

# RESTAURACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN ENTORNOS CALIZOS

( R E B E C A )



## ÍNDICE

<b>GLOSARIO</b>	3
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	5
<b>2 OBJETIVOS Y ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL MANUAL</b>	6
<b>3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TIPOS DE CANTERAS</b>	7
3.1 Métodos de explotación de las canteras.	9
3.2 Sistema de explotación: procesos que tienen lugar en las canteras.	10
3.3 Integración paisajística tras la restauración.	14
3.4 Distribución geográfica de las canteras.	17
<b>4 NORMATIVA ESPECÍFICA ASOCIADA A LA EXPLOTACIÓN MINERA</b>	19
<b>5 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS ESPECIES</b>	20
5.1 El halcón peregrino en las canteras, una oportunidad de adaptación.	26
<b>6 DESCRIPCIÓN, ESTATUS Y BIOLOGÍA DE LAS ESPECIES POTENCIALES</b>	31
6.1 Aves rupícolas.	32
6.1.1 Rapaces rupícolas.	33
6.1.2 Paseriformes.	34
6.1.3 Vencejos.	36
6.1.4 Otras especies.	37
6.2 Murciélagos.	38
6.2.1 Estatus de conservación.	38
6.3 Herpetofauna.	40
6.3.1 Anfibios.	40
6.3.2 Reptiles.	44
6.4 Plantas vasculares.	45
<b>7 ACTUACIONES PARA LA ADECUACIÓN DEL HÁBITAT</b>	51
7.1 Revegetación.	51
7.1.1 Estudio preliminar.	53
7.1.2 Adaptación de la geomorfología.	55

7.1.3 Adecuación del sustrato.	57
7.1.4 Siembras.	60
7.1.5 Plantaciones.	64
7.1.6 Prevención y erradicación de especies exóticas invasoras.	67
7.2 Aves rupícolas.	68
7.2.1 Disminución de las molestias antropogénicas.	69
7.2.2 Mantenimiento de las paredes aptas para la reproducción.	70
7.2.3 Aumento de la disponibilidad de superficies para la nidificación.	72
7.2.4 Actuaciones en los taludes.	75
7.3 Murciélagos.	76
7.3.1 Mejora del hábitat de alimentación.	77
7.3.2 Reducción de molestias antropogénicas en refugios.	78
7.3.3 Creación de nuevos refugios.	81
7.4 Anfibios.	84
7.4.1 Creación de charcas para anfibios.	85
7.4.2 Adaptación de balsas de decantación.	97
7.4.3 Traslocación vs colonización espontánea.	98
7.5 Seguimiento de las actuaciones.	100
<b>8 COMPATIBILIZACIÓN DEL ESPACIO CON EL USO PÚBLICO</b>	101
<b>9 EJEMPLOS DE ADECUACION DE UNA CANTERA TIPO</b>	104
<b>10 TASACIÓN ECONÓMICA DE LAS DISTINTAS ACCIONES</b>	120
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	123

## GLOSARIO

**ALCORQUE:** Agujero que se practica alrededor del tronco de un árbol, para almacenar el agua de riego o de la lluvia, e incluso el abono u otro fertilizante.

**BIOCENOSIS:** Conjunto de seres vivos de un ecosistema.

**CEPELLÓN:** Conjunto de las raíces y la tierra, por el cual la planta queda enraizada. Mediante este sistema se conserva perfectamente y, además, permite un buen transplantado.

**CLUSTER:** Término inglés que significa literalmente “racimo” o “grupo”.

**ECOSISTEMA:** Sistemas complejos formados por elementos físicos (el biotopo) y biológicos (la biocenosis o comunidad de organismos).

**ESPECIE ALÓCTONA O EXÓTICA:** Aquella que ha sido introducida y, por tanto, se encuentra fuera de su lugar natural.

**ESPECIE AUTÓCTONA:** Aquella que es originaria de un determinado lugar.

**ESPECIE ENDÉMICA:** Aquella que sólo existe de forma natural en un determinado lugar, ya sea país o región.

**ESPECIE OPORTUNISTA O PIONERA:** Primera especie resistente que inicia la colonización de un sitio como la primera etapa de una sucesión ecológica.

**ESPECIE UBIQUISTA:** Aquella que puede vivir en ambientes muy distintos.

**EUTROFIZACIÓN:** Proceso de degradación ambiental producido sobre todo por la influencia humana, consistente en el aumento de la concentración de nutrientes en el agua, que provoca el crecimiento de plantas y otros organismos.

**FORMACIONES KÁRSTICAS:** Forma de relieve que tiene su origen en la disolución de la caliza por el agua de lluvia, debido a su carácter ligeramente ácido.

**GRAMÍNEAS:** Familia de plantas herbáceas muy comunes e importantes para el hombre y los animales por su utilidad (cereales, pastizales, pastos), además de ser fuente de polen alergénico.

**HÁBITAT:** Ambiente en el que se encuentra una especie.

**LEGUMINOSAS:** Familia de plantas, fácilmente reconocibles por su fruto tipo legumbre.

**LIMOS:** Depósito con un tamaño de grano medio entre el de las arenas y las arcillas.

**MACRÓFITOS:** Plantas acuáticas visibles a simple vista.

**MICROHÁBITAT:** Área restringida donde las condiciones medioambientales difieren de las del área circundante y

posee una flora y fauna distinta. Por ejemplo, un rincón protegido en una pared de una cueva es un microhábitat dentro de la misma.

**OBISPILLO:** Parte de la anatomía de las aves inmediatamente superior a la cola. La coloración del plumaje de esta zona es una característica muy útil en la que fijarse para diferenciar entre especies, o entre sexos de una misma especie.

**PLANTA DIOICA:** Las flores masculinas y femeninas se presentan en individuos diferentes.

**POLIQUETOS:** Gusanos acuáticos, que se encuentran en fondos arenosos o escondidos entre los recovecos de la roca viva.

**SEO/BirdLife:** Sociedad Española de Ornitología.

**SOTOBOSQUE:** Vegetación arbustiva propia del bosque y que alcanza menor altura que su arbolado.

**SUCESIÓN ECOLÓGICA O SUCESIÓN NATURAL O SUCESIÓN VEGETAL:** Evolución que de manera natural se produce en un ecosistema por su propia dinámica interna, que implica la sustitución a lo largo del tiempo de unas especies por otras y culmina en un estado maduro.

**TASA DE CRECIMIENTO:** Incremento en tamaño por unidad de tiempo.

**UICN:** Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

## 1. INTRODUCCIÓN

La gestión sostenible de los recursos mineros es una de las demandas ambientales crecientes por parte de la sociedad actual. En este sentido, la realización del presente Manual sobre "Restauración de la biodiversidad en entornos calizos" **desarrollado por la Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente (CEMA) con la colaboración de la Fundación Migres y la ayuda de la Fundación Biodiversidad**, supone una interesante oportunidad de aunar esfuerzos y criterios entre el sector extractivo y el conservacionista, apostando por una actividad extractiva más sostenible.

Existen numerosos manuales especializados en la restauración de espacios naturales afectados por actividades extractivas como las escombreras y graveras. Sin embargo, la información especializada en rehabilitación y potenciación ambiental de canteras es muy escasa y aparece de manera dispersa. Este vacío de información pretende ser cubierto mediante la elaboración del presente Manual de "Restauración de la biodiversidad en entornos calizos", que se plantea como una **herramienta eficaz y útil para los proyectos de restauración de la biodiversidad que se lleven a cabo en las canteras del sector cementero tras su explotación**.

Idealmente, la restauración de una cantera tras su fase de explotación pretende devolver el entorno a su es-

tado natural original. Es importante señalar que en el caso de las canteras del sector cementero, en numerosas ocasiones el estado previo del emplazamiento se encuentra bastante degradado debido a distintas actividades, como la agricultura y ganadería histórica, la implantación de masas forestales de monocultivos y la presencia de numerosas infraestructuras, que impiden el desarrollo de la biodiversidad. De manera que la aplicación de una serie de directrices y acciones multidisciplinarias como las que se describen en el presente Manual suponen una oportunidad para recuperar la biodiversidad perdida en estos emplazamientos debido a las actividades antrópicas existentes anteriores a la explotación minera.

