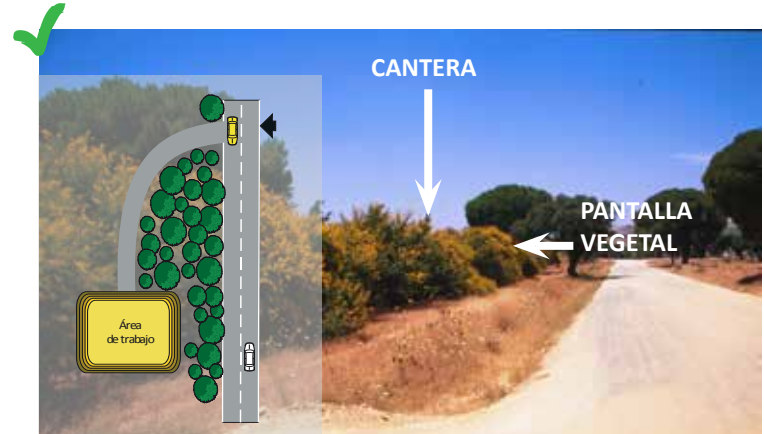
Comienzo de la restauración



Posiciones sucesivas del frente muy visible

(S. Manglano, 1994)

Una planificación apropiada de los accesos a la explotación y de las instalaciones asociadas.

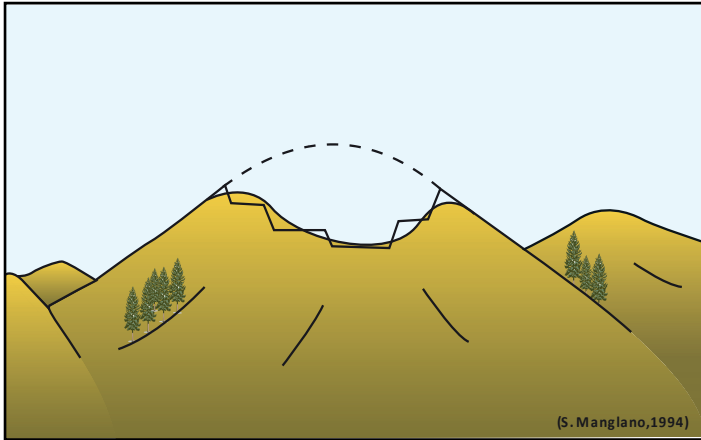
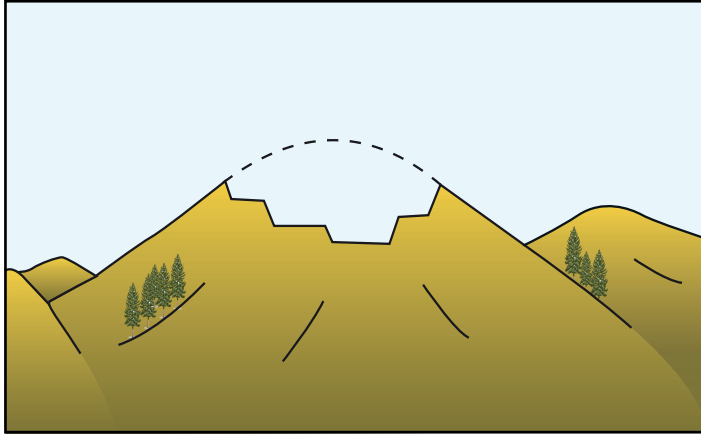


(S. Manglano, 1994)





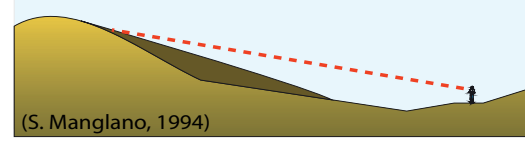
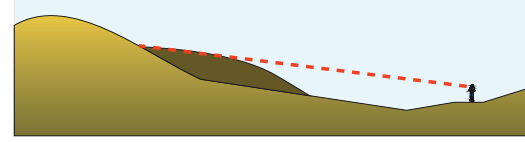
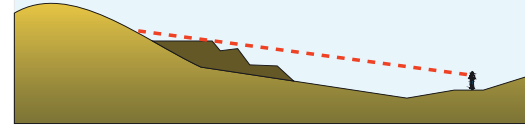
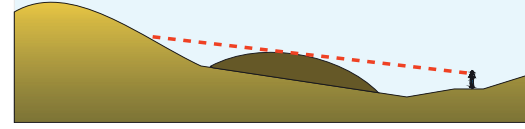
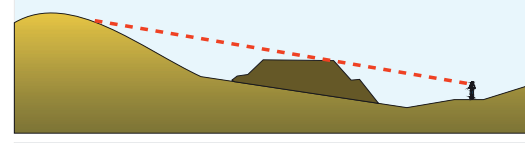
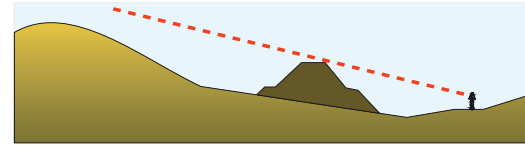
Prever la restitución morfológica final y la reutilización de los terrenos



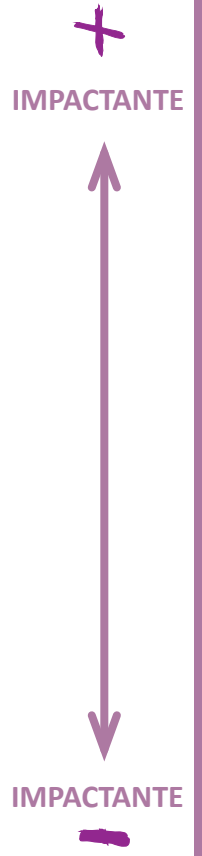
(S. Manglano, 1994)



Planificación del vertido de residuos mineros orientada a posibilitar una restauración simultánea de las escombreras

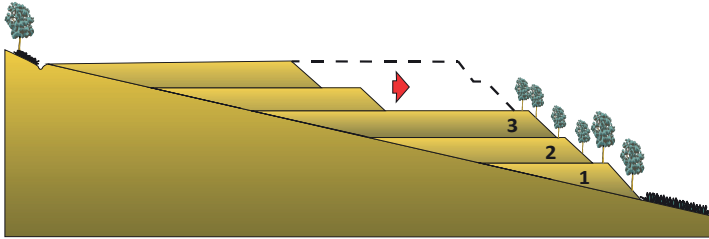


(S. Manglano, 1994)

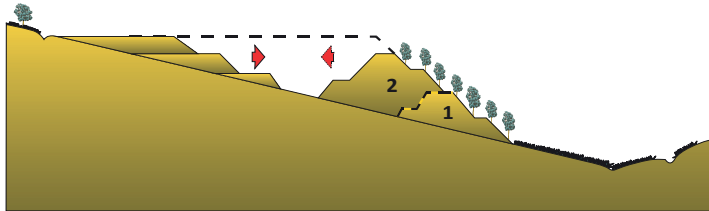


## Restauración progresiva de escombreras

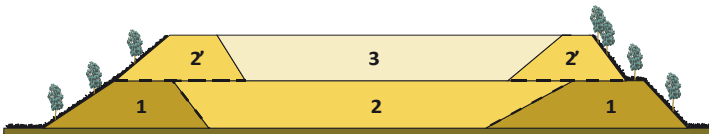
- En pendiente hacia exterior con restitución simultánea del frente de vertido



- En pendiente con generación previa de frente restituído y vertido hacia el interior



- En llano con generación y restitución previa de los frentes laterales



# 7

## Restitución morfológica y restauración ambiental

en explotaciones inactivas



## RESTITUCIÓN MORFOLÓGICA Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL EN EXPLOTACIONES INACTIVAS

Buena parte de las explotaciones mineras, dada la histórica tradición minera de los territorios estudiados, son antiguas y permanecen inactivas. Con independencia de la responsabilidad jurídica del promotor minero en lo referente a la restauración, cuestión compleja que en explotaciones inactivas se relaciona de la fecha de inicio y abandono de la actividad con respecto a la de entrada en vigor de la legislación vigente en la materia, el objetivo esencial y básico de la restauración debe garantizar que el área de la explotación quede segura y adecuada morfológicamente para albergar el uso final a que se destina y/o acometer la revegetación.

En el caso de trabajar sobre una explotación ya finalizada, bien en una de sus fases o bien totalmente, sin una planificación ambiental previa, los problemas a solucionar serán notablemente más graves, y, a veces, de difícil y costosa solución. El trabajo a realizar deberá orientarse hacia los siguientes aspectos:

- **Corrección total de riesgos geotécnicos** que puedan afectar a la seguridad de las personas y bienes.
- **Restitución morfológica** del área afectada (huecos y escombreras), al menos hasta posibilitar la revegetación.
- **Drenaje**

### CORRECCIÓN DE RIESGOS GEOTÉCNICOS

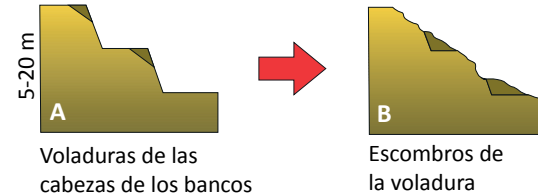
En las canteras será necesario realizar un estudio geotécnico de detalle sobre la estabilidad de taludes, muy especialmente si la restauración comporta un proyecto de reutilización social del área de extracción.

La corrección de riesgos en canteras, puede comportar la necesidad de llevar a cabo diferentes soluciones:

#### 1. Modificaciones en la geometría de los taludes

Consisten en soluciones tales como la eliminación de masas inestables, el descabezamiento de los taludes o la construcción de contrafuertes en el pie de los taludes.

#### Taludes banqueados: Taludes altos

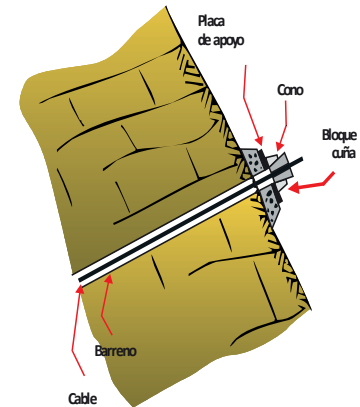


#### 2. Drenaje

Se trata de eliminar el agua contenida en el macizo rocoso con el objeto de disminuir el peso total de la roca y reducir las fuerzas desestabilizadoras (véase página 53).

#### 3. Empleo de elementos resistentes

Consiste en la utilización de elementos tales, muros de contención, bulones o carriles y cables de anclaje.



#### 4. Correcciones superficiales

Para corregir el riesgo de pequeños desprendimientos se suelen utilizar mallas de guiado o proyección de hormigón, aunque este último método sólo sea para acciones muy lo calizadas y extremas, ya que imposibilita el tratamiento vegetal posterior.



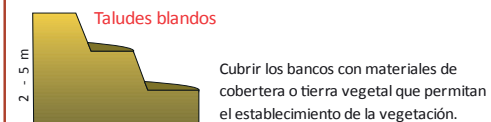


## ▶ RESTITUCIÓN MORFOLÓGICA

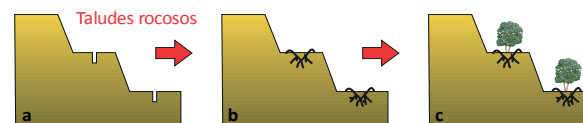
La restitución morfológica en canteras tiene dos objetivos esenciales: la corrección de inestabilidades que puedan inducir riesgo y posibilitar la reintroducción de vegetación. Las soluciones serán tendentes a reducir la inclinación y altura de los taludes. Estos factores serán a su vez función de la litología y el grado de tectonización de los materiales.

### Taludes bajos

#### 1. Relleno parcial para la reducción de pendiente



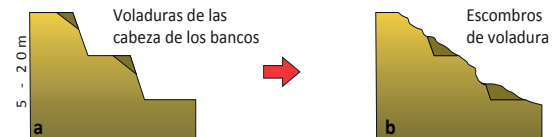
#### 2. Relleno puntual selectivo para revegetación



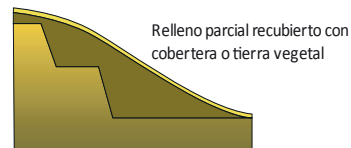
Pequeña voladura en cráter para abrir hoyo para arbolado y crear grietas para la progresión de las raíces.

### Taludes altos

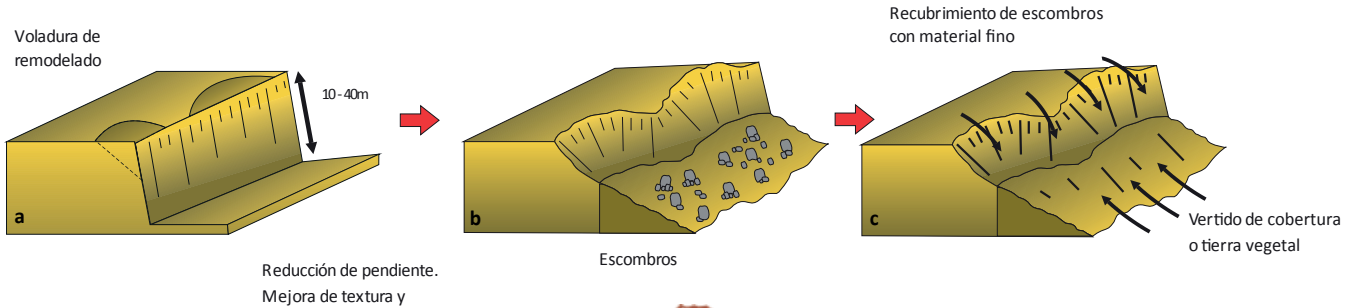
#### 3. Voladura en cabeza para creación de pendiente continua



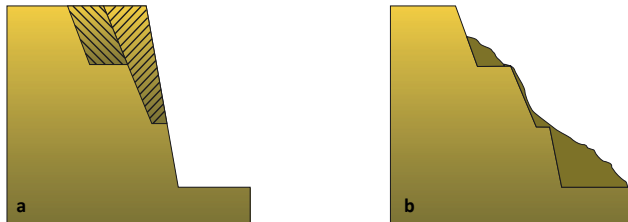
#### 4. Relleno total



### 5. Voladura sencilla en cabeza para disminución de pendiente



### 6. Voladura doble en cabeza para disminución de la pendiente



### DRENAJE

El contenido en agua de los materiales de un talud de mina, cantera o escombrera incide directamente en su inestabilidad. La reducción de la humedad mejora considerablemente las propiedades resistentes. Puede llevarse a cabo de dos maneras: mediante secado parcial y mediante aislamiento.



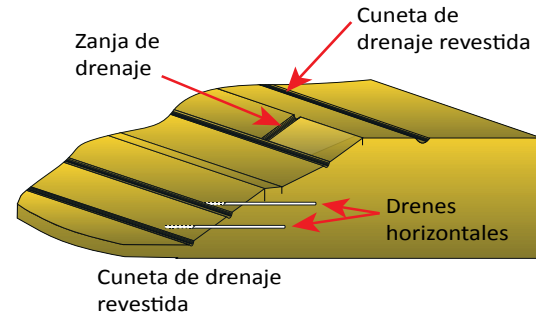
OPCIÓN	TALUDES ALTOS		TALUDES BAJOS
	ÚNICO	BANQUEADO	
Relleno parcial para reducción de pendiente		1	1
Relleno puntual selectivo para revegetación		2	2
Voladura en cabeza para creación de pendiente continua		3	3
Relleno total		4	4
Voladura en cabeza para disminución de pendiente	5 y 6	5 y 6	5 y 6
Revegetación			



- **Desección parcial**

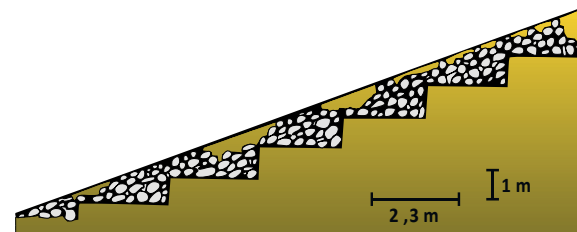
Se realiza mediante sondeos o barrenos inclinados revestidos de tubería porosa. Se complementan con bajantes superficiales que canalizan el agua hasta el drenaje principal (A).