En determinadas ocasiones, las canteras, especialmente una vez finalizada su fase de explotación, **ofrecen un hábitat de reproducción y refugio adicional que se han convertido en importantes enclaves para algunas especies animales**. En las regiones donde la disponibilidad de roquedos naturales es escasa o se encuentran saturados por la presencia de competidores, las canteras pueden adquirir un papel determinante en la distribución local y la expansión de algunas especies. Asimismo, en aquellos entornos donde el medio natural se encuentra altamente degradado, los hábitats generados en canteras pueden jugar un papel importante en el incremento de la biodiversidad local, hasta el

punto de que en países como Bélgica, algunas canteras abandonadas han sido incluidas dentro de la Red Natura 2000.

Además, la materialización de proyectos basados en las acciones descritas en el Manual podría dar pie al **desarrollo de programas de educación ambiental**, para propiciar la participación de todos los actores sociales en la promoción del desarrollo sostenible en las actividades extractivas.

En definitiva, se trata de compatibilizar un uso industrial continuado con la creación de espacios similares a los originales y de interés para la fauna. Estas actuaciones ponen de manifiesto que la **explotación racional de los recursos no es contraria a la conservación y la potenciación de un medio natural**, en el que pueda mantenerse una calidad paisajística y un entorno de gran interés, desde el punto de vista ambiental.

## 2. OBJETIVOS Y ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL MANUAL

El objetivo de este Manual consiste en proporcionar directrices y acciones de carácter eminentemente práctico que permitan **optimizar el diseño de los planes de recuperación de canteras en entornos calizos** desde una perspectiva integradora que fo-

mente el aumento de la biodiversidad en el espacio afectado.

Se pretende, además, ir más allá de las actuaciones de restauración que legalmente son exigidas, proponiendo actuaciones novedosas que maximicen la funcionalidad de estos entornos una vez finalizada su fase de explotación.

El ámbito de aplicación del presente Manual tiene una triple vertiente.

### Ámbito de aplicación geográfico:

- Las acciones y medidas presentadas están diseñadas para su aplicación en la restauración y potenciación ambiental de canteras en entornos calizos. No obstante, la mayor parte de éstas son igualmente válidas para su aplicación en otros tipos de sustratos y actividades extractivas.
- El presente Manual da cobertura a las canteras ubicadas en la Península Ibérica e Islas Baleares. Quedan excluidas las Islas Canarias por encontrarse en una zona biogeográfica diferente que alberga un gran número de endemismos zoológicos y botánicos que requieren un tratamiento específico. No obstante, la mayor parte de las acciones descritas podrán servir como referencia para proyectos ubicados en cualquier parte del mundo.

### Ámbito de aplicación técnico:

- Las medidas y directrices descritas serán de aplicación para el diseño y redacción de los Planes de Restauración de espacios naturales afectados por actividades extractivas requeridos por la legislación vigente (Real Decreto 975/2009).
- Las acciones propuestas podrán ser aplicadas, principalmente, una vez finalizada la fase de explotación de las canteras. No obstante, serán también compatibles, en gran medida, con la fase de explotación.
- Las acciones propuestas serán igualmente válidas para la rehabilitación de las canteras abandonadas.

### Ámbito de aplicación ecológico:

- El presente Manual está especialmente concebida para la potenciación de las aves rupícolas, murciélagos, anfibios y plantas vasculares. No obstante, su correcta aplicación beneficiará directa e indirectamente a todos los organismos integrantes del ecosistema.

Los principales destinatarios de este Manual son:

- Promotores relacionados con la actividad extractiva en el sector cementero.

- Técnicos y gestores medioambientales del sector privado y público.
- Agentes implicados en el proceso de restauración ambiental de canteras del sector cementero.
- Grupos de investigación sobre restauración de la biodiversidad en canteras.
- Actores sociales que participan en programas de educación ambiental en entornos calizos restaurados.

## 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TIPOS DE CANTERAS

El proceso de fabricación del cemento comienza con la obtención de las materias primas (caliza, arcillas, margas, pizarras, arenas, yesos, puzolanas, etc. . .) necesarias para conseguir la composición deseada de óxidos para la producción de un producto intermedio, denominado clínker.

Todas estas materias primas se obtienen en explotaciones mineras, mayoritariamente a cielo abierto, denominadas canteras, siendo el carbonato cálcico el principal componente utilizado, que se obtiene de la roca caliza.

En la actualidad, **la extracción de materias primas en el sector cementero se realiza de manera sostenible**, obteniendo productos de calidad a la vez que se respeta el medio ambiente y la seguridad y salud de los trabajadores. Para ello, se aplican tecnologías que optimizan y controlan todos los procesos.

Las canteras con destino a la fabricación de cemento presentan unas particularidades que las diferencian de otros tipos de actividades extractivas con destino a otras aplicaciones. Éstas son:

- **Utilidad Pública**

Los recursos en las Concesiones Mineras con destino a la fabricación de cemento están catalogados como recursos de la Sección C, de utilidad pública, según la Ley de Minas.

- **Ausencia de residuos mineros**

*Las canteras con destino a la fabricación de cemento, cuentan con la ventaja de ser yacimientos en donde es posible un aprovechamiento prácticamente integral de los recursos mineros, ya que a lo largo de la línea del proceso de producción intervienen distintas materias primas, todas ellas aptas y necesarias en distintas proporciones para fabricar clinker y/o cemento.*

La ausencia de residuos mineros en este tipo de explotaciones es factible gracias a campañas de investigación de gran envergadura, lo que permite tener un conocimiento detallado de la geología del subsuelo, y por tanto, planificar una explotación

ordenada, consiguiendo así el aprovechamiento integral de los recursos existentes, evitando de esta manera la generación de estériles y el consecuente impacto ambiental producido por estos.

Ésta es una diferencia fundamental respecto a las explotaciones mineras que realizan otros sectores industriales, como es el caso de los arideros y/o canteras de rocas ornamentales, en donde prima la cualidad física de la roca, por lo que el aprovechamiento productivo se localiza en los frentes mineros que presentan alta pureza, homogeneidad y regularidad, generándose, en el trascurso de la



**Foto 1. Canteras en ladera, donde se observa la ausencia de estériles.**

explotación, escombreras o vacíos formados con este excedente de estéril no apto para la comercialización.

En las siguientes imágenes se muestran ejemplos de canteras del sector del cemento, en donde se puede observar la ausencia de estériles mineros y/o escombreras.

### 3.1. Métodos de explotación de las canteras

A continuación se describen los métodos para la extracción de estas materias primas y los procesos que tienen lugar en las canteras para su explotación.

Dependiendo de la fisiográfica del paisaje y de la geología del depósito, el desarrollo de las explotaciones mineras puede ser de dos tipos:

- **Explotaciones troncocónicas o en ladera.** Se explotan en zonas de relieve importante, como macizos rocosos, extrayendo el mineral mediante bancos descendentes cuya altura se adapta a las condiciones litológicas de cada depósito, siendo la máxima altura permitida para bancos mineros de 20 metros.

*La explotación troncocónica es la más habitual en las canteras del sector cementero que se encuentran en el arco mediterráneo y Andalucía. Mientras que en la zona centro encontramos explotaciones en terrenos horizontales.*



Foto 2. Canteras en ladera.



Foto 3. Canteras en terrenos horizontales.

- **Explotaciones en terrenos horizontales.** La explotación se realiza igualmente en bancos mineros. El desarrollo de estos bancos dependerá de la potencia del recurso en explotación. Al tratarse de explotaciones a nivel de suelo, los desniveles de cotas no suelen ser muy importantes, existiendo casos en los que la explotación se desarrolla en un único frente minero.

En estos casos se desarrolla el sistema de minería por transferencia, en donde las labores de restauración se realizan de manera simultánea con el avance del frente, manteniendo una superficie mínima en actividad.

### 3.2. Sistema de explotación: procesos que tienen lugar en las canteras

Cada cantera es un caso único y no es conveniente generalizar. Sin embargo, los parámetros geométricos principales que configuran el diseño de las excavaciones corresponden a los siguientes términos, como se observa en la Figura 1:

- **Banco:** Espacio entre dos niveles y que es objeto de excavación hasta un punto establecido.
- **Altura de banco:** Es la distancia vertical entre dos niveles o, lo que es lo mismo, desde el pie del banco hasta la parte más alta o cabeza del mismo.

- **Talud de banco:** Es el ángulo delimitado entre la horizontal y la línea de máxima pendiente de la cara del banco.
- **Talud de trabajo:** Es el ángulo determinado por los pies de los bancos entre los cuales se encuentra alguno de los tajos o plataformas de trabajo. Es, en consecuencia, una pendiente provisional de la excavación.
- **Límites finales de la explotación:** Son aquellas situaciones espaciales hasta las que se realizan las excavaciones. El límite vertical determina el fondo final de la explotación y los límites laterales los taludes finales de la misma.
- **Talud final de explotación:** Es el ángulo del talud estable delimitado por la horizontal y la línea que une el pie del banco inferior y la cabeza del superior.
- **Bermas:** Son aquellas plataformas horizontales existentes en los límites de la excavación sobre los taludes finales, que ayudan a mejorar la estabilidad de un talud y las condiciones de seguridad frente a deslizamientos o caídas de piedras.
- **Pistas:** Son las estructuras viarias dentro de una explotación a través de las cuales se extraen los materiales, o se efectúan los movimientos de equipos y servicios entre diferentes puntos de la misma. Se caracterizan por su anchura, su pendiente y su perfil.

La explotación de una cantera implica el movimiento de grandes volúmenes de material y el empleo de maquinaria pesada. Las operaciones más importantes de la explotación de una cantera son las siguientes:

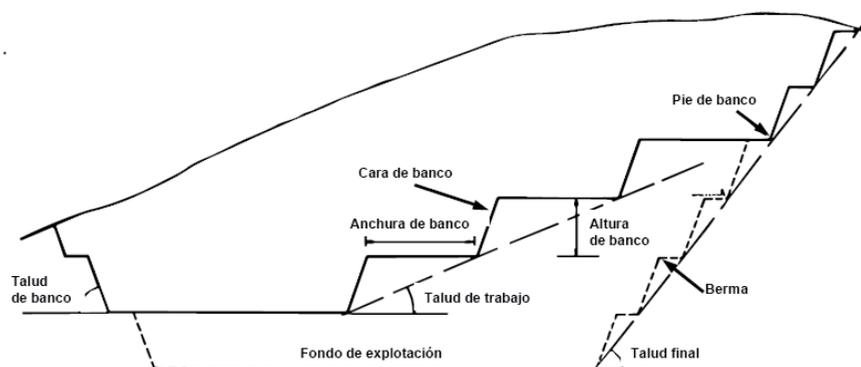


Figura 1. Elementos de las canteras.



Foto 4. Perforadora.

- **Preparación del terreno**

Antes de comenzar con la extracción propiamente dicha, es necesario retirar la vegetación y el material superficial o suelo que cubre el área de explotación, hasta dejar al descubierto la roca que se pretende extraer. En esta operación se aplican una serie de medidas para que la pérdida de estos elementos sea mínima.



Foto 5. Transporte de materia prima.

Cuando es técnicamente posible, los árboles y arbustos de mayor interés se transplantan a zonas en restauración o a terreno natural, para evitar su pérdida. Las capas fértiles del suelo se retiran con tractores de orugas o mototrallas y se almacenan en un lugar adecuado, ya que tienen un gran valor para la restauración posterior de la cantera.

- **Arranque**

Una vez descubierto el yacimiento se procede a realizar el arranque de la roca. Esta extracción de materiales normalmente se efectúa mediante perforación y voladura con explosivos, adoptando grandes medidas de seguridad, para fragmentar de forma controlada la roca y obtener la materia prima de forma que pueda ser trasladada hasta la planta de tratamiento para su procesamiento.

También es frecuente la extracción mecánica, realizada mediante excavadoras hidráulicas, operación que se conoce como ripado.

- **Almacenamiento, carga y transporte**

Una vez volado el material, éste se transporta hasta las zonas de almacenamiento temporal situadas en las inmediaciones de la zona de explotación.

Desde las zonas de almacenamiento, el material se transporta a la planta de tratamiento situada normalmente en la propia cantera o en la fábrica de cemento.

Para minimizar el impacto asociado al transporte de materiales, una buena medida es la utilización de cintas transportadoras.

- **Tratamiento del material**

Al material se le da un tratamiento mecánico que incluye básicamente la trituración, para obtener



Foto 6. Cinta transportadora de materias primas.

tamaños menores, y el cribado. De esta manera, se va fragmentando la roca hasta conseguir unos tamaños adecuados para su posterior utilización en el proceso de fabricación del cemento.



Figura 2. Diagrama de flujo del proceso realizado en las canteras.

La restauración o recuperación de los terrenos explotados, que se analiza en el siguiente capítulo del Manual, sería la última fase del proceso productivo, que tiene por objetivo reacondicionar los terrenos de acuerdo a unas directrices de calidad ambiental, con el fin de devolver el área a su entorno.

### 3.3. Integración paisajística tras la restauración

Algunas de las alteraciones más importantes que se producen a consecuencia de la explotación de una cantera, son las producidas por las modificaciones fisiográficas. De manera que **es fundamental un correcto diseño del método de explotación para su futura integración en el paisaje.**

El impacto visual de las áreas de excavación dependerá de la naturaleza de la explotación, las características paisajísticas del entorno, el tamaño del hueco, etc.

*Es muy importante el tipo de explotación que se lleve a cabo, de manera que explotaciones de grandes dimensiones con un buen diseño pueden tener un menor impacto visual que una de pequeño tamaño.*

Para conseguir una mejor integración de los huecos de excavación en el paisaje es necesario partir de un buen diseño minero. Para ello, la explotación debe iniciarse en la parte superior e ir desarrollando una explotación en bancos descendentes para el caso de las canteras ubicadas en áreas con resaltes morfológicos. De esta



Foto 7. Cantera en explotación.



**Foto 8. Revegetación de un talud.**

manera se conforma desde el inicio de la actividad una cornisa perimetral que paliará el impacto visual a lo largo de la vida de esta explotación (en este caso se puede iniciar la restauración con antelación y desde los bancos superiores hasta los de menor cota).

También hay que tener en cuenta la orientación del frente, de manera que cuando sea posible, se puede orientar el frente de forma paralela a la dirección donde se localizan los puntos principales de observación,

haciendo que no sea tan visible desde ellos. Aunque en cualquier caso la orientación del frente estará condicionada por la estratigrafía del terreno, ya que por cuestiones de seguridad es preferible que el avance de los frentes sea perpendicular a la dirección de las capas de las rocas sedimentarias, para evitar derrumbamientos.

Para integrar en el entorno la morfología resultante tras la extracción del mineral, que consiste en taludes de

pendiente elevada, se tiende a rellenar con tierra y/o estériles de la explotación. Cuando los rechazos minerales no son suficientes para cubrir las necesidades de la restauración, normalmente se utilizan materiales externos de origen desconocido, que con frecuencia contienen semillas de especies que no son autóctonas, lo que dificultará la posterior colonización por especies autóctonas desde áreas próximas, lo que habrá que te-

nerse en cuenta. En caso de no realizarse el relleno, es necesario modelar los taludes finales para integrarlos en la morfología del entorno y facilitar la implantación de la vegetación.

Aunque lo normal en las canteras actuales es que los bancos tengan una altura de 20 metros como máximo, puntualmente existen algunas canteras explotadas antes de los años 80 que tienen unos frentes superiores a 50 metros, debido a que en las explotaciones antiguas había una primacía de los costes de explotación frente a otros criterios técnicos-medioambientales.

Con el paso del tiempo se ha visto que en algunas de estas antiguas canteras, en las que no se ha realizado ningún tipo de restauración, la vegetación del área ha favorecido la revegetación, al actuar como fuente de dispersión de semillas, ayudando así a fijar físicamente el sustrato en los taludes. **La rugosidad de las paredes, con plataformas y cavidades también puede tener un papel relevante en el proceso de instalación y asentamiento de la vegetación y en la colonización de las mismas por aves.**

En ocasiones, para obtener resultados visibles a corto plazo se opta por aplicar medidas rápidas de revegetación que reducen el impacto visual, pero que pueden condicionar la evolución de estas áreas, al tender hacia un ecosistema diferente al deseado. Por tanto, **a la hora**



**Foto 9.** Cantera caliza abandonada en la cornisa cantábrica. Esta cantera se ubica en un entorno de gran valor medioambiental y de gran interés para las aves rupícolas. J. Elorriaga.

de plantear la restauración de una cantera deberían prevalecer más los criterios ecológicos frente a otros estrictamente paisajísticos.