A. Sistema de drenajes en taludes



Otra técnica utilizada son los contrafuertes de drenaje: el propio peso del contrafuerte estabiliza la pendiente y funciona además como drenante del agua infiltrada (B).

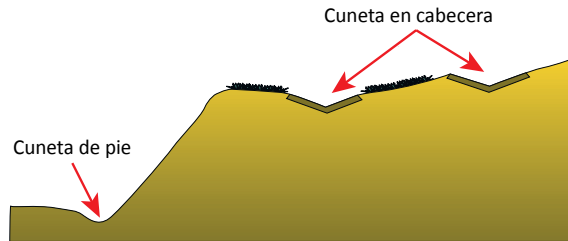
B. Contrafuertes de drenaje



- **Aislamiento hídrico**

Reduce la acumulación de agua en el material y la erosión superficial. Se realiza mediante la construcción de cunetas perimetrales de desagüe (cunetas de guarda). Se construyen a pie y en cabecera de talud (C).

- C. Cuneta doble en la cabeza de un talud para aislamiento hídrico





# 8

## Preparación y mejora del suelo



## INTRODUCCIÓN

Terminada la restitución morfológica definitiva del terreno y previa a las labores de revegetación, existen una serie de trabajos que deben realizarse para facilitar el buen desarrollo de la restauración vegetal.

En determinados casos puede ser suficiente el propio material de rechazo de la cantera, con un control previo que determine sus características, pero habitualmente habrá que preparar unos substratos que tengan las propiedades físicas y la capacidad de suministro de nutrientes convenientes para que las plantas que se quieren se desarrollen. Siempre que sea posible, se procurará el aprovechamiento del suelo natural de la zona obtenido a partir del decapado previo a la explotación, conservándolo en buenas condiciones y restituyéndolo como tierra vegetal sobre las superficies restauradas.

Este material es de gran valor para la restauración, pues muy a menudo los suelos de las canteras son esqueléticos, muy pedregosos y pobres en nutrientes. Además es conveniente aprovechar los materiales de rechazo mineral de la propia explotación siempre que sean adecuados como materiales formadores de suelos.



En cualquier caso, la restauración con criterios ecológicos no debe pretender crear substratos muy fértiles, si se quiere que se desarrolle una vegetación semejante a la natural. La situación es muy diferente cuando se quiere restablecer campos de cultivo, crear pantallas verdes, o estabilizar taludes con vegetación, pues el suelo deberá tener una profundidad y fertilidad suficientes.

De todas formas, siempre hay que procurar que exista una proporción significativa de materiales finos en la superficie de taludes y plazas de cantera para permitir el arraigo de las plantas. Por el contrario, debe evitarse a toda costa la creación de superficies con rocas o bloques de piedra, ya que en estas condiciones no arraigarán las semillas o plantas que se pretendan introducir, y el fracaso de la restauración estará casi garantizado.

## TÉCNICAS DE PREPARACIÓN DEL SUELO

Existen muchas zonas de las explotaciones mineras en las que se generan suelos muy compactados por el paso continuado de maquinaria, como ocurre en las plazas de cantera, caminos principales, etc. En estos suelos la porosidad es muy baja, por lo que ni el agua ni las raíces de las futuras plantas van a penetrar fácilmente hasta el subsuelo más inmediato, lo que se traduce finalmente en que no es factible la restauración vegetal.

En otros casos no tan extremos, los taludes de escombreras o de otras zonas de la cantera necesitan de un grado de compactación mínimo para asegurar la estabilidad del talud. Esta compactación de tipo medio se genera con el paso de la maquinaria que transporta los materiales de escombros y también con el golpeo reiterado del cazo de las retroexcavadoras sobre la superficie del talud final, lo que garantiza una cohesión moderada del material. Aún en estos casos, es necesario realizar un tratamiento de la porción superficial o bien un pequeño aporte de material que no esté compactado para facilitar la implantación de vegetación.

En función del nivel de compactación del "suelo", la potencia del mismo o la pendiente del terreno, hay que realizar una o varias de las técnicas que se exponen a continuación.

### ▶ En zonas llanas o casi llanas

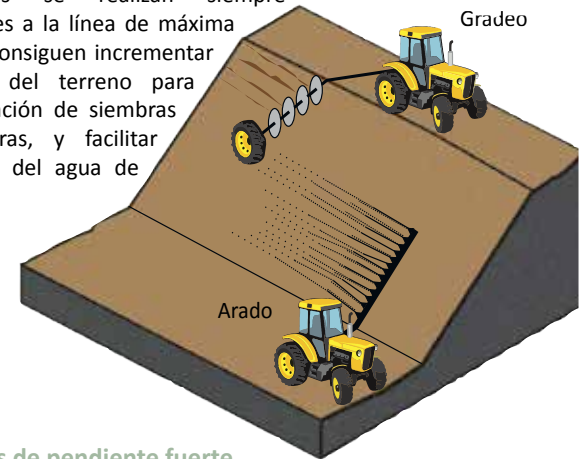
En estas condiciones más favorables para la maquinaria se puede aplicar el subsolado, que consiste en producir cortes perpendiculares en el suelo de una profundidad entre 40 y 60 cm, dados generalmente en curva de nivel, que no alteran el orden de los horizontes, mediante un apero denominado subsolador o "ripper". Produce efectos favorables sobre las plantas ya que facilita el aumento del sistema radical, y además anula la escorrentía al aumentar la velocidad de infiltración, lo que permite la entrada de agua a capas profundas del suelo. Está especialmente indicado para plazas de cantera o áreas que han sido compactadas por el paso continuado de maquinaria pesada. Debe hacerse con suelo seco y durante el verano. Si el suelo no está excesivamente compactado puede realizarse una labor menos profunda con un arado de vertedera, que conseguirá efectos similares para la nueva vegetación a implantar.



### ▶ En zonas de pendiente moderada

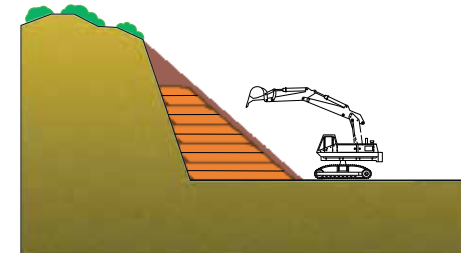
En las áreas en las que la pendiente es superior a 27° o no se tiene acceso directo no es posible utilizar maquinaria agrícola convencional para el acondicionamiento de la superficie, por lo que es necesario emplear modelos especiales con aperos para realizar labrados que rompen la compactación del suelo, o bien gradeos si el nivel de compactación es menor para generar una remoción superficial del terreno.

Estas labores se realizan siempre perpendiculares a la línea de máxima pendiente, y consiguen incrementar la rugosidad del terreno para mejorar la fijación de siembras e hidrosiembras, y facilitar la percolación del agua de lluvia.



### ▶ En zonas de pendiente fuerte

En las zonas de fuerte pendiente, superiores a 50° la estabilidad de los taludes de la restitución morfológica es prioritaria sobre cualquier otro aspecto ambiental, de ahí que sea imprescindible una compactación elevada de los sustratos de relleno. En esta situación, la única posibilidad es aportar una capa de 5 a 30 cm de tierra sin compactar una vez que se ha terminado el núcleo central. Con esta capa superficial se permite el arraigo de la mayor parte de las especies, que podrán perforar el núcleo con sus raíces una vez que hayan alcanzado un cierto desarrollo.



■ Relleno del núcleo compactado en tongadas de 1 m

■ Relleno exterior sin compactar



## TÉCNICAS PARA MEJORAR Y MANTENER EL SUELO

La adición de una serie de componentes orgánicos e inorgánicos a los suelos que se van a restaurar en una cantera puede suponer una importante mejora para el desarrollo de las plantas que vayan a implantar en la restauración.

En algunos de los casos que se exponen a continuación, además de la mejora del suelo, el uso de estos materiales supone una mejora ambiental del entorno en el que se encuentra situada la explotación minera, ya que dichos materiales provienen del reciclaje de residuos de otras actividades, lo que supone reducir el espacio que ocupaban dichos residuos y la puesta en valor y rentabilización de los tratamientos que han de sufrir estos residuos para poder ser integrados en el medio natural.

En lo que respecta a su uso propiamente dicho, en algunos casos existen limitaciones ambientales importantes que deben ser evaluadas antes de su incorporación al proyecto de restauración, especialmente si los sustratos y litologías de la cantera son muy permeables.



De otra parte, las cantidades que se vayan a introducir en el suelo deben estudiarse con mucho detenimiento por los técnicos que realicen el proyecto de restauración, ya que, en algunos casos, la mejora de nutrientes supone un problema para la revegetación, porque se produce una colonización vegetal espontánea que puede llevar al traste a la que se pretende conseguir. Existen experiencias en muchos puntos de la geografía en donde se ha constatado la proliferación de “plantas nitrófilas” y malas hierbas que se instalan y desarrollan mucho antes que las especies que se han introducido en siembras o hidrosiembras (ver foto anterior), y, por competencia por los recursos, terminan asentándose las primeras y desaparecen o tardan en crecer las segundas, que son las que interesaban desde el punto de vista ambiental.

### **Compost de Residuos Sólidos Urbanos y Residuos Sólidos Agrícolas**

El compost es una enmienda orgánica producida por la descomposición natural de la materia orgánica que contienen nuestros residuos orgánicos, que posee nutrientes y propiedades beneficiosas que mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, lo que se traducirá en un incremento de la probabilidad de supervivencia de las plantas que se introduzcan sobre este sustrato. Dependiendo de las características de la tierra vegetal, la cantidad de compost a adicionar variará, pero un aporte entre el 10-15% puede considerarse apropiado para la restauración ambiental.

El compost debe ser mezclado homogéneamente con la tierra vegetal, para que las plantas no sufran de asfixia por la concentración elevada de nutrientes y escasez de agua. Esto conlleva la utilización de maquinaria pesada.



### Lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales

La utilización de lodos procedentes de EDAR tiene un objetivo parecido a la situación anterior, pero sin ninguna combinación y tratamiento con otros residuos, no pueden considerarse de la misma calidad que el compost.

Los suelos abonados con estos lodos son ricos en nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y oligoelementos, de forma que favorecen el crecimiento de vegetación nitrófila y ruderal. Si el objetivo principal es la protección del suelo frente a la erosión, se puede considerar esta opción como una etapa transitoria, ya que estas plantas suelen ser abundantes durante los primeros años, para ser sustituidas progresivamente por otras especies herbáceas o leñosas. No obstante, si pretende conseguir una vegetación más parecida a la natural, es preferible no fertilizar con este sustrato, sino hacerlo con abonos orgánicos más estabilizados, como estiércol o compost de origen vegetal, y, si se utilizan lodos, que sea en pequeñas dosis.

No debe restaurarse con estos lodos las graveras en las proximidades de cauces o dentro de la capa freática, al igual que tampoco se recomiendan en la restauración de zonas con acuíferos vulnerables a la contaminación por nitratos. Las rocas más indicadas para mejorar sus propiedades son

margas, arcillas y rocas fácilmente formadoras de suelo. Por el contrario, las limitaciones más importantes se presentan en sustratos ácidos y arenosos.

### Enmiendas órgano-zeolíticas

Aunque aún se encuentran en proceso de investigación, se han hecho estudios sobre **macetas biodegradables** que incluyen una enmienda órgano-zeolítica que sustituyen el déficit de nutrientes de los suelos más degradados.

Esta enmienda compleja incluye a tierra que es mezclada con compost obtenido de diversos tipos de residuos agrícolas, junto con zeolitas (que literalmente significan piedras que hierven cuando son calentadas), pues éstas tienen la capacidad de almacenar agua en su interior, que posteriormente es captable por las raíces de las plantas. Finalmente, el plantón obtenido en alvéolo convencional de vivero es trasladado a una maceta biodegradable compuesta de fibra de kenaf, que es el recipiente con el que se incluye el plantón dentro de la tierra en la plantación.



Este complejo de nutrientes se ha experimentado en las investigaciones realizadas por la fundación Cajamar, y han dado resultados satisfactorios en varios puntos de Andalucía oriental con una alta tasa de supervivencia



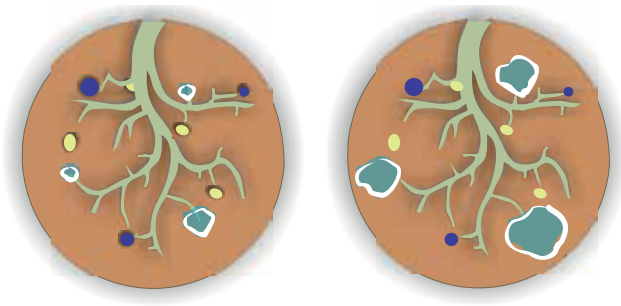
y crecimiento, y tiene su explicación en que la enmienda mejora las propiedades físicas del suelo y, en menor medida, incrementa su fertilidad al facilitar los nutrientes elementales para el desarrollo vegetal.

Este sistema tiene la ventaja de que sus costes económicos son relativamente bajos, por lo que puede ser una opción muy rentable al incrementar la supervivencia de las plantas, con lo que se evita la reposición de mallas.

### Hidrogeles

Son polímeros hidroabsorbentes agrícolas que tienen la capacidad de absorber y almacenar agua y que, en combinación con algunas mezclas de fertilizantes, tienen una influencia positiva en el desarrollo de las plantas a las que transfiere estos nutrientes poco a poco. Deben tenerse precauciones en suelos muy arcillosos.

Dependiendo del producto comercial, su método de aplicación en el terreno varía básicamente en la dosis, pero el mecanismo de introducción es siempre igual como mezcla con la tierra o combinación de sustratos.



# 9



## Revegetación

## INTRODUCCIÓN



La revegetación de zonas afectadas por explotaciones mineras no plantea grandes problemas cuando el uso principal que se pretende instaurar con la restauración no es obtener los antiguos hábitats que existían en el área. Así, restaurar antiguos cultivos, crear zonas ajardinadas u otros usos de fuerte presencia humana como los mostrados en capítulos anteriores, requiere los mismos esfuerzos que para cualquier área urbana o rural cultivada (aporte de suelos, implantación de especies de cultivo / jardinería, riegos controlados, etc.).

Por el contrario, la dificultad de la revegetación para conseguir zonas forestales es mucho más importante que en los casos anteriores, puesto que la variabilidad de condiciones ecológicas es muy superior y, por tanto, debe estudiarse con mayor detalle los modelos de revegetación que se van a implantar y los factores que pueden influir en su desarrollo (tipo de suelo, bioclima, especies, disponibilidad de planta, patrones de distribución, etc.).

Por tanto, en esta guía se presentan las técnicas y modelos de revegetación para conseguir zonas forestales por ser las que necesitan unos mayores requerimientos técnicos, que además siempre serán aplicables a

## OBJETIVOS

El objetivo principal de una revegetación debe ser siempre la regeneración del antiguo ecosistema que existió en la zona antes de que interviniera el hombre con la explotación minera.

Por esta razón se considera como mejor restauración aquella que queda integrada con el entorno paisajístico y el ecosistema, de tal forma que la introducción de las especies vegetales autóctonas o los tratamientos del terreno no supongan un nuevo impacto en el territorio.