La finalidad de una restauración ecológica es generar unas condiciones que permitan la recuperación de la zona afectada, de manera que vuelva a ser útil para un determinado uso, sin perjudicar el medio ambiente. En la elección del uso final de una explotación hay que tener en cuenta numerosos factores (tipo de explotación, entorno medioambiental y socioeconómico, costes...), pero por encima de todo debe ajustarse a las necesidades de la zona y ser compatible con los usos existentes.

Se pueden llevar a cabo diversas actuaciones de restauración, incluso pueden combinarse entre sí distintas alternativas siempre que sean compatibles. Así, se pueden considerar los siguientes usos finales: forestal, hábitat natural, actividades recreativas, urbanismo, industrial... Es importante establecer desde el inicio de la explotación el uso final previsto para los terrenos, para integrarlo en el proyecto de explotación.

En la mayoría de los casos el uso del terreno previo a la actividad de cantera (agricultura y ganadería, masas forestales de monocultivos...) ha provocado la degradación y contaminación del suelo, fragmentación de los hábitats y pérdida de vida silvestre. De manera que **al restaurar una cantera se consigue no sólo la rehabili-**

**tación de los terrenos afectados por el laboreo, sino que incluso se mejoran las condiciones que presentaba el territorio antes de su uso industrial.**

### 3.4. Distribución geográfica de las canteras

Las acciones y medidas que se presentan en este Manual están diseñadas para su aplicación en canteras, tanto abandonadas como en activo, que se encuentran localizadas a lo largo del dominio calizo ibérico, que se extiende a lo largo de la vertiente oriental de la Península Ibérica. El mismo adopta la forma de una gran Z invertida que abarca desde las estribaciones montañosas de los Pirineos, la Cordillera Cantábrica y los Montes Vascos; pasando por las estribaciones orientales del Sistema Ibérico hasta alcanzar las Cordilleras Béticas. También son aplicables para las canteras existentes en zonas de dominio litológico calizo en las Islas Baleares.



Foto 10. Cantera de yeso.

No obstante, la mayor parte de estas medidas son igualmente válidas para su aplicación en otros tipos de sustratos.

Las canteras se localizan normalmente en las proximidades de las fábricas, para proveerlas de materias primas, como se ha comentado al inicio del capítulo 3. En el si-

guiente mapa se muestra la distribución geográfica de las fábricas integrales de cemento existentes en nuestro país, en el momento de realizar el presente Manual.

En general existen, como mínimo, cuatro canteras asociadas a cada fábrica: las canteras principales de caliza y de arcilla, y las secundarias de yeso y puzolana.



Figura 3. Distribución de las fábricas de cemento.

#### 4. NORMATIVA ESPECÍFICA ASOCIADA A LA EXPLOTACIÓN MINERA

La restauración de terrenos afectados, en el caso de la minería, está controlada y regulada por una legislación que obliga a:

La explotación de minerales está regulada por la Ley de Minas y otras leyes que la complementan. En la Tabla 1 se indica la normativa a nivel estatal.

- Disponer de un **proyecto de restauración** de los terrenos aprobado por la autoridad competente.

**Tabla 1. Normativa específica asociada a explotaciones mineras.**

Disposiciones generales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.</li> <li>• Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.</li> <li>• Ley 6/1977, de 4 de enero, de fomento de la minería.</li> <li>• Ley 54/1980, de 5 de noviembre, de modificación de la ley de Minas, con especial atención a los recursos minerales energéticos.</li> <li>• Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas sobre Seguridad Minera.</li> <li>• Orden de 16 de octubre de 1991, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria 07.1.04 del Capítulo VII del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.</li> <li>• Real Decreto 249/2010, de 5 de marzo, por el que se adaptan determinadas disposiciones en materia de energía y minas.</li> </ul>
Disposiciones medioambientales particulares de la minería	<p>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.</p>
Disposiciones en materia de protección y evaluación de impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.</li> <li>• Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.</li> <li>• Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental.</li> </ul>

- Depositar un **aval** que garantice la ejecución del proyecto. En caso de incumplimiento del proyecto de restauración, la autoridad competente puede ejecutar dicho aval, para garantizar los trabajos de restauración previstos, en el momento que se considere oportuno.

El objetivo de la restauración es devolver a los terrenos alterados la posibilidad de tener el mismo uso que tenían antes de la explotación minera, u otro compatible con la situación del momento. Para ello es necesario:

- Corregir los impactos ocasionados por la explotación minera.
- Hacer posible el aprovechamiento de los terrenos.
- Integrar los terrenos en el paisaje circundante.

Siempre que sea posible, **la restauración debe estar integrada en el proyecto de explotación como un elemento más del mismo**. De esta manera, se consiguen beneficios ambientales y económicos muy importantes, como la minimización de los efectos desfavorables, mayor capacidad de adaptación de la restauración al medio y menor coste de los trabajos de restauración.

## 5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LAS ESPECIES

La restauración y rehabilitación de las canteras tras su clausura ofrecerá la oportunidad de recuperar parte de los hábitats y sus especies asociadas que desaparecieron durante la fase de explotación. Asimismo, este proceso posibilitará la creación de nuevos hábitats funcionales que maximicen el potencial del entorno para albergar una mayor diversidad de especies de flora y fauna.

Para que esto sea posible, resultará imprescindible un profundo conocimiento de los requerimientos ecológicos de las especies objetivo, que se dividen en tres grupos principales:

- Especies que se gestionarán de forma directa durante el proceso de rehabilitación (mediante plantaciones, translocaciones, etc.).
- Especies cuyo asentamiento y proliferación se pretenda lograr de manera indirecta, mediante la adecuación del entorno a sus requerimientos ecológicos (creación de charcas para anfibios, habilitación de repisas en la pared de la cantera, etc.).
- Especies que ocuparán el entorno rehabilitado mediante una estrategia mixta: serán expresamente

reintroducidas pero aparecerán también de manera espontánea, eventualmente favorecidas por el fenómeno de atracción social.

Los tres grupos **deberán comprender exclusivamente especies autóctonas** de la región biogeográfica en la que se ubica la cantera, **con la única excepción de determinadas especies vegetales pioneras a emplear en la fase inicial del proceso de revegetación** (ver Pág. 61).

Durante la fase inicial de la rehabilitación resultará conveniente una gestión centrada en especies ubiquistas, ya que éstas poseen una mayor capacidad de adaptación a los hábitats de nueva creación. Posteriormente, y de forma gradual, las medidas de gestión podrán centrarse en especies con mayor grado de especialización. Finalmente, el proceso de rehabilitación podrá comprender también el manejo de especies endémicas y/o amenazadas. Este último procedimiento incrementará el interés medioambiental del proyecto, si bien, debido a la escasez de experiencias previas en las que basar las actuaciones, deberá plantearse como un proyecto de investigación piloto destinado a testar y optimizar las técnicas de rehabilitación ambiental.

**Las acciones y directrices propuestas en este Manual están específicamente concebidas para la adecua-**

**ción y creación de hábitats de cara al fomento de la diversidad de anfibios, murciélagos, aves y plantas vasculares.** Estos grupos han sido escogidos en función de los siguientes criterios:

- **Adaptabilidad a ambientes antrópicos:** Hace referencia al grado de adaptabilidad de los distintos grupos biológicos a ambientes creados o modificados por el hombre. Las especies con mayor grado de adaptabilidad serán las que cuenten con mayores posibilidades de prosperar en las canteras restauradas.
- **Presencia en canteras calizas:** Hace referencia a la frecuencia con la que los distintos grupos faunísticos aparecen en el entorno de las canteras calizas de forma previa al desarrollo de los proyectos de recuperación y que, por lo tanto, son más susceptibles de asentarse una vez desarrollada la restauración.
- **Posibilidades de manejo:** Hace referencia a las posibilidades de manejo y gestión activa de los distintos grupos biológicos. Este factor estará determinado por la cantidad de experiencias previas y conocimiento acumulado en el establecimiento de comunidades viables y autosostenibles de cada grupo (proyectos de reforzamiento poblacional, reintroducción, translocaciones, etc.).

- **Interés en sensibilización ambiental:** Hace referencia al grado de interés intrínseco de los distintos grupos biológicos para el desarrollo de programas de educación ambiental, así como para el disfrute personal de las personas que visitan el entorno de las canteras. Las especies más singulares, emblemáticas, fáciles de detectar y reconocer serán las que suscitarán un mayor grado de interés.
- **Grado de intervención requerido:** Hace referencia al conjunto global y magnitud de las acciones que será necesario emprender para que el entorno de la cantera ofrezca las condiciones ecológicas requeridas por los distintos grupos faunísticos. Así, algunas especies podrán aparecer de manera espontánea, sin intervención, tras el cese de la actividad extractiva mientras que otras requerirán la creación y/o restauración completa de nuevos hábitats.

La siguiente matriz (Tabla 2) muestra el valor numérico de cada uno de los criterios anteriores para los distintos grupos biológicos:

- 1: Nulo o bajo.
- 2: Intermedio.
- 3: Alto.

Para el criterio “Grado de intervención requerido” el valor 1 indica un alto grado de intervención, 2 un grado intermedio y 3 un grado bajo.

Los grupos biológicos con una puntuación total igual o superior a 9 han sido seleccionados como los más estratégicos de cara al proceso de recuperación de las canteras. De este modo, las acciones de restauración y creación de hábitats descritos en este Manual estarán especialmente orientadas a satisfacer los requerimientos ecológicos de estos cuatro grupos:

- **Aves rupícolas:** En las regiones donde la disponibilidad de roquedos naturales es escasa o se encuentran saturados por la presencia de competidores, las canteras, tras su correcta adecuación ambiental, ofrecen a las aves rupícolas un hábitat de nidificación adicional similar al encontrado en los entornos naturales (ver Capítulo 6.1).
- **Murciélagos:** Estos animales utilizan distintos tipos de refugios según la especie, sexo, edad o época del año, pero en algún momento de su vida utilizan cavidades, ya sean naturales o artificiales, para refugiarse. Algunas tienen preferencia por cavidades más o menos amplias, mientras que otras, menos exigentes, encuentran protección en pequeñas fisuras y oquedades de las rocas.

Tabla 2. Matriz de valoración de grupos biológicos.

Grupo	Adaptabilidad a ambientes antrópicos	Presencia en canteras calizas	Posibilidades de manejo	Interés en sensibilización ambiental	Grado de intervención requerido	PUNTAJÓN TOTAL
<b>Aves</b>						
Aves acuáticas	1	1	2	2	1	7
Aves forestales	2	1	1	2	1	7
Aves rupícolas	2	2	2	3	2	11
Otras aves	2	1	2	2	1	8
<b>Mamíferos</b>						
Murciélagos	3	2	1	2	2	10
Carnívoros	1	2	2	2	1	8
Ungulados	1	1	3	2	1	8
Roedores	2	2	1	1	1	7
<b>Anfibios y reptiles</b>	2	1	3	2	2	10
<b>Peces</b>	1	1	2	2	1	7
<b>Invertebrados</b>	1	1	1	1	1	5
<b>Plantas</b>						
Plantas vasculares	1	1	2	3	2	9
Plantas no vasculares	2	1	1	2	1	7

NOTA: Se han sombreado los grupos biológicos con una puntuación  $\geq 9$ , considerados como los más estratégicos en la restauración de una cantera.

Se han considerado 24 especies de murciélagos. (descritas en el Capítulo 6.2)

- **Anfibios y reptiles:** La explotación de las canteras propicia habitualmente la aparición de medios acuáticos (charcas permanentes o cunetas para la recogida de las aguas de escorrentía), que convenientemente adecuados pueden convertirse en hábitats propicios para albergar una gran variedad de anfibios y reptiles, cuya distribución y localización se ve limitada por la disponibilidad de agua.

Se han seleccionado 16 especies de reptiles y 19 anfibios (descritas en el Capítulo 6.3).

- **Plantas vasculares:** Con la restauración de la cubierta vegetal en zonas donde las formaciones vegetales se encuentran degradadas, además de enriquecer la diversidad vegetal se consigue crear nuevos hábitats para la fauna. La selección de las especies vegetales ha de ser coherente con el territorio y los usos previstos, tanto desde el punto de vista ecológico como paisajístico.

Los datos procedentes del estudio del medio ambiente de la zona de la explotación, así como de las áreas próximas, son una buena pista para determinar el tipo de especies vegetales que se pueden desarrollar sin problemas.

En el listado de potenciales especies se han considerado 48 plantas vasculares (descritas en el Capítulo 6.4).

Las aves rupícolas adquieren la mayor puntuación en la matriz de la Tabla 2, tratándose por lo tanto de uno de los grupos más estratégicos en el proceso de restauración. En la siguiente matriz (Tabla 3) se valoran las principales especies eminentemente rupícolas que pueden aparecer en las canteras calizas de España en base a los criterios anteriormente expuestos (en el Capítulo 6.1 se encuentra su descripción).

Como se puede observar, la especie con mayor puntuación es el **halcón peregrino**, seguido por el resto



Foto 11. Halcón peregrino. I. Zuberogoitia.

Tabla 3. Matriz de valoración de aves rupícolas.

Especie	Adaptabilidad a ambientes antrópicos	Presencia en canteras	Posibilidades de manejo	Interés en sensibilización ambiental	Grado de intervención requerido	PUNTAJACIÓN TOTAL
Águila Real <i>Aquila chrysaetos</i>	1	1	1	3	1	7
Alimoche <i>Neophron percnopterus</i>	1	1	1	3	1	7
Cernícalo primilla <i>Falco naumanni</i>	3	2	3	3	2	13
Cernícalo vulgar <i>Falco tinnunculus</i>	3	3	2	2	3	13
Halcón peregrino <i>Falco peregrinus</i>	3	3	3	3	3	15
Lechuza común <i>Tyto alba</i>	3	3	2	2	3	13
Búho real <i>Bubo bubo</i>	2	3	3	2	3	13
Mochuelo <i>Athene noctua</i>	3	2	2	2	3	12
Cárbalo <i>Strix aluco</i>	3	3	1	2	3	12
Avión roquero <i>Ptyonoprogne rupestris</i>	2	2	1	1	2	8
Avión común <i>Delichon urbica</i>	3	2	1	2	2	10
Colirrojo tizón <i>Phoenicurus ochruros</i>	3	2	1	1	2	9
Collalba negra <i>Oenanthe leucura</i>	1	1	1	1	2	6
Collalba gris <i>Oenanthe oenanthe</i>	2	1	1	1	2	7
Roquero rojo <i>Monticola saxatilis</i>	1	1	1	1	2	6
Roquero solitario <i>Monticola solitarius</i>	2	2	1	1	2	8
Treparriscos <i>Tichodroma muraria</i>	1	1	1	1	2	6
Chochín <i>Troglodytes troglodytes</i>	3	1	1	1	2	8
Chova piquirroja <i>Phyrrocorax phyrrocorax</i>	3	2	1	1	3	10
Grajilla <i>Corvus monedula</i>	3	1	1	1	3	9
Cuervo <i>Corvus corax</i>	3	3	1	1	3	11
Gorrión chillón <i>Petronia petronia</i>	2	1	1	1	2	7
Vencejo común <i>Apus apus</i>	3	2	2	1	2	10
Vencejo pálido <i>Apus pallidus</i>	3	2	2	1	2	10
Vencejo real <i>Tachymarptis melba</i>	2	1	1	1	2	7
Paloma bravia <i>Columba livia</i>	3	2	1	1	3	10

NOTA: Se han sombreado los grupos biológicos con una puntuación  $\geq 9$ , considerados como los más estratégicos en la restauración de una cantera.

de rapaces rupícolas nocturnas y diurnas y el cuervo, las cuales comparten en gran medida similares requerimientos ecológicos. Por este motivo, este Manual profundiza específicamente en los aspectos relacionados con la biología, importancia de las canteras y medidas para la adecuación del hábitat para esta especie.