Esta cuestión elemental no siempre es tenida en cuenta por los proyectistas de las explotaciones mineras, y es frecuente encontrar restauraciones que generan más impacto visual con la supuesta “restauración” que en el caso de no haber intervenido. Así, hay que huír de restauraciones vegetales que generen espacios muy diferentes al actual en composición biológica, textura, estructura y cromatismo, consiguiendo al final que paisajísticamente no se integren con el medio que lo circunda. Se ha de pretender, por tanto, que las áreas restauradas se integren en su entorno inmediato, y, si es posible, que mejoren la calidad paisajística y ecológica de su entorno, si éste se encuentra muy alterado en el momento de la intervención.

Para acercarse a estos objetivos primordiales, los técnicos que elaboren los proyectos de restauración pueden hacer un estudio de la vegetación que existe en la comarca en la que se va a hacer el proyecto, prestando



especial atención a las formaciones vegetales naturales que se desarrollan de forma espontánea sobre litologías y sustratos similares a los que son objeto de explotación, y también a las series de vegetación potencial que podría desarrollarse en el territorio (sobre todo cuando la alteración de los hábitats es muy elevada).

En resumen, se considera como **la mejor restauración posible aquella que consigue la revegetación de los hábitats originales, con independencia del porte y características paisajísticas que estos hábitats posean.**

Siguiendo esta máxima, una restauración de un pastizal o un matorral bajo en un entorno donde existen bosques de encinas o alcornoques se podría considerar un “fracaso”, mientras que conseguir un bosque de pino o encina en un área subdesértica sería igualmente un error, ya que estas formaciones no existen en ese tipo de climas (a lo sumo matorral de arbustos).



## LA SELECCIÓN DE ESPECIES

Elegir las especies más adecuadas para una restauración es un proceso de vital importancia para conseguir una correcta integración ecológica de una explotación minera.



De hecho es un factor sin el cual no es posible obtener un resultado mínimamente satisfactorio, y muchos de los principales defectos que pueden observarse en algunas restauraciones se deben precisamente a que las especies no son las adecuadas al medio en que son insertadas, dando al traste con esfuerzos, tiempo e inversión económica.

Estos fracasos se producen generalmente porque hay una serie de factores ecológicos principales que condicionan el desarrollo vegetal en los taludes de las explotaciones mineras, y que pueden sintetizarse en los siguientes:

- Insuficiencia de elementos nutritivos, en especial elementos tan vitales para el desarrollo como son nitrógeno, fósforo y potasio.
- Falta de elementos biológicos simbiotes en el suelo (bacterias y hongos) que en algunos casos no permiten el desarrollo de la planta en su ausencia, etc.
- Baja disponibilidad de agua para las plantas por la gran xericidad de la zona iberomagrebí, ya que son muy escasas las precipitaciones

anuales, y en algunos casos la escorrentía de los taludes es muy pronunciada, por lo cual no se produce infiltración y el agua se evacúa a la red hídrica más próxima.

- Ausencia de sombra que permita el desarrollo normal de algunas especies.



A estas dificultades se agregan otras que deben ser solventadas previamente a la intervención de restauración. Para obtener un buen resultado, el proceso de búsqueda del elenco de especies requiere de un análisis progresivo en el que influyen varios factores que deben ser explorados siguiendo la siguiente secuencia:

1. Condiciones biofísicas y biogeográficas del área de proyecto (series de vegetación).
2. Objetivo ecológico/paisajístico que se pretende conseguir para cada una de las zonas o rodales en los que se divide el área a restaurar.
3. Microcondiciones ecológicas del espacio que van a albergar las plantas (potencia y características del suelo, exposición solar, pendiente, etc.).
4. Disponibilidad comercial de material vegetal.
5. Posibilidad de manejo (especies protegidas).
6. Posibilidad o no de realizar riegos de mantenimiento.
7. Importancia relativa y rol de cada especie.

De manera secundaria, aunque no por ello de menor interés, se deben analizar las características de cada una de las especies (porte, forma, tipo



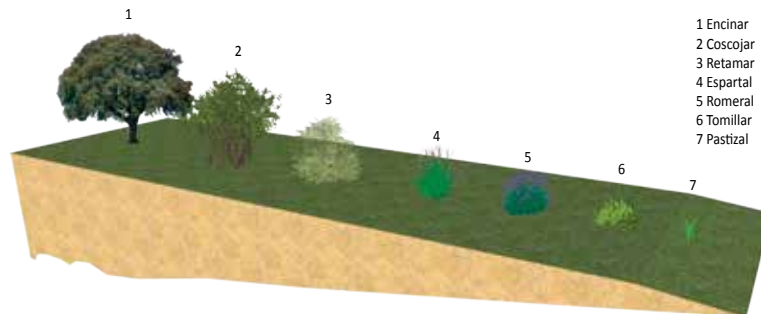
de crecimiento, necesidades hídricas, etc.), tanto individualmente como de forma integrada con otras especies y con el medio (compatibilidad ecológica entre especies de flora y fauna, superposición de funciones ambientales, características estructurales y paisajísticas, etc.).

Siguiendo estos criterios, las soluciones que se propongan para cada proyecto van a actuar en una medida ajustada y adecuada, de tal forma que se va a aprovechar toda la capacidad de regeneración del medio que lo circunda con la ayuda de las especies que se introducen en la revegetación.

Se pasa a describir los principales factores que condicionan la elección.

### Series de vegetación potencial

De entre los factores climáticos, la precipitación y la temperatura se han destacado como los más directamente responsables de la distribución de la vegetación en el globo terrestre, de ahí que haya una relación muy estrecha entre dichas condiciones climáticas y los tipos de vegetación que se reconocen en ella. Por este motivo el interés de las series de vegetación potencial es grande, pues permiten conocer con enorme precisión cuáles son las condiciones climáticas reinantes en un punto dado con sólo caracterizar su vegetación, ya que ésta es el resultado de cientos de años en equilibrio dinámico con dichas condiciones.



Dentro de las series de vegetación se produce la dinámica vegetal, entendiéndose por tal al conjunto de procesos que producen modificaciones en la cubierta vegetal, hechos que se manifiestan de manera más o menos constante a través de las llamadas sucesiones. Dentro de las series vegetales se dan los siguientes estadios: iniciales, intermedios, de transición y finales o clímax, siendo esta última la que se encuentra en armonía consigo mismo y con los factores ecológicos del medio en el territorio, por lo que puede mantenerse invariable por tiempo indefinido (normalmente un bosque o un matorral arbustivo en nuestras latitudes).



Al conjunto completo de comunidades que se presentan en los distintos estadios de la dinámica es lo que se conoce como serie de vegetación. Por tanto, cada serie de vegetación está caracterizada no sólo por un elenco florístico y de comunidades vegetales, sino también por el conjunto de condiciones ecológicas que imperan en la zona y que determinan la presencia o no de las distintas especies (temperatura, precipitaciones, litología, tipos de suelo, etc.).

En cuanto a los fenómenos que dirigen generalmente la evolución de las series, es importante destacar las relaciones suelo - vegetación para poder

entender la dinámica vegetal. Así, a cada etapa de la sucesión vegetal le suele corresponder un tipo de suelo, de tal forma que la evolución va desde las etapas maduras que necesitan suelos más potentes hasta las pequeñas comunidades herbáceas y de líquenes que se instalan casi sobre la roca madre.

En resumen, conocer la serie o series de vegetación potencial en las que se encuadra la explotación minera va a informar con detalle al proyectista acerca de cuáles van a ser las mejores especies vegetales adaptadas a las condiciones bioclimáticas de la zona, así como de cuáles sustituyen a otras en función de parámetros básicos como la potencia del suelo.

### **Objetivo ecológico/paisajístico**

Este objetivo es fundamental, y para conseguirlo es necesario analizar el paisaje y composición vegetal actual, de forma que el proyecto de restauración ha de intentar simular la vegetación, textura, estructura y cromatismo que existen en el territorio. Por el contrario, se debe huir de modelos que introduzcan pantallas de ocultación con elementos artificiales o bien que incorporen arbolado de alto porte que oculte la visibilidad, lo que generaría nuevos impactos en el medio al tratarse de elementos que



no existen en la actualidad ni han sido utilizados de forma tradicional en la comarca. Si inevitablemente es necesaria una pantalla visual debe estudiarse la posibilidad de realizarla con sustrato de rechazo de la cantera y/o combinarla con plantas del mayor porte posible que estén integradas en la zona.

A este objetivo puede ayudar el uso de materiales de la cantera en muros y otras obras que sean necesarias, una diversificación moderada en el número de especies y biotipos que se vayan a introducir, y buscar patrones lo más aleatorios posible. Todo ello contribuirá a generar hábitats distintos para situaciones topográficas y ecológicas diferentes, además de un cromatismo y textura muy variados que integrarán la cantera en su entorno e incrementará la biodiversidad, haciendo más estable el ecosistema.

### **Microcondiciones ecológicas del espacio**

El éxito de una buena restauración depende en gran medida del nivel de conocimiento que se tenga de las condiciones ecológicas de los sustratos que van a albergar las plantas.

- **Composición química del suelo**

El factor de mayor trascendencia es la presencia de suelos ricos o pobres en bases, ya que éste es un factor que limita la supervivencia a un gran número de especies. Aunque hay especies indiferentes a este factor, son muchas las plantas que no soportan la presencia de calcio en el suelo. En otros casos son composiciones singulares del suelo las que pueden limitar significativamente la vida de las plantas, como ocurre con suelos ricos en yeso, sales de cloro, metales pesados, etc.

- **Potencia del sustrato**

Sin lugar a dudas, puede ser un factor decisivo, especialmente cuando es muy escaso o incluso inexistente como ocurre en frentes de explotación casi verticales. Por tanto, el sistema radical de las especies que se seleccionen debe estar en consonancia con la potencia del suelo en el que se van a instalar.



- Permeabilidad del suelo

La permeabilidad puede condicionar el desarrollo de las plantas cuando se produce en formas extremas. En los casos de suelos impermeables como los arcillosos se produce un estancamiento del agua y puede llegar a podrir las raíces de algunas especies. Este hecho es fácil observarlo en las zonas de margas que existen en numerosos puntos de la geografía andaluza y magrebí.

El caso opuesto es el de sustratos muy fracturados o muy porosos que facilitan la percolación del agua hacia el subsuelo y dejan muy poca agua disponible para las raíces, lo que puede llevar a que algunas plantas no soporten esta falta de agua. Es el caso de las dolomías brechoides de buena parte de las sierras andaluzas o de algunos conglomerados muy porosos que apenas tienen capacidad de retención del agua.

- Exposición solar

La orientación solar de los terrenos influye en gran medida en el desarrollo de algunas especies en nuestras latitudes, sobre todo si es hacia el sur y oeste, ya que la insolación puede reducir sensiblemente el agua que las plantas van a disponer en el suelo. Este factor puede hacer que determinadas especies no vayan a soportar estas condiciones altas de insolación, y tengan que ser desestimadas en el listado final o bien que se reduzca su proporción relativa respecto a otras mejor adaptadas.





## Disponibilidad de material

Así mismo, y como un nuevo condicionante más para localizar el material biológico, deben sondearse el mayor número de viveros posible en donde existan las especies que van a utilizarse para cada rodal o solución tipo dentro de la cantera. De hecho, en las canteras son muchas las especies silvestres que podrían introducirse sin mucho problema, pero en su mayor parte no hay existencias de planta o semilla para poder introducirla.

Afortunadamente estas limitaciones son cada vez menores en la actualidad, pues existen empresas especializadas en la recolección de semilla que tienen un amplio elenco de especies en sus catálogos de venta. Pero es cierto aún quedan notables carencias que dependen en gran medida de la oferta y la demanda de este tipo de productos, pues a veces está disponible una especie pero no el volumen necesario, y en otros casos la especie sería viable y recolectable por la empresa, pero necesita una garantía de compra para poder realizarla.



De otra parte, el origen del material biológico que se utilice es también un factor a tener en cuenta en la restauración, siendo muy recomendable utilizar semilla o planta del entorno inmediato a la explotación minera. Las razones fundamentales para esta elección se basan en el hecho de que las variedades o adaptaciones genéticas que posean las poblaciones locales de estas plantas permitirán un crecimiento más adecuado, además de que

se evita la contaminación genética de las poblaciones locales con otras poblaciones de otros lugares (a veces de territorios muy lejanos), hecho que puede ser crucial para la administración ambiental cuando el proyecto se ejecuta en espacios naturales protegidos y/o con especies protegidas. Para evitar estos problemas, es conveniente contactar con una empresa especializada en la recolección y propagación de material vegetal con el



suficiente tiempo de antelación, al menos de un año. De esta forma se garantiza la existencia de las especies en el mercado en alguna de las formas biológicas útiles para el proyecto (plantón, semilla, esqueje, etc.), y en las cantidades necesarias para el mismo.

Estas empresas, además, suelen ofertar una recogida personalizada en el lugar del proyecto aprovechando las

plantas que son alteradas durante el desbroce y desmonte previos a la explotación del mineral, lo que puede ser valorado muy positivamente por las administraciones ambientales si se incluye esta medida durante los estudios de impacto ambiental.

## Posibilidades de manejo

Aunque no es muy frecuente, algunas especies que pueden utilizarse en la restauración vegetal están protegidas por la legislación ambiental, por lo que su uso está sujeto a autorización ambiental por parte de la administración competente.

Esta autorización ambiental es factible en la mayor parte de los casos si se justifica ecológicamente su uso durante el trámite específico que existe para estas autorizaciones, y en muchos casos puede ayudar a reducir los impactos ecológicos que se detectan durante el estudio de impacto ambiental del proyecto minero.



**Riesgos de mantenimiento**

Aunque teóricamente no serían necesarios si se han seleccionado especies propias de la serie de vegetación de la zona de proyecto, la posibilidad de dar riegos después de haber realizado la siembra o plantación puede ser un factor decisivo para seleccionar o rechazar una determinada especie. En términos generales deben utilizarse las especies con menos

requerimientos de agua, ya que las plantas que se introduzcan deben ser autónomas a corto o medio plazo para que sean sustentables en el tiempo. Una orientación de la capacidad de soportar el estrés hídrico es el denominado índice de tolerancia a la sequía (ITS), un valor estandarizado que es conocido para una gran cantidad de especies empleadas en restauración y jardinería. En caso de no conocerlo, se puede obtener una orientación con las características de los hábitats en los que suele desarrollarse y que pueden encontrarse en cualquier guía o tratado de botánica de la zona.



En el caso de que se puedan realizar riegos de mantenimiento, es posible introducir algunas especies de árboles o arbustos para ayudarles durante el primer o segundo año de plantación, de manera que el plantón desarrolle su sistema radical lo suficiente para ser autónomo.

**Importancia relativa y rol de cada especie**

Si se ha seguido la secuencia anterior, a estas alturas del proceso es probable que el técnico proyectista disponga de un listado más o menos amplio de especies que podrían incluirse para la restauración de la cantera. Pero la siguiente dificultad que debe solventarse es qué papel o importancia se le ha de dar a cada una de ellas.

Se podría caer en la tentación de intentar introducir un gran número de especies con el objetivo de diversificar lo antes posible el hábitat y aumentar su estabilidad ecológica, hecho que ocurre con frecuencia con las especies herbáceas, de las que pueden hacerse listados muy largos. Pero un análisis más detallado del listado debe permitir al técnico discriminar entre estas especies para detectar las que pueden cumplir con los objetivos principales planteados en la revegetación, que en principio ya se ha destacado que es la regeneración del ecosistema original. Al tener en cuenta este propósito, muchas de las plantas del listado se aprecia que no son suficientes para conseguirlo, pues unas veces son plantas de escaso porte o volumen, o son plantas efímeras que se desarrollan durante el invierno y la primavera y desaparecen el resto del año, o son muy invasoras y eliminan por competencia a otras especies de mayor interés para la restauración.