Debe considerarse, no obstante, que el éxito en el establecimiento de hábitats en los que las especies componentes de estos cuatro grupos prosperen, **favorecerá indirectamente la aparición del resto de grupos faunísticos y vegetales.**

### 5.1. El halcón peregrino en las canteras, una oportunidad de adaptación

El halcón peregrino (*Falco peregrinus*) es una de las rapaces más emblemáticas y reconocibles de la fauna mundial. Se sitúa en la cúspide de la cadena trófica por lo que, desde una perspectiva ecológica, se le considera una “especie paraguas”. De este modo, su conservación efectiva en las canteras derivará, directa e indirectamente, en la conservación de muchas otras especies que comparten el mismo entorno. La adecuación de las canteras para la nidificación de esta especie supone una oportunidad viable y de gran interés medioambiental, motivo por el cual el halcón peregrino **ha sido elegido como imagen del presente Manual.**

Para su reproducción ocupa principalmente entornos rupícolas de origen natural, pero resulta cada vez más frecuente encontrarlo en infraestructuras y ambientes antropogénicos como las canteras.

En España existen parejas reproductoras en las canteras de la mayor parte de las comunidades autónomas, considerándose un emplazamiento de reproducción habitual. De hecho, su progresiva adaptación a la nidificación en este medio ha permitido que su población se expanda en regiones donde la presencia de paredes de origen natural es escasa o inexistente. En la provincia de Vizcaya, por ejemplo, el 23% de las 52 parejas existentes nidifica en canteras. La importancia de las canteras para la



Foto 12. Cantera abandonada del norte de España en la que se reproduce el halcón peregrino. J. Elorriaga.

expansión de los halcones también ha sido destacada en otros países como Irlanda.

Los halcones seleccionan preferentemente las canteras en las que la actividad extractiva ha cesado. No obstante, una parte significativa de las parejas se reproduce en canteras en activo, mostrando una gran tolerancia a la presencia humana y a las molestias derivadas de la explotación. El grado de ocupación de las canteras, y por lo tanto, el potencial de expansión de la especie, puede aumentar sustancialmente mediante la aplicación de una serie de medidas específicamente concebidas tal y como se expone en el capítulo 7 del presente Manual.

*La reproducción del halcón peregrino en canteras es un paradigma de adaptación de una especie protegida a un entorno altamente humanizado, siendo éste un factor de gran importancia en el devenir de numerosas especies.*

#### Identificación

El halcón peregrino es una rapaz de tamaño medio y silueta estilizada con alas alargadas y puntiagudas. En España se reproduce la subespecie *brookei*, típica del mediterráneo. Los adultos poseen la zona dorsal de color gris azulado homogéneo mientras que la zona ventral



**Foto 13. Hembra adulta de halcón peregrino.**  
J. Elorriaga.

y pectoral muestra un moteado negro de extensión variable que contrasta con un fondo claro de tonos blancos y ocres. La cabeza es negruzca a modo de casco, las mejillas son claras y destacan unas marcadas bigoteras oscuras en ambos lados de la cara. Los ejemplares jóvenes muestran tonos más marrones y un aspecto general más oscuro, sin las tonalidades grises propias de los adultos. Al igual que el resto de las rapaces son las hembras un 15-20% más grandes y un 40-60% más pesadas que los machos.

#### Distribución

Se trata de una especie de distribución mundial y cosmopolita. En la España peninsular está presente en todas las provincias, resultando más abundante en la cornisa cantábrica, Pirineos, alta cuenca del Ebro, Sistema Ibérico y sierras béticas y penibéticas. Resulta más

común en la mitad Este de la Península, ligado a los sustratos calizos con abundancia de roquedos. Las poblaciones más escasas las encontramos en el suroeste, posiblemente debido a la escasez de lugares de nidificación combinada con una mayor densidad de potenciales competidores como el búho real (*Bubo bubo*) y el águila-azor perdicera (*Aquila fasciata*).

#### Desplazamientos y migraciones

En España los halcones peregrinos son mayoritariamente sedentarios permaneciendo la mayor parte del año ligados a sus zonas de reproducción. No obstante, los ejemplares juveniles pueden realizar largos desplazamientos dispersivos y los adultos pueden desplazarse durante el invierno a zonas con mayor disponibilidad de alimento. Asimismo, la Península Ibérica constituye un importante cuartel de invernada para halcones peregrinos procedentes del centro y norte de Europa.

#### Hábitat de nidificación

El halcón peregrino es una especie cosmopolita que muestra un extraordinario grado de adaptabilidad para la reproducción en sustratos de distinta naturaleza. El emplazamiento más habitual lo constituyen los cortados rocosos de mediano y gran tamaño, alcanzando las máximas densidades en los acantilados marinos y zonas montañosas. No obstante, cuando la disponibilidad de estos medios es reducida, los nidos pueden ubicarse en emplazamientos alternativos como taludes de

#### **Ficha Halcón peregrino**

Nombre científico: *Falco peregrinus*

Nombre en catalán: Falcó pelegrí

Nombre en Gallego: Falcón peregrino

Nombre en euskera: Belatz handia

- Envergadura: 94-116 cm.
- Peso: 450-970 gr.
- Alimentación: Principalmente ornitófago
- Tipo de migración: Migrador parcial en Europa y sedentario en España

carreteras, pequeños escarpes, edificios, torretas eléctricas y, ocasionalmente, en árboles (ocupando nidos contruidos por otras especies) o en el propio suelo.

Además, como se ha mencionado anteriormente, **las canteras son otro de los entornos de reproducción habitual para la especie.** Asimismo, los halcones muestran un alto grado de aceptación de las cajas nido específicamente diseñadas. Las condiciones meteorológicas y la presencia de competidores son otros de los parámetros determinantes en la selección del hábitat de nidificación. Así, los halcones tienden a escoger preferentemente ubicaciones que ofrezcan resguardo frente a las inclemencias del tiempo (vientos dominantes, precipitaciones, humedad relativa, insolación, etc.) y entornos libres de competidores o potenciales depredadores como el búho real, el águila real (*Aquila chrysaetos*) o el águila-azor perdicera. Los nidos se

emplazan mayoritariamente en el interior de cuevas y otras cavidades y, en menor medida, en repisas incluso de pequeño tamaño.

**Las parejas reproductoras muestran un alto grado de fidelidad por sus territorios, reocupando las mismas paredes año tras año a lo largo de su vida. Asimismo, los territorios de cría suelen mantenerse en el tiempo mediante la sustitución progresiva de los adultos.** Generalmente, un mismo territorio cuenta con varios nidos, los cuales pueden ser ocupados de manera alternativa en distintos años. Habitualmente, el cambio de nido dentro de un mismo territorio coincide con la sustitución de uno de los ejemplares adultos reproductores. Los halcones peregrinos no construyen un nido propiamente dicho, sino que, por el contrario, ponen sus huevos directamente sobre la roca limitándose a excavar un pequeño cuenco de grava. Con relativa frecuencia ocupan nidos construidos con ramas por otras aves rupícolas como los cuervos (*Corvus corax*) y alimoches (*Neophron percnopterus*).

#### Ciclo reproductor

El ciclo reproductor comienza hacia finales del invierno. En esta época, el macho y la hembra integrantes de la pareja reproductora permanecen cada vez más tiempo juntos dedicados al cortejo en las inmediaciones del nido. El cortejo consiste en vuelos de exhibición, llamadas reiteradas y entrega de presas del macho a la

hembra. Este comportamiento se intensifica progresivamente dando paso al periodo de cópulas.

La puesta se produce entre finales de febrero y principios de abril, tendiendo a retrasarse a medida que aumenta la latitud. El tamaño medio de la puesta es de tres a cuatro huevos, pudiendo variar excepcionalmente entre uno y siete. El intervalo de puesta entre dos huevos es de aproximadamente 48 horas y la incubación no suele dar comienzo hasta la puesta del segundo o tercero.



**Foto 14. Nido de Halcón peregrino ubicado en la oquedad de la pared de una cantera caliza. Pollo anillado como parte de un proyecto de seguimiento científico de la especie. J. Elorriaga.**

La hembra dedica la mayor parte de su tiempo a la incubación, mientras el macho se encarga principalmente de la caza para el sustento de la pareja y de los pollos. La incubación se prolonga durante 28-33 días, variando en función de las condiciones atmosféricas. Los pollos permanecen entre 40 y 50 días en el nido hasta que realizan sus primeros vuelos.

Tras el abandono del nido, los pollos prolongan su periodo de dependencia parental mientras mejoran su capacidad de vuelo y caza. Cuando los pollos son capaces de valerse completamente por sí mismos entran en el denominado periodo de dispersión juvenil, en el que abandonan el territorio de sus padres y realizan desplazamientos de gran variabilidad espacio-temporal hasta asentarse y emparejarse, una vez alcanzada la madurez sexual, en el que será su futuro territorio de cría. Generalmente los halcones peregrinos se reproducen por primera vez en su tercer año de vida.