Para poder discriminar a las especies según los objetivos de la restauración, se puede recurrir a las tablas de descripción de las comunidades en su estado natural, y anotar cuál es la proporción o dominancia que ocupan en la naturaleza cada una de ellas. De estas especies las que mayor interés presentarán serán 4 o 5, aunque pueden ser menos, que por su preponderancia son las especies clave que definen al hábitat y cuya presencia es fundamental para conseguirlo. Por ejemplo, en un encinar, la encina es una especie clave, al igual que lo será el acebuche o el lentisco en un palmitar.





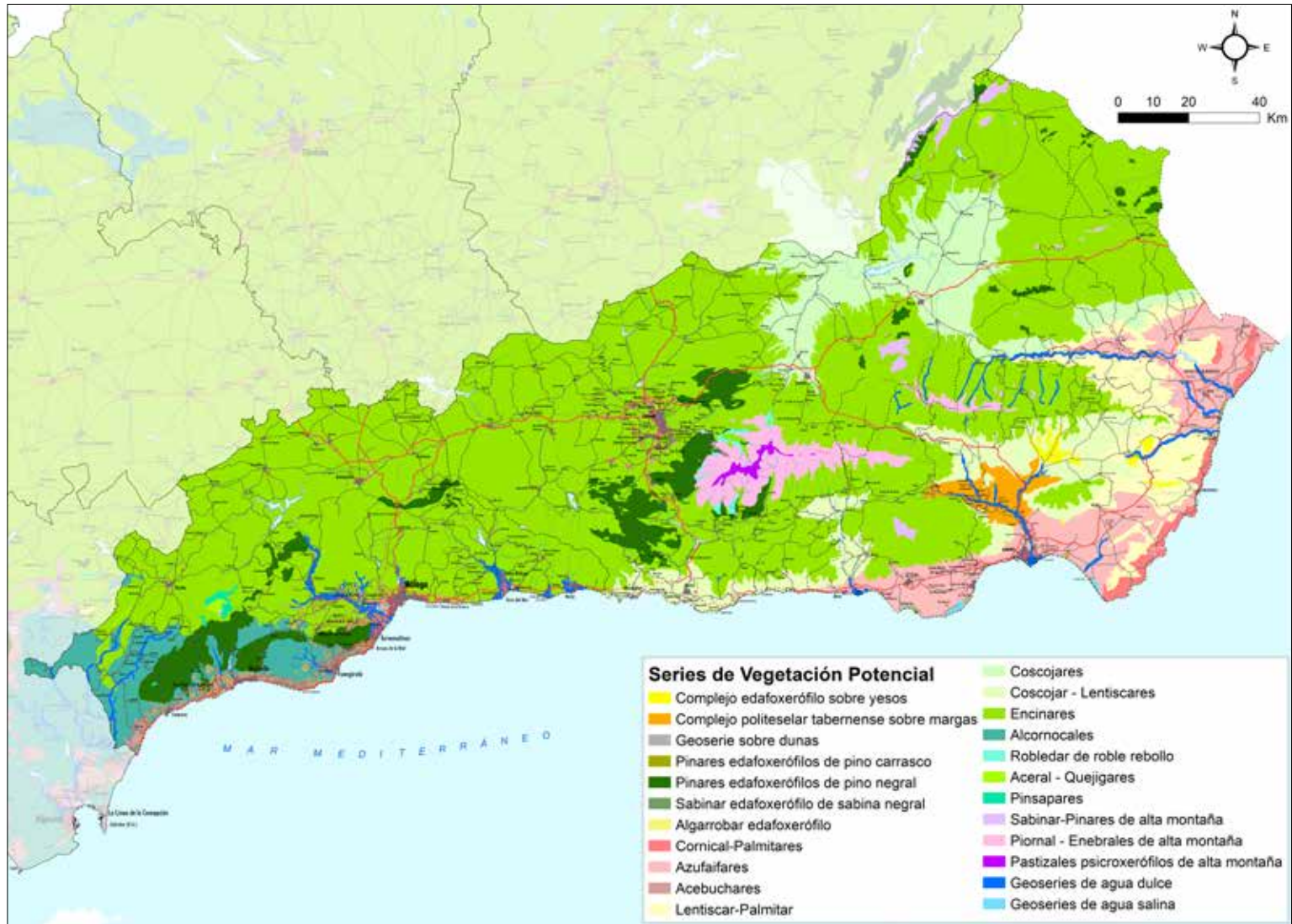
Estas especies son las que deberían estar presentes en las proporciones con que aparecen en la naturaleza, pero desafortunadamente no siempre estas especies tienen desarrollos rápidos, por lo que si se intentan introducir en proporciones elevadas puede llevar al fracaso de la restauración. Es el caso de plantas como encina, quejigo o arbustos como palmito, que necesitan muchos años para conseguir sus portes de madurez. También es frecuente que alguna especie clave no esté disponible en el mercado o su coste sea demasiado elevado, pero en este caso, estos inconvenientes deben intentar salvarse, pues como contraprestación van a mejorar la calidad de la restauración.

Analizadas todas las posibilidades y variantes, de las especies clave deben estudiarse cuáles de ellas van a utilizarse en mayor proporción (entre un 50 y 75%) para conseguir el hábitat, y éstas serán las especies principales de la restauración (ver fotos adjuntas), y cuáles no tienen un desarrollo rápido y deben pasar a un rol más modesto junto con otras especies complementarias, constituyendo en su conjunto las especies secundarias. No debe olvidarse, que la asignación de especie principal o secundaria siempre está en relación con un determinado hábitat, pues una especie puede ser principal en la restauración de un hábitat y secundaria en otro distinto.



### Especies recomendadas para la restauración

Fruto del análisis de las series de vegetación y de las experiencias en restauración que se han realizado sobre explotaciones mineras en el ámbito de estudio, se han confeccionado unas tablas con las especies más recomendables. Para el uso de estas tablas de especies, la entrada principal (columnas) se corresponde con la serie de vegetación, mientras que los símbolos hacen referencia a características de interés de dichas especies. Por tanto, es imprescindible conocer con anterioridad la serie de vegetación potencial en la que se ubica la cantera a restaurar, para lo cual se debe consultar el mapa de series de Andalucía, o bien, en el caso marroquí, deducirlas a partir de la vegetación natural existente junto con las condiciones bioclimáticas. En el listado se han incluido en primer lugar las series de Andalucía oriental, a continuación tramadas en color beige las series y dominios presentes en la región marroquí de La Oriental, y, por último, las series ligadas a zonas húmedas y cursos de agua andaluzas, pero que contienen especies que son válidas para el territorio marroquí.



En la actualidad no existe un mapa de series de Marruecos, por lo que se utilizarán un elenco de claves biofísicas y bioclimas de Emberger para orientar al lector de cuál puede ser la serie en la que se ubica su cantera.

- 1.- Zonas litorales con suelos arenosos o dunares \_\_\_\_\_ (serie 32, sabinar costero)
- 1'- Zonas litorales con suelos no arenoso-dunares o zonas interiores \_\_\_\_\_ 2
  
- 2.- Áreas con clima termomediterráneo, entre 0 y 1.100 m (1.400) \_\_\_\_\_ 3
- 2'- Áreas con clima mesomediterráneo, entre 1.100 y 1.500 (1.600) \_\_\_\_\_ 7
- 2''.- Áreas con clima de influencia sahariana (zona sur de La Oriental) \_\_\_\_\_ 8
  
- 3.- En vaguadas, áreas con compensación hídrica o terrenos con nivel freático cercano a la superficie, en clima árido o semiárido hasta 500 m de altitud \_\_\_\_\_ (serie 33, azufaifar con almácigo)
- 3'- En suelos margosos o arcillosos \_\_\_\_\_ (serie 34, acebuchal con erguén).
- 3''.- En suelos y situaciones diferentes a las anteriores \_\_\_\_\_ 4
  
- 4.- En bioclima semiárido \_\_\_\_\_ 5
- 4'- En bioclima subhúmedo o húmedo \_\_\_\_\_ 6
  
- 5.- Bosques más o menos densos en suelos potentes y por debajo de los 500 m \_\_\_\_\_ (serie 35, araares con periploca)
- 5'- Bosques más o menos densos en suelos potentes y por encima de los 500 m (300) \_\_\_\_\_ (serie 36, araares con algarrobo)
- 5''.- Bosques muy aclarado, en suelos rocosos y por debajo de los 800 m \_\_\_\_\_ (serie 37, araares con romero)
  
- 6.- Bosque dominado por encina, subhúmedo entre 500 – 1.200 m \_\_\_\_\_ (serie 38, encinar con zarzaparrilla)
- 6'- Bosque dominado por coscoja, subhúmedo – húmedo entre 0 y 1.100 m \_\_\_\_\_ (serie 39, coscojar-encinar con rusco)
- 6''.- Bosque dominado por alcornoque, subhúmedo – húmedo hasta 700 m, en suelos silíceos \_\_\_\_\_ (serie 40, alcornocal con escoba)
  
- 7.- Bosques en bioclima subhúmedo – húmedo \_\_\_\_\_ (serie 41, encinar con Festuca)
- 7'- Matorral en bioclima árido y semiárido –Haut Plateaux- \_\_\_\_\_ (serie 42, dominio del espartal)
  
- 8.- En sustratos rocosos \_\_\_\_\_ (serie 43, dominio de Fredolia)
- 8'- En dunas y sustratos arenosos \_\_\_\_\_ (serie 44, dominio dunar de Aristida)
- 8''.- En ramblas y cauces temporales \_\_\_\_\_ (serie 45, bosque de acacia)

Series de vegetación

- 1 Adenocarpo decorticans - Querceto pyrenaicae
- 2 Adenocarpo decorticans - Querceto rotundifoliae
- 3 Asparrago horridi - Junipereto turbinatae
- 4 Bupleuro gibraltarici - Pistacieto lentisci
- 5 Berberido hispanicae - Querceto rotundifoliae
- 6 Bunio macucaae - Abieteteto pinsapo
- 7 Bupleuro rigidi - Querceto rotundifoliae
- 8 Chameropo humilis - Rhamneto lycioidis
- 9 Daphno latifoliae - Acereto granatensis
- 10 Junipero phoeniceae - Pineto salzmannii
- 11 Myrto communis - Querceto suberis
- 12 Mayteno europaei - Periploceto angustifoliae
- 13 Complejo tabernense sobre margas subsalinas
- 14 Mayteno europaei - Zizipheto loti
- 15 Oleo sylvestris - Querceto suberis
- 16 Pino acustisquamae - Querceto cocciferae
- 17 Paeonio broteroi - Abieteteto pinsapo
- 18 Paeonio coriacea - Querceto rotundifoliae
- 19 Geoserie psammofila mediterráneo - iberoatlántica
- 20 Geoserie psammofila mediterráneo - iberolevantina
- 21 Rhamno lycioidis - Junipereto phoeniceae
- 22 Rhamno lycioidis - Querceto cocciferae
- 23 Rubio longifoliae - Querceto rotundifoliae
- 24 Rhamno myrtifolii - Junipereto phoeniceae
- 25 Smilaco mauritanicae - Querceto rotundifoliae
- 26 Teucro baetici - Querceto suberis
- 27 Tamo communis - Oleeto sylvestris
- 28 Complejo de vegetación sobre yesos de Sierra de Cabrera
- 29 Complejo de vegetación sobre yesos de Tabernas
- 30 Complejo de vegetación sobre yesos de Sorbas
- 31 Zizipheto loti
- 32 Rhamno rotundifoliae - Junipereto turbinatae
- 33 Pistacio atlanticae - Zizipheto loti
- 34 Calicotomo intermediae - Oleeto sylvestris
- 35 Periploco laevigatae - Tetraclineto articulatae
- 36 Cerantonio siliquae - Tetraclineto articulatae

- 37 Rosmarino tournefortii - Tetraclineto articulatae
- 38 Smilaco mauritanicae - Querceto rotundifoliae
- 39 Cytiso triflori - Querceto suberis
- 40 Rusco hypophylli - Querceto cocciferae
- 41 Festuco scaberrimae - Querceto rotundifoliae
- 42 Dominio estépico de Macrochloa tenacissima
- 43 Dominio sahariano sobre roca
- 44 Dominio sahariano sobre dunas
- 45 Zizipheto loti - Acacieto raddianae
- 46 Geoserie edafohigrófila supra-mesomediterránea nevadense silicícola
- 47 Geoserie edafohigrófila supra-mesomediterránea rondeña y malacitano-almijareense serpentinícola y dolomiticola
- 48 Geoserie edafohigrófila mesomediterránea mediterráneo-iberolevantina y bética oriental basófila
- 49 Geoserie edafohigrófila mesomediterránea inferior y termomediterránea rondeña, malacitano-almijareense, alpujarreña, almeriense-occidental y manchego-espunense mesótrofa
- 50 Geoserie edafohigrófila mesomediterránea mediterráneo-iberolevantina meridional semiárida mesohalófila
- 51 Geoserie edafohigrófila termomediterránea gaditano-onubo-algarviense, jerezana y tingitana silicícola
- 52 Geoserie edafohigrófila termomediterránea murciano-almeriense y mulllense basófila
- 53 Microgeoserie edafohigrófila termomediterránea murciano-almeriense hiperhalófila

*Sobre fondo blanco se listan las series de Andalucía oriental, tramadas en color beige las series y dominios presentes en la región marroquí de La Oriental, y, por último, sobre las de color azul las series ligadas a zonas húmedas y cursos de agua andaluzas, que contienen especies que son válidas para el territorio marroquí.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
<i>Abies pinsapo</i>						■											■																	
<i>Acacia tortilis</i> subsp. <i>raddiana</i>																																		
<i>Acer granatense</i>					□	□			■																									
<i>Adenocarpus decorticans</i>	■	■																																
<i>Alnus glutinosa</i>																																		
<i>Amelanchier ovalis</i>					□				□																									
<i>Ampelodesma mauritanica</i>																																		■
<i>Anthyllis cytisoides</i>				□				□				□	□	□				□				□		□						□				
<i>Anvillea radiata</i>																																		
<i>Arbutus unedo</i>											■							□								■								
<i>Aristida pungens</i>																																		
<i>Artemisia herba-alba</i>																																		
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>																																		
<i>Atriplex halimus</i>												□	■	□																				
<i>Asparagus albus</i>								□			□	□		□										□	□	□				□				□
<i>Astragalus clusii</i>																						□	□		□									
<i>Berberis hispanica</i>		□				■	■		■									■																
<i>Bryonia dioica</i>																																		
<i>Bupleurum fruticosum</i>																			□						□									
<i>Calicotome infesta</i>																																		■
<i>Calicotome intermedia</i>								□																										
<i>Calicotome villosa</i>											□					■											■	■						■



	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	
<i>Abies pinsapo</i>																				
<i>Acacia tortilis</i> subsp. <i>raddiana</i>											■									
<i>Acer granatense</i>												□								
<i>Adenocarpus decorticans</i>												□								
<i>Alnus glutinosa</i>												□								
<i>Amelanchier ovalis</i>																				
<i>Ampelodesma mauritanica</i>					■															
<i>Anthyllis cytisoides</i>				□																
<i>Anvillea radiata</i>									□											
<i>Arbutus unedo</i>					■	■	■													
<i>Aristida pungens</i>											■									
<i>Artemisia herba-alba</i>									□											
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>																				■
<i>Atriplex halimus</i>																	■	□	■	
<i>Asparagus albus</i>				□																
<i>Astragalus clusii</i>				□																
<i>Berberis hispanica</i>																				
<i>Bryonia dioica</i>															□	□	□	□	□	
<i>Bupleurum fruticosum</i>				□																
<i>Calicotome infesta</i>																				
<i>Calicotome intermedia</i>																				
<i>Calicotome villosa</i>																				