#### Estatus de conservación

Según los resultados del último censo nacional, coordinado por SEO/BirdLife en 2008, se estima que la población de halcón peregrino en España es de 2.462-2.804 parejas reproductoras. El éxito reproductor medio, entendido como el cociente entre el número de pollos que vuelan y el número de parejas que inician la incubación, se sitúa en 1,63. A escala nacional la especie parece mostrar cierta estabilidad en su dinámica

poblacional, si bien los resultados obtenidos son notablemente variables entre las distintas provincias, en varias de las cuales se encuentra en declive.

El halcón peregrino se catalogó como “Vulnerable” en el primer Libro Rojo de los Vertebrados de España. Está considerado “De Interés Especial” en el Real Decreto 439/1990 de 30 de marzo de 1990 que regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y se incluye en el Anexo de la Directiva Aves, según lo cual se trata de una especie que será objeto de medidas de conservación especiales en cuanto a su hábitat, con el fin de asegurar su supervivencia y su reproducción en su área de distribución.

Según la información obtenida por el censo nacional de 2008 anteriormente mencionado, **la subespecie *brokeii*, presente en la Península Ibérica, debería calificarse como “Vulnerable”** atendiendo al criterio C1, 2a (i) de UICN (2004), ya que presenta una población menor de 10.000 individuos maduros.

Se considera que si continúa el incremento de la ocupación de sustratos de origen artificial como las canteras y edificios, es previsible que la población actual tenga aún un significativo margen de incremento en el futuro.

#### Factores de amenaza

La persecución directa y los expolios han sido tradicionalmente señalados como una de las principales

amenazas para el halcón peregrino en España. En la actualidad, estas prácticas han disminuido considerablemente, manteniéndose como amenazas potenciales únicamente a nivel local.

El uso de biocidas agrícolas, principalmente en cultivos cerealistas, aunque también en las plantaciones forestales, regadíos y huertas, ha sido relacionado con la disminución de su éxito reproductor. El halcón peregrino se encuentra en la cúspide de la pirámide trófica, de forma que los compuestos tóxicos que aparecen en las presas se van bioacumulando en el organismo de las aves, provocando fenómenos de esterilidad, malfuncionamiento de órganos internos e, incluso, la muerte.

La expansión del búho real también parece estar relacionado con la regresión de los halcones en determinadas regiones de España, tanto por la competencia por los lugares de emplazamiento del nido como por depredación directa. Las molestias durante la época de reproducción, inducidas principalmente por la práctica de la escalada y los trabajos forestales, suponen también una amenaza local.

## 6 DESCRIPCIÓN, ESTATUS Y BIOLOGÍA DE LAS ESPECIES POTENCIALES

En el presente capítulo se describen las principales especies de aves, murciélagos, anfibios, reptiles y plantas

vasculares que hacen uso continuado o temporal de los entornos rupícolas y que, por lo tanto, son susceptibles de colonizar las canteras. Se incluyen asimismo especies no rupícolas, que pueden aparecer en alguno de los hábitats creados como parte del proceso de rehabilitación de las canteras (ver Capítulo 7).

El grado de amenaza de las especies se ha evaluado mediante las Listas Rojas, en las que se utilizan determinados criterios para incluir las distintas especies en diferentes categorías de amenaza. En las tablas respectivas de cada grupo biológico se incluye el estatus de conservación de cada especie, según los criterios establecidos por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza):

- **EXTINGUIDO:** Con certeza absoluta de su extinción.
- **EXTINTO EN ESTADO SILVESTRE:** Sólo sobrevive en cautiverio, cultivo o fuera de su distribución original.
- **EN PELIGRO CRÍTICO:** Con un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en un futuro inmediato.
- **EN PELIGRO:** No en peligro crítico, pero enfrentado a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre en un futuro cercano.
- **VULNERABLE:** Alto riesgo de extinción en estado silvestre a medio plazo.
- **CASI AMENAZADO:** Aunque no satisface los criterios de Vulnerable, está próximo a hacerlo de forma inminente o en el futuro.

- **PREOCUPACIÓN MENOR:** No cumple ninguno de los criterios de las categorías anteriores. Esta categoría incluye los taxones abundantes y de amplia distribución, que no se encuentran bajo amenaza de desaparecer en un futuro próximo, siendo por lo tanto el de menor riesgo en la lista.
- **DATOS INSUFICIENTES:** La información disponible no es adecuada para hacer una evaluación del grado de amenaza.
- **NO EVALUADO:** No evaluado en relación a los criterios objetivos proporcionados por UICN.

### 6.1 Aves rupícolas

Las aves rupícolas son las especies que ubican sus nidos en paredes rocosas, por lo que su distribución se encuentra determinada, en gran medida, por la disponibilidad y distribución de estos entornos. Algunas de estas especies pueden prosperar en hábitats modificados por el hombre, siendo las canteras uno de los más empleados. Así, mediante esta adaptación, las aves rupícolas disponen de un hábitat de nidificación adicional.

Los principales grupos de aves rupícolas que podemos encontrar en canteras son las rapaces, tanto nocturnas como diurnas, los passeriformes y los vencejos que se describen a continuación.



Foto 15. Mochuelo. © J. Sierra.

**Tabla 4. Estatus de conservación y hábitat de las potenciales especies de rapaces rupícolas diurnas presentes en canteras.**

Nombre científico	Nombre común	Estatus de conservación		Hábitat
		Nacional	Mundial	
<i>Aquila chrysaetos</i>	Aguila real	Casi amenazado	Preocupación menor	Nidifica en roquedos, cortados, y en árboles. Elige terrenos abiertos para cazar.
<i>Neophron percnopterus</i>	Alimoche común	En peligro	En peligro	Se encuentra en zonas con cortados, donde anida en cuevas.
<i>Falco naumanni</i>	Cernícalo primilla	Vulnerable	Vulnerable	Ocupa hábitats agrarios abiertos con algunas edificaciones, donde instala sus nidos. Eventualmente nidifica en paredes rocosas.
<i>Falco tinnunculus</i>	Cernícalo vulgar	No evaluada	Preocupación menor	Presente en gran variedad de ambientes, en general en paisajes abiertos con algo de arbolado, postes, edificios o paredes rocosas donde instalar su nido.
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	No evaluada	Preocupación menor	Habitualmente se encuentra en cortados rocosos, pero también en emplazamientos alternativos como taludes de carreteras, edificios, torretas eléctricas, canteras...

NOTA: Se han sombreado las especies que tienen un estado de conservación delicado.

### 6.1.1 Rapaces rupícolas

Las rapaces rupícolas utilizan las paredes rocosas con huecos y repisas para nidificar. Aunque gracias a su facilidad de desplazamiento aprovechan otros hábitats, por ejemplo para cazar.

A pesar de su parecido, las rapaces diurnas y las rapaces nocturnas son animales de grupos diferentes. Ambos grupos presentan unas excelentes cualidades para la caza, entre las que destacan una gran capacidad de vuelo, una aguda visión y pico ganchudo y garras curvas y afiladas para capturar a sus presas.



Foto 16. Cantera caliza donde han nidificado con éxito el Halcón peregrino, el Alimoche y el Cuervo. J. Elorriaga.

**Tabla 5. Estatus de conservación y hábitat de las potenciales especies de rapaces rupícolas nocturnas presentes en canteras.**

Nombre científico	Nombre común	Estatus de conservación		Hábitat
		Nacional	Mundial	
<i>Tyto alba</i>	Lechuza común	No evaluada	Preocupación menor	Presente en gran variedad de hábitats, aunque es muy característica de ambientes humanizados (ruinas, edificios rurales...).
<i>Bubo bubo</i>	Búho real	No evaluada	Preocupación menor	Generalmente necesita la existencia de paredes rocosas con huecos para instalar su nido, como los que se encuentran en canteras.
<i>Athene noctua</i>	Mochuelo	No evaluada	Preocupación menor	Muy representativa de paisajes agrarios, en los que se puede observar fácilmente por el día. Se encuentra en zonas abiertas con presencia de huecos donde anidar, ya sea en taludes, muros o árboles viejos.
<i>Strix aluco</i>	Cárabo	No evaluada	Preocupación menor	Vive en bosques con arbolado maduro, donde aprovecha los huecos de los troncos viejos para anidar. También cría en paredes rocosas cercanas a bosques.