*Adenocarpus decorticans*



*Arbutus unedo*



*Berberis hispanica*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			
<i>Callotropis procera</i>																																					
<i>Capparis spinosa</i>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<i>Ceratonia siliqua</i>				■				■			■												■		■								■	■			
<i>Chamaerops humilis</i>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>						
<i>Cistus albidus</i>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>										
<i>Cistus clusii</i>																		<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>									
<i>Cistus laurifolius</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
<i>Cistus populifolius</i>						<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>																					
<i>Cistus salvifolius</i>					<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
<i>Clematis cirrhosa</i>															<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>	
<i>Clematis vitalba</i>																																					
<i>Colutea hispanica</i>																								<input type="checkbox"/>													
<i>Convolvulus trabutianus</i>																																					
<i>Corema album</i>																						<input type="checkbox"/>															
<i>Coriaria myrtiolia</i>																																					
<i>Coronilla juncea</i>				<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>															<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
<i>Crataegus monogyna</i>	■	■			■	■		■			<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		■	<input type="checkbox"/>								■	<input type="checkbox"/>										
<i>Crataegus oxyacantha</i>																																					
<i>Crotalaria saharae</i>																																					
<i>Cytisus baeticus</i>																											<input type="checkbox"/>										
<i>Cytisus fontanesii</i>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											

	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Callotropis procera</i>											<input type="checkbox"/>								
<i>Capparis spinosa</i>				<input type="checkbox"/>													<input type="checkbox"/>		
<i>Ceratonia siliqua</i>		■		■															
<i>Chamaerops humilis</i>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>													
<i>Cistus albidus</i>				<input type="checkbox"/>															
<i>Cistus clusii</i>			<input type="checkbox"/>																
<i>Cistus laurifolius</i>																			
<i>Cistus populifolius</i>																			
<i>Cistus salviifolius</i>																			
<i>Clematis cirrhosa</i>						<input type="checkbox"/>													<input type="checkbox"/>
<i>Clematis vitalba</i>												<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
<i>Colutea hispanica</i>																			
<i>Convolvulus trabutianus</i>											<input type="checkbox"/>								
<i>Corema album</i>																			
<i>Coriaria myrtiolia</i>												<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					
<i>Coronilla juncea</i>																			
<i>Crataegus monogyna</i>												■	■						■
<i>Crataegus oxyacantha</i>						<input type="checkbox"/>													
<i>Crotalaria saharae</i>											<input type="checkbox"/>								
<i>Cytisus baeticus</i>																			
<i>Cytisus fontanesii</i>				<input type="checkbox"/>															



*Ceratonia siliqua*



*Chamaerops humilis*



*Cytisus fontanesii*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34				
<i>Cytisus grandiflorus</i>											<input type="checkbox"/>																											
<i>Cytisus scoparius</i>									■										<input type="checkbox"/>																			
<i>Dianthus crinitus</i>																																						
<i>Echinopartum boissieri</i>										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>														
<i>Ephedra altissima</i>																																				<input type="checkbox"/>		
<i>Ephedra fragilis</i>				■				■				■	■	■					<input type="checkbox"/>			■	■		■					■	■				■			
<i>Erica arborea</i>						<input type="checkbox"/>																					<input type="checkbox"/>											
<i>Erica erigena</i>																																						
<i>Erinacea anthyllis</i>					<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																											
<i>Festuca scaberrima</i>																																						
<i>Festuca triflora</i>																																						
<i>Fraxinus angustifolia</i>																																						
<i>Fredolia aretioides</i>																																						
<i>Genista cinerea</i> subsp. <i>speciosa</i>	■	■			■				■									■	■																			
<i>Genista hirsuta</i>											<input type="checkbox"/>																											
<i>Genista pumila</i>							<input type="checkbox"/>															<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
<i>Genista saharae</i>																																						
<i>Genista scorpius</i>																			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															

	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	
<i>Cytisus grandiflorus</i>																				
<b><i>Cytisus scoparius</i></b>													<input type="checkbox"/>							
<i>Dianthus crinitus</i>											<input type="checkbox"/>									
<i>Echinopartum boissieri</i>																				
<i>Ephedra altissima</i>																				
<b><i>Ephedra fragilis</i></b>				■																
<b><i>Erica arborea</i></b>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
<i>Erica erigena</i>													<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					
<i>Erinacea anthyllis</i>																				
<i>Festuca scaberrima</i>						<input type="checkbox"/>														
<i>Festuca triflora</i>						<input type="checkbox"/>														
<b><i>Fraxinus angustifolia</i></b>												■						■		
<i>Fredolia aretioides</i>			<input type="checkbox"/>							■										
<b><i>Genista cinerea subsp. speciosa</i></b>																				
<b><i>Genista hirsuta</i></b>																				
<i>Genista pseudopilosa</i>																				
<b><i>Genista saharae</i></b>											■									
<b><i>Genista scorpius</i></b>																				



*Cytisus scoparius*



*Erica erigena*



*Fraxinus angustifolia*



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
<i>Genista spartioides</i>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>						
<b><i>Genista tournefortii</i></b>																																			
<i>Genista triacanthos</i>						<input type="checkbox"/>																				<input type="checkbox"/>									
<i>Genista tricuspidata</i>																																		<input type="checkbox"/>	
<i>Genista tridentata</i>																										<input type="checkbox"/>									
<i>Genista umbellata</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			<input type="checkbox"/>													
<b><i>Globularia alypum</i></b>																						<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>										
<i>Halimione portulacoides</i>																																			
<b><i>Halimium atripicifolium</i></b>						<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>											
<i>Haloxylon scoparium</i>																																			
<i>Hedera helix</i>																																			
<i>Helianthemum almeriense</i>																												<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<i>Helianthemum alypoides</i>																																			
<i>Helianthemum lippi</i>																																			
<b><i>Helianthemum syriacum</i></b>																								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>						
<i>Hormathophylla spinosa</i>									<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>																			
<i>Juncus maritimus</i>										<input type="checkbox"/>																									
<i>Juniperus communis</i>									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
<i>Juniperus phoenicea</i>							■			■					■				■	■	■	■			■									■	
<i>Launaea arborescens</i>								<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>				

	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Genista spartioides</i>				<input type="checkbox"/>															
<b><i>Genista tournefortii</i></b>							<input type="checkbox"/>												
<i>Genista triacanthos</i>																	<input type="checkbox"/>		
<i>Genista tricuspidata</i>							<input type="checkbox"/>												
<i>Genista tridentata</i>																			
<i>Genista umbellata</i>																			
<b><i>Globularia alypum</i></b>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
<i>Halimione portulacoides</i>																			<input type="checkbox"/>
<b><i>Halimium atripicifolium</i></b>																			
<i>Haloxylon scoparium</i>								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
<i>Hedera helix</i>												<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>		
<i>Helianthemum almeriense</i>																			
<i>Helianthemum alypoides</i>																			
<i>Helianthemum lippi</i>									<input checked="" type="checkbox"/>										
<b><i>Helianthemum syriacum</i></b>				<input type="checkbox"/>															
<i>Hormathophylla spinosa</i>																			
<b><i>Juncus maritimus</i></b>																			<input checked="" type="checkbox"/>
<b><i>Juniperus communis</i></b>																			
<i>Juniperus oxycedrus</i>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>												
<i>Juniperus phoenicea</i>																			
<i>Launaea arborescens</i>										<input checked="" type="checkbox"/>									



*Genista umbellata*



*Helianthemum lippi*



*Juniperus arborescens*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
<i>Lavandula dentata</i>												<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>		
<i>Lavandula lanata</i>					■												<input type="checkbox"/>							■												
<i>Lavandula latifolia</i>																	<input type="checkbox"/>																			
<i>Lavandula mairei</i>																																				
<i>Lavandula stoechas</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>												<input type="checkbox"/>													
<i>Lepidium subulatum</i>																																				
<i>Limoniastrum feei</i>																																				
<i>Linum suffruticosum</i>																		<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>											
<i>Lonicera implexa</i>																																				<input type="checkbox"/>
<i>Lycium intricatum</i>												<input type="checkbox"/>	■	■						■			<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>				
<i>Lygeum spartum</i>								<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>												<input type="checkbox"/>				
<i>Macrochloa tenacissima</i>		<input type="checkbox"/>						■				■	■	■		■							■	■	■			■	■	■	■					■
<i>Marrubium deserti</i>																																				
<i>Maytenus senegalensis</i>												■		■																						
<i>Myrtus communis</i>											■				■											■	<input type="checkbox"/>									
<i>Nerium oleander</i>																																				
<i>Noaea mucronata</i>																																				
<i>Olea europaea subsp. sylvestris</i>								■			■	■	■	■	■									■		■	■	■				■	■			■
<i>Ononis aragonensis</i>					<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>								<input type="checkbox"/>																		
<i>Ononis fruticosa</i>							<input type="checkbox"/>															<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													

	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Lavandula dentata</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
<i>Lavandula lanata</i>																			
<i>Lavandula latifolia</i>																			
<i>Lavandula mairei</i>											<input type="checkbox"/>								
<i>Lavandula stoechas</i>																			
<i>Lepidium subulatum</i>																			
<i>Limoniastrum feei</i>									<input type="checkbox"/>										
<i>Linum suffruticosum</i>				<input type="checkbox"/>															
<i>Lonicera implexa</i>						<input type="checkbox"/>													
<i>Lycium intricatum</i>																			
<i>Lygeum spartum</i>									<input type="checkbox"/>										
<i>Macrochloa tenacissima</i>	■		■	■				■	■										
<i>Marrubium deserti</i>											■								
<i>Maytenus senegalensis</i>																			
<i>Myrtus communis</i>					■														
<i>Nerium oleander</i>															■	■	■	■	
<i>Noaea mucronata</i>									<input type="checkbox"/>										
<i>Olea europaea subsp. sylvestris</i>	■		■	■		■													
<i>Ononis aragonensis</i>																			
<i>Ononis fruticosa</i>																			



*Launaea arborescens*



*Macrochloa tenacissima*



*Nerium oleander*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35			
<i>Ononis tridentata</i>																												■	■	■								
<i>Osyris lanceolata</i>											□				□												□											
<i>Panicum turgidum</i>																																						
<i>Periploca laevigata</i>												■																									■	
<i>Phlomis purpurea</i>			□	□				□										□					□		□		□						□					
<i>Phyllirea angustifolia</i>			■								■				■	■		□	■				■		■	■	■											
<i>Phyllirea latifolia</i>																																					□	
<i>Pinus halepensis</i>				■			■	■										■				■	■	■	■	■												
<i>Pinus nigra subsp. salzmanii</i>											■																											
<i>Pinus pinaster subsp. acutisquama</i>																■								■														
<i>Pinus pinea</i>															■				■																			
<i>Pistacia atlantica</i>																																					■	
<i>Pistacia lentiscus</i>			■	■				■			■	■			■	■	■		□	■	■					■	■	■				■	■				■	
<i>Pistacia terebinthus</i>									■							□			□																			
<i>Populus alba</i>																																						
<i>Populus nigra</i>																																						
<i>Prunus malaheb</i>										□								□																				
<i>Prunus spinosa</i>										□																												
<i>Quercus coccifera</i>		□	□	□			□				□				□			□					□	□		□		□						□				
<i>Quercus faginea</i>					□	□			□								□	□									□											



	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Ononis tridentata</i>																		
<i>Osyris lanceolata</i>																		
<i>Panicum turgidum</i>										■								
<i>Periploca laevigata</i>																		
<i>Phlomis purpurea</i>			□															
<i>Phyllirea angustifolia</i>			■															
<i>Phyllirea latifolia</i>					■	■												
<i>Pinus halepensis</i>	■	■	■															
<i>Pinus nigra subsp. salzmanii</i>																		
<i>Pinus pinaster subsp. acutisquama</i>																		
<i>Pinus pinea</i>																		
<i>Pistacia atlantica</i>						■												
<i>Pistacia lentiscus</i>	■		■	■	■													
<i>Pistacia terebinthus</i>																		
<i>Populus alba</i>												■	■		■	■		
<i>Populus nigra</i>										■		■	■					
<i>Prunus malaheb</i>																		
<i>Prunus spinosa</i>																		
<i>Quercus coccifera</i>			□	□	□													
<i>Quercus faginea</i>																		



*Periploca laevigata*



*Pinus halepensis*



*Quercus faginea*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
<i>Quercus pyrenaica</i>	<input type="checkbox"/>																																				
<i>Quercus rotundifolia</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											
<i>Quercus suber</i>											<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>											
<i>Randonia africana</i>																																					
<i>Retama monosperma</i>															<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>																			
<i>Retama raetam</i>																																					
<i>Retama sphaerocarpa</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
<i>Rhamnus alaternus</i>											<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>											
<i>Rhamnus lycioides</i>							<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>												<input checked="" type="checkbox"/>			
<i>Rhamnus myrtifolius</i>										<input type="checkbox"/>														<input type="checkbox"/>													
<i>Rhamnus oleoides</i>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>			
<i>Rosa canina</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>												
<i>Rosa corymbifera</i>																																					
<i>Rosmarinus eriocalix</i>																																					
<i>Rosmarinus officinalis</i>				<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
<i>Rhus pentaphyllum</i>																																				<input type="checkbox"/>	
<i>Rubus ulmifolius</i>																																					
<i>Saccharum ravennae</i>																																					
<i>Salix atrocinerea</i>																																					
<i>Salix eleagnos</i>																																					

	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Quercus pyrenaica</i>																		
<i>Quercus rotundifolia</i>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>												
<i>Quercus suber</i>						<input type="checkbox"/>												
<i>Randonia africana</i>									<input type="checkbox"/>									
<i>Retama monosperma</i>																		
<i>Retama raetam</i>									<input checked="" type="checkbox"/>									
<i>Retama sphaerocarpa</i>			<input checked="" type="checkbox"/>															
<i>Rhamnus alaternus</i>			<input checked="" type="checkbox"/>															
<i>Rhamnus lycioides</i>																		
<i>Rhamnus myrtifolius</i>																		
<i>Rhamnus oleoides</i>			<input checked="" type="checkbox"/>															
<i>Rosa canina</i>			<input type="checkbox"/>													<input type="checkbox"/>		
<i>Rosa corymbifera</i>												<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		
<i>Rosmarinus eriocalix</i>		<input checked="" type="checkbox"/>																
<i>Rosmarinus officinalis</i>			<input type="checkbox"/>															
<i>Rhus pentaphyllum</i>																		
<i>Rubus ulmifolius</i>											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Saccharum ravennae</i>													<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>
<i>Salix atrocinerea</i>											<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
<i>Salix eleagnos</i>												<input checked="" type="checkbox"/>						



*Retama sphaerocarpa*



*Rosmarinus eriocalix*



*Salix eleagnos*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35					
<i>Salix neotricha</i>																																								
<i>Salix pedicellata</i>																																								
<i>Salix purpurea</i>																																								
<i>Salvia lavandulifolia</i>							<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>																						
<i>Sambucus nigra</i>																																								
<i>Santolina viscosa</i>																																								
<i>Sarcocornia fruticosa</i>																																								
<i>Satureja intricata</i>												<input type="checkbox"/>																												
<i>Satureja fontanesii</i>																																								
<i>Scirpus holoschoenus</i>																																								
<i>Scirpus maritimus</i>																																								
<i>Sedum sediforme</i>						<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																		
<i>Sideritis funkiana</i>																						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																	
<i>Sideritis incana</i>											<input type="checkbox"/>													<input type="checkbox"/>																
<i>Smilax aspera</i>																										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
<i>Sorbus aria</i>										<input type="checkbox"/>								<input type="checkbox"/>																						
<i>Suaeda vera</i>																																								
<i>Tamarix africana</i>																																								
<i>Tamarix canariensis</i>																																								
<i>Tamarix gallica</i>																																								
<i>Tamus communis</i>																																								
<i>Tetraclinis articulata</i>												<input type="checkbox"/>																												

	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Salix neotricha</i>													■	■				
<i>Salix pedicellata</i>														■				
<i>Salix purpurea</i>												■	■	■			□	
<i>Salvia lavandulifolia</i>																		
<i>Sambucus nigra</i>											■		■	■				
<i>Santolina viscosa</i>																		
<i>Sarcocornia fruticosa</i>																		□
<i>Satureja intricata</i>																		
<i>Satureja fontanesii</i>																		
<i>Scirpus holoschoenus</i>											■	■	■	□	□	■	□	
<i>Scirpus maritimus</i>															□	□		
<i>Sedum sediforme</i>																		
<i>Sideritis funkiana</i>																		
<i>Sideritis incana</i>																		
<i>Smilax aspera</i>			□	□	□													
<i>Sorbus aria</i>																		
<i>Suaeda vera</i>															□		□	□
<i>Tamarix africana</i>																■	■	
<i>Tamarix canariensis</i>																	■	■
<i>Tamarix gallica</i>													■	■	■	■	□	
<i>Tamus communis</i>											□		□			□		
<i>Tetraclinis articulata</i>		■																



*Scirpus holoschoenus*



*Tamarix canariensis*



*Tetraclinis articulata*





	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Teucrium dunense</i>																		
<i>Thymelaea microphylla</i>								■	□									
<i>Thymus algeriensis</i>		□																
<i>Thymus ciliatus</i>		□																
<i>Thymus granatense</i>																		
<i>Thymus hyemalis</i>																		
<i>Thymus mastichina</i>			□															
<i>Thymus orospedanus</i>																		
<i>Thymus zygis</i>			□															
<i>Thypha angustifolia</i>												■	■	■		■	■	
<i>Typha dominguensis</i>												□	□	□	□	□	□	
<i>Typha latifolia</i>												□	□	□		□	□	
<i>Ulex baeticus</i>																		
<i>Ulex parviflorus</i>																		
<i>Ulmus minor</i>													■			■		
<i>Viburnum tinus</i>			□	□														
<i>Vitex agnus-castus</i>															□		□	
<i>Whitania adpressa</i>											□							
<i>Whitania frutescens</i>																		
<i>Zilla macroptera</i>								■	□									
<i>Ziziphus lotus</i>										■								



*Thymus granatense*



*Viburnum tinus*



*Ulex parviflorus*

## LAS TÉCNICAS DE INTRODUCCIÓN DEL COMPONENTE BIOLÓGICO

Tipos de técnicas	
Principales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siembra</li> <li>• Hidrosiembra e hidromanta</li> <li>• Plantaciones</li> </ul>
Complementarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantas orgánicas</li> <li>• Fajinas</li> </ul>

### Siembra

La siembra consiste en la distribución homogénea de semillas sobre la superficie que se va a restaurar, y puede realizarse de forma manual o con el concurso de maquinaria, al igual que puede ejecutarse únicamente con un complejo de semillas o bien incorporar abonos sólidos o sustratos marcadores para evaluar el progreso de la siembra (por ejemplo harina blanca para suelos pardos o bien arcillas rojas para suelos muy claros).



En el caso de que la siembra sea manual, exigirá un rastrillado posterior para terminar de tapar las semillas y evitar que hormigas y aves acaben comiéndoselas.

Este tipo de técnica tiene diferentes aplicaciones, pero tradicionalmente se ha utilizado en taludes con fuertes pendientes y sustratos que presentan procesos erosivos importantes, en los que el principal objetivo es la fijación



de ese sustrato. Para ello, se suelen utilizar especies de crecimiento rápido, capaces de formar un estrato herbáceo denso con relativa rapidez. Entre estas especies, adquieren cierta importancia las gramíneas, que enraízan densamente en el suelo y las leguminosas, capaces de crecer en suelos pobres en nutrientes y mejorarlos aportando nitrógeno atmosférico.



En algunos casos singulares como siembras temporales de protección de la erosión, puede ser útil y barato el uso de especies cultivadas en la composición de especies. Es el caso de los cereales (trigo, cebada, avena) que consiguen un crecimiento muy rápido, y el de algunas leguminosas como la alfalfa o la veza que fijarán el nitrógeno atmosférico y ayudarán a mejorar la calidad del suelo para las futuras plantas que se vayan a introducir de forma natural o con otras técnicas. Estas especies cultivadas tienen la ventaja de que crecen, se desarrollan plenamente y desaparecen en los años siguientes, por lo que no serán competencia con las plantas que se utilicen para la restauración final.

En cualquier caso, las siembras constituyen uno de los mejores sistemas para la regeneración de matorrales y formaciones arbustivas, de ahí que se pueda utilizar para conseguir cualquier tipo de hábitat, para lo cual

únicamente debe estudiarse con detenimiento las especies más aptas para este sistema.



En la aplicación de esta técnica es importante conocer el número de semillas que se van a aplicar por unidad de superficie, siendo recomendable utilizar un intervalo que oscile entre las 500 y 750 semillas/m<sup>2</sup> que garanticen un número mínimo de plántulas en el terreno. Debe evitarse el peso como unidad de referencia, ya que en las especies silvestres el tamaño de las semillas es muy variable.

### Hidrosiembra e hidromanta

La hidrosiembra es una técnica de revegetación consistente en la inyección sobre los terrenos de una mezcla de semillas (A), nutrientes químicos y orgánicos (B), fibras vegetales (C), microorganismos del suelo y sustancias aglutinadoras (D), suspendida en un medio acuoso y proyectado mediante una manguera a presión.

A. Mezcla de semillas



B. Nutrientes químicos y orgánicos



C. Fibras vegetales



D. Microorganismos del suelo



El objetivo es, no sólo la introducción de las especies antes seleccionadas, sino que mediante su rápido desarrollo, los plantones que nazcan reduzcan el problema de la erosión desde los primeros estadios de la restauración.



Es un tipo de actuación que se realiza en aquellas zonas donde existe un significativo riesgo potencial de erosión y donde no pueden ser utilizadas las técnicas convencionales de siembra por la dificultad de acceso o la fuerte pendiente del terreno.



En las áreas de fuerte pendiente, puede emplearse la técnica de la hidromanta, que es un tipo de hidrosiembra en el que se incrementan los aglomerantes y las cantidades y tipos de mulch (por ejemplo con fibra de madera), de forma que se fija el suelo durante un periodo de tiempo suficiente hasta que las plantas han desarrollado plenamente y toman el relevo de la protección frente a la erosión.

## Plantaciones

El principal objetivo de las plantaciones, en el contexto de restauración ecológica, es acelerar la sucesión creando la composición, estructura física

y función del ecosistema de referencia.

Se pretende acelerar la fase de colonización, introduciendo plantas seleccionadas de la serie de vegetación y creando mejores condiciones para su establecimiento y desarrollo. Las plantaciones son también necesarias para incorporar especies de difícil introducción por siembra.

La densidad de plantación depende en gran medida de la composición de especies que se vayan a introducir y de si se van a aplicar otras técnicas de restauración para complementarla como el sembrado o la hidrosiembra. En términos generales, y si no hay otras actuaciones, deben conseguirse densidades que oscilen en el entorno de 1 planta /m<sup>2</sup>, que será superior en zonas de pendiente moderada o escarpada.

Con independencia de las especies que se vayan a utilizar en las plantaciones, es de gran interés conseguir que esas plantas lleguen a la zona en que se va realizar la restauración con las mayores garantías de viabilidad. Para ello se somete a las plantas a un endurecimiento en vivero, proceso que se lleva a cabo durante varios meses y que promueve los mecanismos de resistencia al estrés hídrico de una planta al someterla a una reducción progresiva de agua hasta llegar a dosis subletales. Con este procedimiento se evita el estrés producido a las plantas al llevarlas a la zona de plantación, y mejora el nivel de supervivencia de los plantones.

De otra parte, en las plantaciones de árboles y arbustos, y salvo que el proyecto lo necesite ineludiblemente, es recomendable utilizar plantones pequeños de una o dos savias, pues su desarrollo posterior es bastante mejor y más barato que el de plantas muy crecidas.







**Comparativa de las principales técnicas**

	Siembra a voleo	Hidrosiembra	Plantación
Pendiente	No se puede efectuar bien en pendientes superiores a 20°	Con manguera se pueden alcanzar 50 m y con brazo extensible mecánico hasta 500 m	Hasta pendientes de 50°
Estación	Otoño e invierno con suficientes lluvias		Preferiblemente en invierno
Pluviometría	Crítica, pues no se produce la germinación en su ausencia		No depende directamente de ella para su implantación
Pedregosidad y afloramientos rocosos	Crítica: fisuras y grietas en las rocas y piedras permiten que las semillas se introduzcan y puedan encontrar mejores condiciones microclimáticas para germinar, pero reducen su capacidad de desarrollo tras la germinación		Crítica, pudiendo impedir su implantación
Compactación	Inaceptable	Inaceptable	Casi Inaceptable

	Siembra a voleo	Hidrosiembra	Plantación
Nivel / densidad de individuos o semillas	Niveles altos	Niveles altos para compensar las pérdidas	Niveles bajos y ajustados a las necesidades
Distribución de los individuos	Aleatoria	Aleatoria	Homogénea aunque puede hacerse semialeatoria
Fertilización	Operación normalmente separada de la siembra	Se puede efectuar en la misma operación, pero no se realiza a profundidad	De la tierra excavada y en cualquier momento
Fibra o mulch	Cuando es necesario se hace en una operación diferente	Necesario, se puede efectuar en una misma operación	No necesario
Equipamiento	Método manual o mecánico	Equipamiento especial	Método manual o mecánico
Coste	Muy barato. La adición de mulch puede encarecer la técnica	Caro	Intermedio

## Mantas orgánicas

Este tipo de productos están compuestos por paja de cereal y otras fibras naturales como las de coco, esparto, etc., o bien fibras sintéticas como el polipropileno, que son trabajadas para formar mallas. La función principal de las mantas es la protección inmediata de superficies que presentan un alto riesgo de erosión causado por lluvias torrenciales (erosión laminar, arrollada, etc.), o bien como soporte de trepadoras, revestimiento de muros, etc.



Las mantas retienen los finos en escorrentías y aportan materia orgánica al suelo al descomponerse, de manera que se favorece la formación del suelo. Esto supone una ventaja en zonas con bastante xericidad, ya que son capaces de reducir la evaporación regulando la temperatura y aumentando la infiltración del agua de lluvia en el suelo.

Las mantas orgánicas deben dejar pasar elementos finos del suelo y poder recibir semillas aportadas artificialmente en siembras e hidrosiembras, o aquellas que lleguen con la dispersión de manera natural.

Las mallas o redes orgánicas y/o sintéticas son recomendables en los casos en los que la granulometría de los suelos sea gruesa y exista vegetación ya establecida. La elección del tipo de manta más adecuada es imprescindible,

ya que uno de los limitantes que este tipo de estructuras presentan es el riesgo a degradarse con excesiva rapidez, arrastrando consigo la vegetación ya existente y los sólidos acumulados en el suelo.

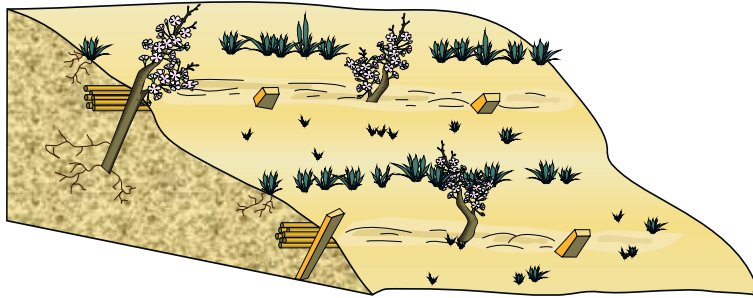
Las mantas orgánicas incluso pueden ser utilizadas sobre taludes muy verticales, reforzándolas con mallas sintéticas de gran duración.



## Fajinas

Se trata de un conjunto de manojos de tallos y ramas que se atan en forma de huso y se colocan en el fondo de zanjas con poca profundidad, excavadas de manera transversal siguiendo el contorno del talud y recubiertas de tierra parcialmente. Se utilizan estacas de madera o estaquillas de la misma especie que se usa en la elaboración de las fajinas, para evitar que se muevan. Las ramas y tallos empleados deben proceder de plantas leñosas con alta capacidad de enraizamiento.

Este tipo de técnica de estabilización resulta muy efectiva ya que protege a los taludes de deslizamientos superficiales, dificulta la formación de cárcavas y permite retener y contener las capas superficiales del suelo gracias a la matriz de raíces que se desarrolla a partir del manojito de tallos y ramas.



## ASPECTOS PAISAJÍSTICOS DE LA RESTAURACIÓN

### La aficción de la distribución espacial de plantación en el paisaje

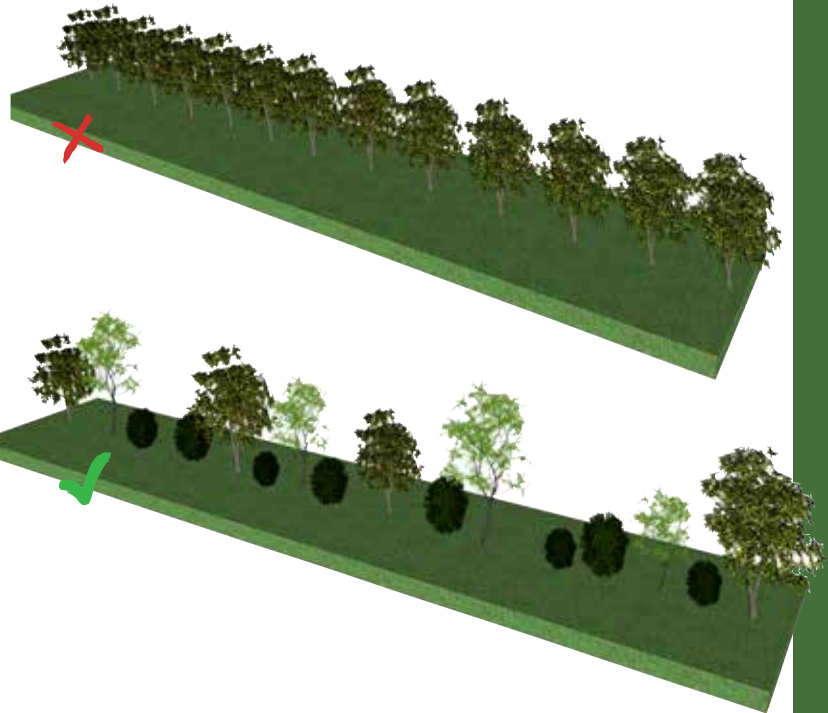
Una selección de especies adecuada soluciona buena parte de los problemas paisajísticos que se generan con las explotaciones mineras, pero existen aspectos de la restauración que dependen exclusivamente de la forma y proporción con que se utilizan dichas especies. Este aspecto no es tenido en cuenta en muchas ocasiones, lo que se traduce en un empobrecimiento o incluso un impacto sobre el paisaje.

El uso de patrones homogéneos de cualquier naturaleza reduce la naturalidad de la zona restaurada al reconocerse estos esquemas por el ojo humano, más aún si están acompañados de colores o texturas muy diferentes a las de su entorno.

Para evitar estos efectos no deseados pueden combinarse las siguientes recomendaciones:

- No generar patrones de plantación con posiciones relativas y distancias homogéneas.
- Introducir ejemplares de planta con tamaños diferentes.
- Introducir varias especies principales.
- Generar manchas variadas en su forma y extensión.

Pero ¿Cómo diseñar patrones aleatorios en un proyecto, que después sean fácilmente trasladables a la zona de plantación? Como solución a esta incertidumbre se pueden utilizar patrones homogéneos como el de tresbolillo, y derivar fácilmente desde éstos a otros aleatorios moviendo la posición de una tercera parte de los pies de planta. Con este sistema se consigue que el diseño y cálculo de pies de planta sea sencillo, al igual que la presentación de la planta en el campo por parte de los operarios, y los resultados pueden ser excelentes.





Esta variación de la posición relativa de parte de las plantas se puede aprovechar para ubicar los pies en puntos topográficamente más favorables (por ejemplo evitando rocas aflorantes, o pequeñas zonas con mejor suelo), o asociando especies más compatibles o que pueden competir menos entre sí (por ejemplo una mata se puede acercar más a otra mata o a un arbusto, pero conviene alejarla de un árbol). Estos criterios pueden utilizarse en restauración de superficies, pero son especialmente útiles en alineaciones como bordes de carreteras, plantaciones de bermas o pantallas vegetales.

### **Mimetizado de los frentes de explotación**

Otra problemática frecuente y de gran incidencia paisajística en la restauración de canteras es la imposibilidad de introducir vegetación en frentes de explotación verticales. En estos casos, la única posibilidad de integración es intentar disminuir el contraste entre los taludes y su entorno con la aplicación de sustratos con colores similares que mimeticen la explotación minera.

Dos son las técnicas principales destinadas a esta integración cromática. Por un lado se utilizan tintes vegetales biodegradables con tonalidades

parecidas a la roca objeto de explotación, con los que se rocía la superficie del talud con el auxilio de una hidrosebradora o cualquier maquinaria que permita proyectar la solución líquida con el tinte.



La otra técnica, denominada envejecimiento de roca, incluye la aplicación de óxidos de hierro y otros metales que simulan la roca meteorizada por el paso del tiempo, y son proyectados sobre la roca con los mismos sistemas antes mencionados. Esta última técnica tiene la ventaja de que se pueden aplicar varias capas hasta conseguir el color deseado, y además que el talud adquiere el color definitivo a los 10 días de su aplicación.



## MODELOS ELEMENTALES DE LA RESTAURACIÓN

A continuación se exponen una serie de modelos tipo elementales que se utilizarán combinados para conformar el proyecto de restauración final de una cantera, y tendrán su aplicación espacial concreta en función de las características topográficas y granulométricas finales que se consigan tras la restitución morfológica del espacio.

Otro factor que debe tenerse en cuenta, y puede ayudar a la revegetación, es si ésta se realiza al finalizar la explotación o si por el contrario se ejecuta por fases durante la vida útil de la cantera. En este último caso, la restauración es menos compleja, ya que se puede realizar de forma progresiva en una determinada zona con una primera intervención para fijar rápidamente la superficie del terreno (por ejemplo con una siembra o hidrosiembra), y al año siguiente introducir los elementos vegetales que faltan para conseguir las especies del hábitat (por ejemplo con una plantación o una hidrosiembra con otra composición).

### Siembras en acopios y zonas alteradas temporales

Es bastante frecuente en las explotaciones mineras que existan pequeñas áreas donde se acopia material durante un tiempo, para ser trasladado a su lugar definitivo una vez generada la morfología final de parte de una cantera. Estos acopios, que pueden ser de suelo rescatado en el desbroce inicial (ver foto adjunta) o bien rechazos del proceso de explotación, necesitan una atención especial, puesto que se trata de sustratos sin fijación ni compactación alguna, por lo que los procesos de erosión pueden ser muy significativos sobre ellos.

Para disminuir en la medida de lo posible los procesos erosivos, es aconsejable limitar al máximo el tiempo de acopio, pero si forzosamente es superior a 6 meses, obligatoriamente se realizará una siembra manual de especies herbáceas que fijen el sustrato y eviten la incorporación de partículas al agua de la lluvia torrencial. Entre las especies a utilizar se pueden introducir una proporción significativa de herbáceas cultivables como trigo, cebada, etc., que además de ser muy baratas, germinan y crecen rápidamente para cumplir el objetivo requerido.



En este estado, el material puede permanecer durante bastante tiempo hasta que finalmente sea utilizado en la restitución morfológica, o bien como sustrato para siembras o plantaciones si es el caso de suelos rescatados.

### En zonas llanas o de baja pendiente

Representa la situación más favorable de restaurar y gestionar hasta su abandono final.

El primer paso a garantizar es un sustrato adecuado en potencia, lo que dependerá del volumen de material de rechazo y de suelo rescatado en fases anteriores o coetáneas de la explotación. En términos generales, para conseguir la implantación de matorral y arbustos es suficiente con un espesor de 50 cm, pero se ha de llegar al metro y medio si se quiere introducir arbolado. Este espesor es de especial importancia cuando la roca de la cantera es muy dura y consistente como ocurre con mármoles o calizas, ya que las raíces cuando lleguen a este nivel no podrán perforar la roca, y será un problema menor si la roca madre está muy fracturada o es blanda. En caso de no disponer de suficiente material para relleno donde realizar la plantación se deberá aportar sustrato desde el exterior, medida que se puede combinar con la realización de pequeñas explotaciones controladas para fracturar la roca y permitir un enraizamiento de estos espacios.

En el caso de que se disponga de una potencia de sustrato suficiente,



suele ser necesaria una labor de esponjamiento del suelo que ha sido previamente compactado por el paso continuado de maquinaria. Para suelos muy compactados se utilizará un subsolado, mientras que en suelos menos alterados se procederá a un laboreo superficial. Estas labores pueden ser aprovechadas para realizar mejoras del suelo como aportar enmiendas órgano-zeolíticas, incorporar compost u otros compuestos orgánicos, o introducir hidrogeles para incrementar la retención de agua.

Conseguido un sustrato adecuado se procederá a la introducción del material biológico con las especies seleccionadas y utilizando la siembra y/o la plantación como técnicas más adecuadas y/o rentables económicamente para zonas llanas. En caso de que se combinen ambas técnicas, que es lo más recomendable, es mejor realizar primero la siembra (manual o mecanizada) para que las plantas fijen rápidamente el suelo, y esperar al año siguiente para completar la restauración con la plantación.



### En taludes de media pendiente

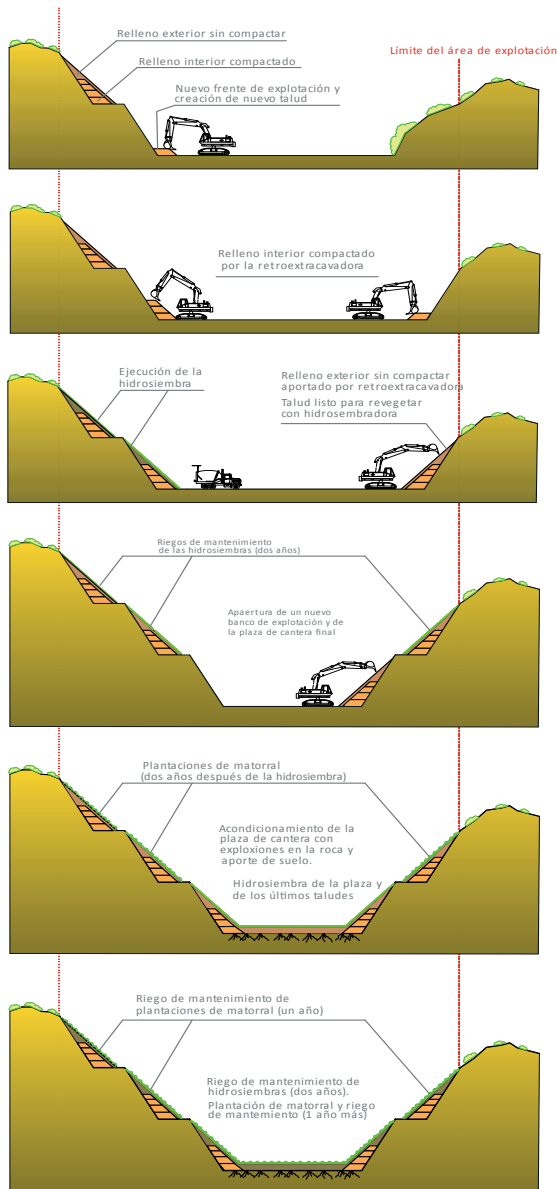
El primer paso es conseguir una superficie restituida y estable para la restauración. En las bermas de las explotaciones es aconsejable realizar un relleno con material de rechazo para reducir el tamaño de los taludes verticales, dejando una separación entre el borde del nuevo talud y el de la berma para realizar el mantenimiento de dichos taludes y como superficie de seguridad en caso de pequeños desprendimientos del talud.

Conseguido un talud estable en bermas o en escombreras, se ha obtener un sustrato sin compactación y con la suficiente cantidad de materia fina para facilitar el arraigo de las plantas. Este sustrato sin compactar y con una alta proporción de materia fina se aportará en la superficie final volcándolo con un camión desde la cabecera del talud o bien aportándolo con una retroexcavadora con suficiente largo de su brazo.



Tras esta fase es posible realizar una hidrosiembra con las especies seleccionadas, que puede ser combinada con una plantación posterior una vez fijada la superficie del terreno. A partir de pendientes superiores a 45 grados no son aconsejables las plantaciones, especialmente en taludes de mediano y gran tamaño, por lo que únicamente se utilizará hidrosiembra. Por encima de 60 grados es aconsejable utilizar hidromantas que fijen las partículas de suelo hasta que tome el relevo las plantas que nazcan y desarrollen con rapidez.





## ▶ En taludes verticales



En los taludes verticales o cercanos a la verticalidad no es factible aportar suelo en la totalidad de la superficie, por lo que no se desarrollará vegetación que cubra totalmente estos frentes finales de explotación.

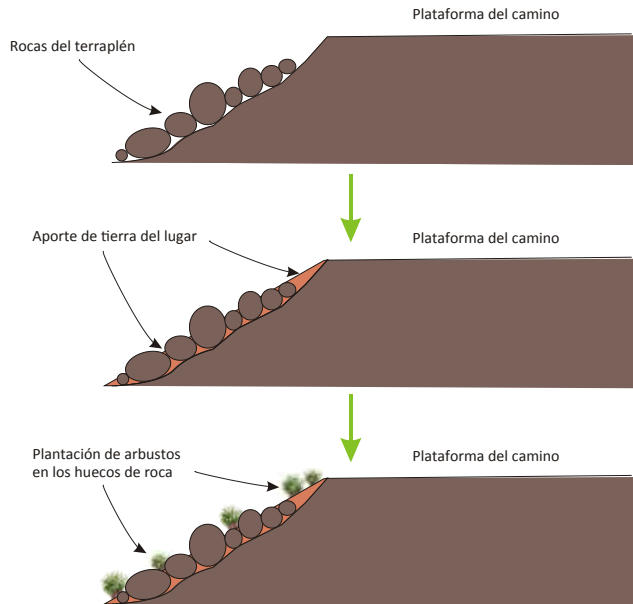
En la medida de lo posible se intentará evitar la creación de superficies lisas y la generación de irregularidades que permitan formar microcuencas en las que se irá acumulando el polvo atmosférico o bien servirá para que el cantero aporte pequeñas cantidades de suelo en las que enraícen plantas rupícolas, líquenes y musgos.

Además de esta actuación, la única técnica que permitirá la integración de taludes verticales es la mimetización cromática con el entorno, bien utilizando tintes bien con el envejecimiento de roca. Estas técnicas dan buenos resultados, y son recomendables aunque tengan un coste moderado.

En términos generales, el mantenimiento de taludes verticales no es completamente negativo desde el punto de vista ambiental, ya que puede generar hábitats rupícolas de gran interés para flora rara y cada vez más escasa, y permite generar zonas de nidificación y refugio para muchos tipos de aves y algunos murciélagos (ver capítulo 10).

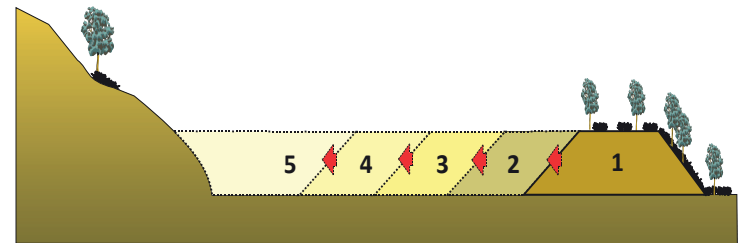
## ▶ En escombreras

Las escombreras que vayan a permanecer definitivamente en el terreno se restaurarán siguiendo los mismos criterios que para las zonas llanas y de pendiente antes expuestas, pero existe una situación bastante frecuente en este tipo de acopios que los hace singulares. Es muy común que las escombreras acumulen una proporción significativa de rocas en su superficie, producto del mismo proceso de volcado del material por la maquinaria pesada. Estas áreas con gran cantidad de piedra son un auténtico erial para la vegetación que se vaya a implantar, particularmente cuando el volumen de la roca es muy grande. En estos casos es muy importante que estos bolos de roca estén cubiertos por material fino, y tan sólo en casos excepcionales se permitirá el afloramiento de los bloques a la superficie.



De otra parte, y siempre que sea posible en la planificación de la escombrera, se realizará una estimación del volumen final de escombro y su situación espacial en el terreno.

Esta planificación permitirá generar en primer lugar la parte de la escombrera que constituirá el relieve final de la misma, de manera que este talud final puede ser restaurado en fases iniciales o medias de la vida útil de la cantera, lo que redundará en una mejor integración paisajística, y en la reducción de problemas de erosión de dichos taludes y de riesgo de rodada de bolos de roca, pues una vez generado el talud final, éstos son siempre aportados hacia el interior de la escombrera.



 **En escolleras**

Aunque no son muy frecuentes en las canteras, las escolleras de roca pueden ser difíciles de integrar por los mismos motivos que las escombreras, que es por la falta de material térreo en el que las plantas puedan desarrollarse.



Para aminorar la afección paisajística de estas construcciones debe utilizarse suelo entre los bloques de piedra conforme se va construyendo la escollera. Este aporte térreo va a ayudar a la cohesión de la escollera, pero sobre todo permite una integración paisajística notable por sí misma, que será mayor si se aporta semilla de plantas rupícolas a los rellenos, que crecerán notablemente en estos intersticios. Es de interés no rellenar todos los huecos para dejar algunos como refugio de algunas aves (en las partes altas) y de reptiles (en la base de la escollera).

 **En zonas inundadas junto a cauces**

En graveras y canteras próximas a cauces es frecuente que la explotación llegue hasta el nivel freático y aflore el agua en parte de estas explotaciones. Cuando la actividad cesa en estos espacios con agua se produce una rápida colonización espontánea por parte de la vegetación, pero es necesario actuar para facilitar y mejorar ecológicamente estas nuevas zonas lacustres.

En primer lugar es necesario acondicionar una tercera parte o la mitad del perímetro de la zona húmeda para reducir la pendiente del terreno, de forma que se incremente la superficie útil para la vegetación riparia, se facilite el acceso a la fauna y se eviten riesgos de ahogamiento para animales y personas. Los taludes de fuerte pendiente pueden mantenerse en algunos tramos del borde lagunar, pues pueden ser lugares ideales para determinadas especies de fauna. En el caso de que la magnitud del espacio inundado sea significativa, es de gran interés la creación de isleos en su interior para diversificar el paisaje e incrementar las zonas de refugio para fauna (ver capítulo 10).

Acondicionado el vaso del humedal, se puede proceder a introducir la vegetación riparia de borde con especies lo más adaptada a las condiciones de temporalidad del agua. En términos generales, en las zonas áridas del





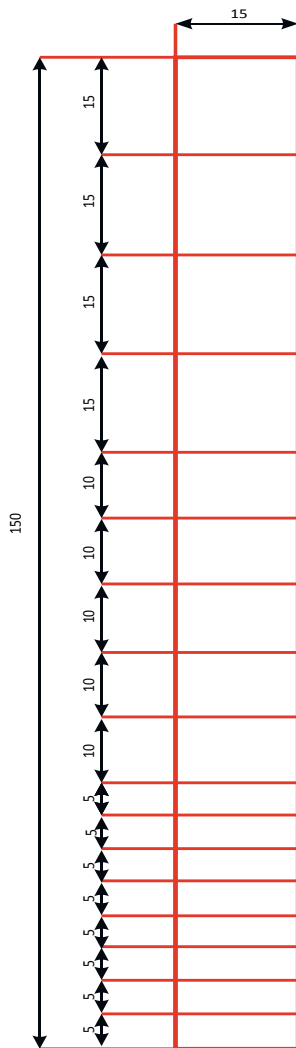
que soportan la desecación total del suelo como tarajes, juncos, carriceras, adelfas, etc., mientras que otras como los sauces o alisos necesitan agua permanentemente. Para el interior de las lagunas debe estudiarse en detalle qué especies anfibias existen en áreas húmedas de sus proximidades, que podrán trasladarse a estos ámbitos para conseguir una colonización del interior lagunar.

La introducción de especies exóticas de flora y fauna debe ser evitada a toda costa, pues puede tener efectos no deseados y generar problemas ecológicos graves.

### PROTECCIÓN DE LA PARCELAS DE RESTAURACIÓN

Realizadas las labores de revegetación, es fundamental para el éxito de la misma que las plantas sean protegidas de la ganadería y de las especies de mamíferos silvestres que existan en la zona. Para prevenir estos efectos pueden utilizarse tubos de protección cuando se realizan plantaciones, que además ayudarán a reducir la acción del aire y la evapotranspiración.

Pero la solución óptima para todo tipo de técnicas de revegetación es el uso de mallas cinéticas, que además cumplirán el objetivo de aislar de personas y ganado la zona de explotación minera. Se trata de una malla galvanizada y anudada, en la que los alambres se han entrecruzado de forma que los espacios o huecos que generan se incrementan progresivamente desde la parte inferior hacia la superior.



Esta distribución de malla evita la entrada mamíferos pequeños por su base y de animales de mayor tamaño por la porción superior, garantizando así que no puedan penetrar a las zonas de plantación y, por tanto, la viabilidad de la restauración planteada. Pasados unos años (entre 5 y 10) será posible retirar el vallado, cuando la restauración vegetal sea ya una realidad.





# 10



**Modelos para la  
mejora de la fauna**

## MODELOS PARA LA MEJORA DE LA FAUNA

La restauración y rehabilitación de las canteras tras su cierre permiten recuperar parte de los hábitats y especies asociadas que desaparecieron durante las primeras fases de la explotación, o incluso generar nuevos hábitats para determinadas especies de fauna que no existían en la zona y ahora estarían a su alcance para colonizarlos (taludes verticales, zonas húmedas, etc.).

Aunque son escasas las iniciativas y proyectos mineros que han intentado integrar la fauna en los proyectos de explotación, existen experiencias en otros países que corroboran la utilidad de tomar medidas que faciliten el desarrollo del componente zoológico, y que podrían agruparse en: medidas preventivas, medidas de mejora del hábitat y generación de áreas de refugio y cría.



## MEDIDAS PREVENTIVAS

Entre las principales medidas que se deben mantener en cualquier explotación minera se encuentran la no afectación a corredores ecológicos, el uso de iluminación baja en frecuencias de ultravioleta, y la no introducción de especies exóticas de flora y fauna.

Es relativamente frecuente que algunos cauces, acequias o determinados bosques que actúan como corredores ecológicos para la fauna sean afectados por explotaciones mineras. Esta afectación debe ser evitada a toda costa, y, en caso de que sea inevitable, reacondicionar lo antes posible el paso para la fauna, retirando relieves o barreras que actúan como trampas para algunas especies de fauna como anfibios, reptiles o insectos.



En el caso de explotaciones con actividad nocturna o crepuscular, es muy importante que la iluminación sea con bombillas con bajos niveles de emisión de rayos ultravioleta, ya que estos actúan como atrayentes de una gran cantidad de especies de insectos, que mueren inútilmente en las luminarias de la explotación.

Para evitar esta afectación se deben utilizar bombillas de tonos anaranjados y, sobre todo, las de tipo led, que además de bajo consumo no emiten con ultravioletas, por lo que serán pocos a los insectos que pueda atraer. Otra recomendación es utilizar varios puntos de iluminación que suman sus intensidades e igualan a una única fuente pero con gran intensidad, ya que esta última atraerá insectos desde una mayor distancia al foco de emisión.



## MEJORA DE LAS CONDICIONES DEL HÁBITAT PARA LA FAUNA

La principal mejora para la fauna del lugar es la restauración vegetal del hábitat original. Aunque pueda parecer extraño, la colonización faunística de los terrenos de las canteras no se produce porque no hay hábitat que la sustente, y salvo algunas especies de aves y mamíferos bastante esquivas a la presencia humana, la fauna puede estar presente en las primeras etapas de la explotación si se inician las labores de restauración desde las fases tempranas.



La diversificación de las especies de flora utilizada en la restauración vegetal supone una mejora significativa en el paisaje, pero también es un soporte para una mayor cantidad de especies de fauna que van a vivir en

este hábitat incipiente, e incrementarán la estabilidad del sistema. Por esta razón, interesa que la restauración no sea homogénea, y que se utilicen especies vegetales clave por su gran generación de biomasa, lo que se traducirá en un mejor desarrollo para toda la cadena de especies de fauna que sobrevivirán sobre ellas.

Otras actuaciones temporales, pero que pueden ayudar específicamente a la fauna, son las siembras sobre escombreras u otros espacios alterados en las que se siembran cereales y otras plantas cultivadas que crecen y desarrollan en el mismo año, y son una fuente de alimento de primer orden para muchas aves y mamíferos, como así lo atestiguan muchas parcelas de pequeño tamaño en cotos de caza para incrementar la probabilidad de supervivencia de los ejemplares que han nacido ese año.

## GENERACIÓN DE ÁREAS DE REFUGIO Y CRÍA

### Creación de lagunas temporales

La creación de lagunas artificiales en las plazas de explotación de canteras y graveras que recojan el agua de lluvia puede originar espacios lacustres de gran valor ecológico. Estas láminas de agua sirven de refugio para muchas especies acuáticas, a pesar de que puedan ser temporales, pues a veces basta con algunos meses con agua para permitir el desarrollo de algunas especies de anfibios e invertebrados.

En vez de generar una gran laguna única, es preferible construir varias lagunas pequeñas (hasta de 5 m<sup>2</sup>) con distintas condiciones ecológicas de pendiente, sustratos, etc., porque se incrementan notablemente las posibilidades para distintos tipos de fauna.

Conocido el espacio y la distribución espacial, será necesario generar los huecos del vaso lagunar en el que se depositarán las aguas de lluvia. En un diseño tipo conviene que existan, al menos, dos profundidades, una más somera para permitir el frezado de puestas de anfibios y el crecimiento de las larva, y otra más profunda para mantenimiento temporal de los adultos y otras especies de fauna que necesitan más tiempo en su desarrollo como algunas libélulas, escarabajos, etc.

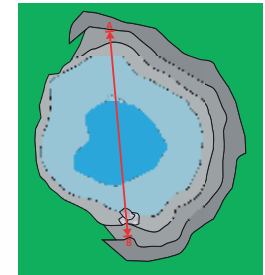
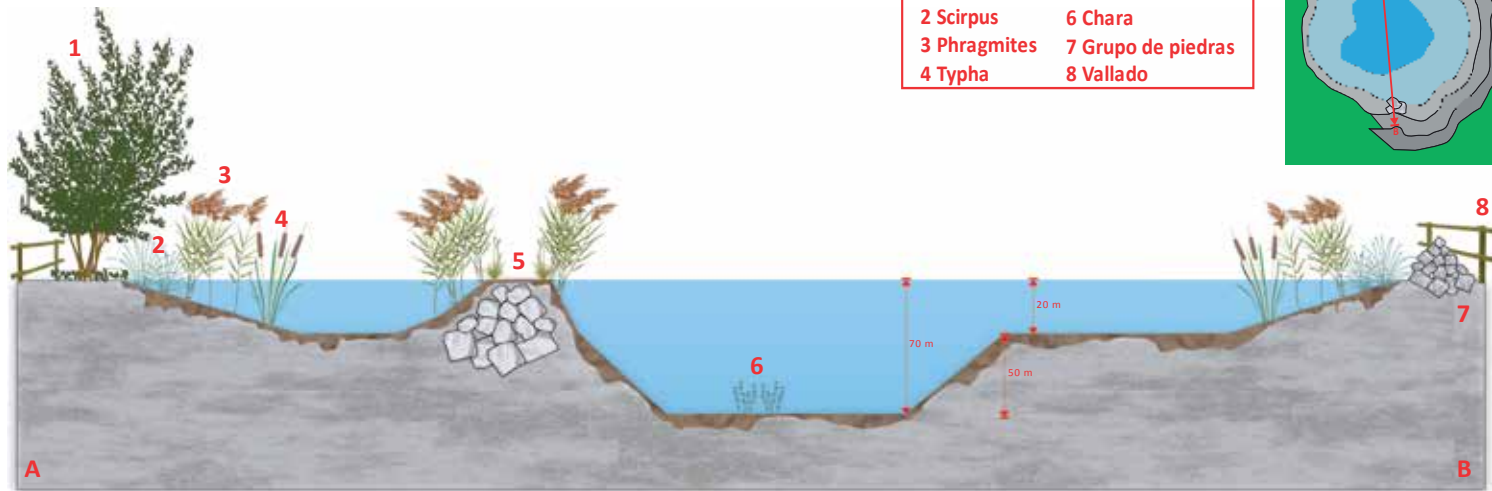
Conseguida la forma final, es necesario impermeabilizar el vaso con una capa de 5 a 10 cm de arcillas que se compactarán manualmente desde el centro hacia el exterior. En función del presupuesto, por encima se superpondrá una lámina impermeable de plástico o, mejor aún, de caucho sintético (EPDM vulcanizado) por su baja toxicidad, para lo cual deben



retirarse antes todas las piedras o elementos punzantes que sobresalgan de las arcillas y puedan dañar las láminas.

En la medida que la superficie de la laguna lo permita, puede ser de interés realizar pequeños isleos en el interior del vaso para permitir la nidificación de aves acuáticas. También es de interés construir en el borde lagunar algunos montones de piedras o también majanos con la ayuda de varios troncos de maderas, de forma que actúen como refugio de anfibios y reptiles cuando la laguna se seque.

Finalmente, se introducirá vegetación lacustre en sus diversas comunidades de borde, anfibia y sumergidas, y es fundamental un vallado perimetral de protección para evitar molestias. Para acelerar el proceso de colonización animal se puede hacer un estudio de zonas lacustres próximas e introducir algunos ejemplares de las especies de fauna autóctona que se consideren más adecuadas.





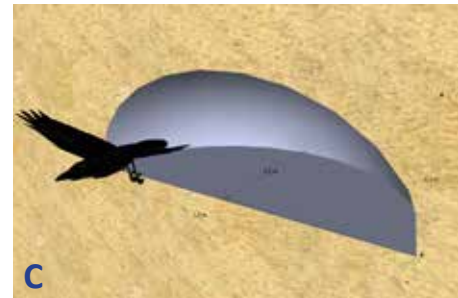
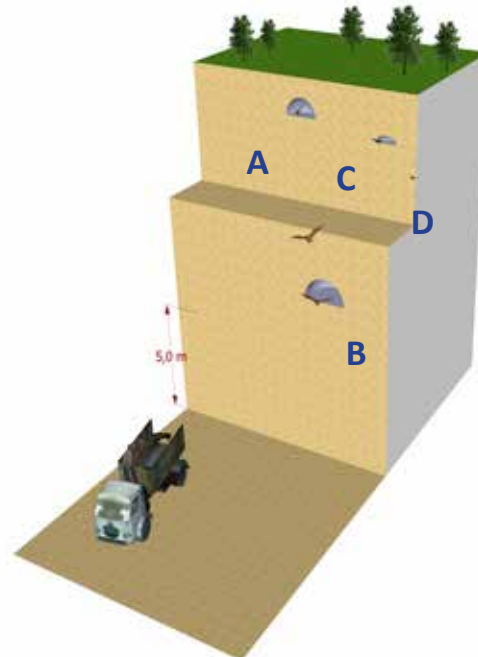
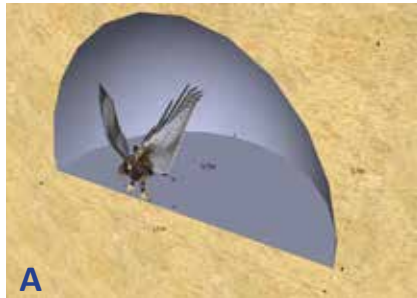
## Nidos para aves

Los frentes de cantera verticales que queden definitivamente tras el abandono de la explotación son lugares ideales para construir o instalar distintos tipos de nidos para aves rupícolas, aunque también son utilizados los huecos de algunas escolleras.

Para la ubicación de los nidos es conveniente buscar los tramos de pared más verticales para evitar el acceso a posibles depredadores y también para obtener una mejor protección frente a la lluvia. También es conveniente seleccionar los tramos de pared que estén orientados al norte o al este, ya que el calor es menos sofocante en estas orientaciones solares, y, en la medida de lo posible, que no sean alterados por vehículos o personas que discurran por caminos cercanos.

Seleccionada la pared, se pueden construir fácilmente huecos con la ayuda de maquinaria con martillo picador hidráulico, generando distintos tipos en función de las necesidades de volumen de las especies que se van a instalar.

En el caso de grandes rapaces como águila real, águila perdicera o búho real, es necesario crear nidos situados a más de 5 m de altura, pues más bajos podrían ser abandonados ante la presencia eventual del hombre. Para rapaces de pequeño tamaño como halcones se buscarán zonas relativamente altas de la pared, mientras que para especies de mediano tamaño como grujillas, carracas o ratonero moro, se pueden instalar a distintas alturas siempre que no estén muy bajas. En el caso de pequeñas aves como collalba negra, roquero solitario, gorrión chillón, etc., se pueden instalar los nidos a prácticamente cualquier altura por encima de 2 m.





## CRÉDITOS

### **Ilustraciones y gráficos:**

NUBIA Consultores excepto ilustraciones del capítulo 6 modificadas de S. Manglano, 1994.

### **Fotografías:**

Portada: Frank Vincen; FUNDACIÓN CENTRO TECNOLÓGICO ANDALUZ DE LA PIEDRA (CTAP); Miguel Angel Domene Ruiz (Estación Experimental Cajamar); NUBIA Consultores.

Contraportada: FUNDACIÓN CENTRO TECNOLÓGICO ANDALUZ DE LA PIEDRA (CTAP), Juan Lorite Moreno, NUBIA Consultores.

Capítulos: Agrícola Lalueza: 57; BONTERRA: 94b, 100d, 101; CEMEX: 100c; Comercial Projar: 98b, 98c; FUNDACIÓN CENTRO TECNOLÓGICO ANDALUZ DE LA PIEDRA (CTAP): 3, 4, 7, 12b, 13, 18, 19, 20, 26, 27, 28, 29, 59a, 94c, 108, 110; Fundación Cajamar: 59b, 95a; Gestprotec: 106c; IDS (Ingeniería y Desarrollo Sostenible): 12a; Juan Lorite Moreno: 55, 56, 92a, 92b, 92d, 92e, 93b, 93c, 93d, 93e, 94a, 96a; L'Observatoire Régional de l'Environnement et du Développement Durable: 34c, 36a, 63a; NUBIA Consultores: 8, 9a, 9c, 9d, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 21, 24, 30, 31, 32, 33, 34a, 34b, 35, 36b, 36c, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 49, 51, 52, 53, 54, 58, 61, 62, 63b, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 75, 77, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91, 92c, 93a, 95b, 98a, 99, 100a, 100b, 102, 103, 104, 105, 106a, 106b, 107; PAISAJES DEL SUR: 96b, 101; Sanvitero: 9b; Semillas Silvestres: 68.






PROGRAMA  
**Cooperación Transfronteriza**  
España-Fronteras Exteriores

Unión Europea  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional



**ecomemi**  
ECONOMÍA LOCAL Y TERRITORIO

Invertimos en su futuro