*NOTA: Ninguna de estas especies presenta un estado de conservación delicado.*

Entre estos grupos no existe competencia, ya que las rapaces nocturnas cazan durante el crepúsculo y la noche, mientras que las diurnas están activas durante el día.

En las Tablas 4 y 5 se indican las especies más comunes de rapaces diurnas y nocturnas que podemos encontrar asociadas a las canteras, junto con algunos datos de interés.

### 6.1.2 Paseriformes

Con el nombre de pájaros, aunque a menudo empleado como sinónimo de ave, se describe el grupo de paseriformes, el más numeroso y diverso de las aves, al que pertenecen casi el 60% de las especies existentes.



Foto 17. Colirrojo tizón. © J. Sierra.

**Tabla 6. Estatus de conservación y hábitat de las potenciales especies de paseriformes presentes en canteras.**

Nombre científico	Nombre común	Estatus de conservación		Hábitat
		Nacional	Mundial	
<i>Riparia riparia</i>	Avión zapador	No evaluada	Preocupación menor	Nidifica en túneles que excava él mismo, por lo que requiere sustratos arenosos. Suele utilizar como sitio de nidificación agujeros en taludes ribereños, canteras de arena o acantilados costeros.
<i>Motacilla alba</i>	Lavandera blanca	No evaluada	Preocupación menor	Necesita agua cerca, aunque es más plástica en cuanto a sus requerimientos que la lavandera cascadeña, también nidifica en agujeros o grietas.
<i>Motacilla cinerea</i>	Lavandera cascadeña	No evaluada	Preocupación menor	Requiere la combinación de agua dulce junto con rocas, piedras o paredes verticales, vegetación para resguardarse y agujeros para criar.
<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	Avión roquero	No evaluada	Preocupación menor	El avión común prefiere construcciones humanas, mientras que el avión roquero es más común en paredes rocosas.
<i>Delichon urbica</i>	Avión común	No evaluada	Preocupación menor	
<i>Phoenicurus ochruros</i>	Colirrojo tizón	No evaluada	Preocupación menor	Especie habitual en los entornos rocosos de origen natural y antropogénico, ya que necesita huecos o grietas en paredes para nidificar.
<i>Oenanthe leucura</i>	Collalba negra	Preocupación menor	Preocupación menor	Se encuentran en hábitats muy diversos siempre que haya zonas rocosas para nidificar y zonas desprovistas de vegetación para alimentarse. Nidifica en agujeros en cortados o paredes entre rocas.
<i>Oenanthe oenanthe</i>	Collalba gris	No evaluada	Preocupación menor	
<i>Monticola saxatilis</i>	Roquero rojo	No evaluada	Preocupación menor	Requiere zonas con escasa vegetación y con presencia de rocas, bloques o cortados a elevada altitud, necesita árboles o arbustos aislados para posarse. Nidifica en grietas en paredes verticales o en pendientes rocosas.
<i>Monticola solitarius</i>	Roquero solitario	No evaluada	Preocupación menor	Aparece en zonas rocosas, nidificando en agujeros o grietas tanto en acantilados como canteras o ruinas.
<i>Tichodroma muraria</i>	Treparriscos	No evaluada	Preocupación menor	Se encuentra preferentemente en zonas calizas a elevada altitud. Nidifica en hendiduras rocosas y durante la época invernal puede encontrarse en canteras situadas en cotas bajas.

Nombre científico	Nombre común	Estatus de conservación		Hábitat
		Nacional	Mundial	
<i>Troglodytes troglodytes</i>	Chochín	No evaluada	Preocupación menor	Nidifica en grietas o agujeros en el interior de paredes, árboles, etc.
<i>Pyrhocorax pyrhocorax</i>	Chova piquirroja	Casi amenazado	Preocupación menor	Se encuentra tanto en acantilados costeros como peñascos interiores, o incluso edificaciones en ruinas, preferentemente en zonas montañosas.
<i>Corvus monedula</i>	Grajilla	No evaluada	Preocupación menor	Instala sus nidos en oquedades de cortados, huecos de árboles, construcciones humanas, etc.
<i>Corvus corax</i>	Cuervo	No evaluada	Preocupación menor	Nidifica en cantiles, cortados rocosos o acantilados. En las zonas donde los medios rupícolas escasean emplaza los nidos en árboles de gran porte y en canteras, en construcciones humanas no habitadas o en torretas eléctricas.
<i>Petronia petronia</i>	Gorrión chillón	No evaluada	Preocupación menor	Ocupa gran variedad de hábitats y cría en grietas y agujeros de cantiles rocosos, o taludes arenosos, de yesos o arcillas, también en casas, ermitas, puentes, etc.

NOTA: Se han sombreado las especies que tienen un estado de conservación delicado.

En general son de pequeño tamaño (el cuervo es el más grande), con el cuerpo esbelto, la cabeza pequeña y pico de formas variadas, adaptado al tipo de alimentación.

En la Tabla 6 se indica el hábitat de las potenciales especies de paseriformes que podemos encontrar asociadas a canteras.

### 6.1.3 Vencejos

Los vencejos son unas aves insectívoras con gran capacidad de vuelo. En España están presentes durante la época reproductora (primavera y verano) desplazándose al continente africano para invernar.

Presentan un estilo de vida aéreo, con un rápido e incansable vuelo, sin posarse jamás en el suelo o en la vegetación.

Tienen unas patas cortas y unas alas largas, que hace que les sea difícil alzar el vuelo desde tierra. Tienen unos dedos pequeños y unas afiladas uñas que les permite adherirse perfectamente a superficies verticales.

Poseen un pico pequeño que se abre en una enorme boca para atrapar con mayor facilidad los insectos al vuelo.

**Tabla 7. Estatus de conservación y hábitat de las potenciales especies de vencejos presentes en canteras.**

Nombre científico	Nombre común	Estatus de conservación		Hábitat
		Nacional	Mundial	
<i>Apus apus</i>	Vencejo común	No evaluada	Preocupación menor	Cada vez dependen más de los edificios para nidificar, usando los más viejos como las torres de iglesias, aunque también crían en acantilados.
<i>Apus pallidus</i>	Vencejo pálido	No evaluada	Preocupación menor	
<i>Tachymarptis melba</i>	Vencejo real	No evaluada	Preocupación menor	

NOTA: Ninguna de estas especies presenta un estado de conservación delicado.

**Tabla 8. Estatus de conservación y hábitat de otras especies potencialmente presentes en canteras.**

Nombre científico	Nombre común	Estatus de conservación		Hábitat
		Nacional	Mundial	
<i>Merops apiaster</i>	Abejaruco europeo	No evaluada	Preocupación menor	Cría en huecos que excava en cortes del terreno o en hoyos en la arena.
<i>Columba livia</i>	Paloma bravía	No evaluada	Preocupación menor	Se encuentra en cortados y roquedos, especialmente costeros.

NOTA: Ninguna de estas especies presenta un estado de conservación delicado.

Las especies potenciales de vencejos que podemos encontrar en una cantera se muestran en la Tabla 7.

#### 6.1.4 Otras especies

Otras aves que viven íntimamente ligadas a este medio y que, por tanto, pueden estar presentes en las canteras son el abejaruco europeo y la paloma bravía, cuyas preferencias de hábitat se indican en la Tabla 8.



Foto 18. Abejarucos. © J. Sierra.

## 6.2 Murciélagos

Los murciélagos o quirópteros son los únicos mamíferos adaptados para el vuelo. Son de hábitos crepusculares y nocturnos, ocultándose en refugios durante el día. Tienen un desarrollado sistema de ecolocalización para la caza de insectos.

Las especies presentes en España pueden dividirse entre murciélagos forestales, cavernícolas y fisurícolas, si bien, algunas de las especies tienen costumbres intermedias. En los entornos rupícolas como las can-

teras aparecen las especies pertenecientes a los dos últimos grupos:

- Especies cavernícolas: Utilizan cavidades en las que hay ausencia de luz y una temperatura y humedad prácticamente constantes todo el año.
- Especies fisurícolas: Utilizan hendiduras estrechas en paredes rocosas.

### 6.2.1 Estatus de conservación

De las 24 especies que se verían beneficiadas por la aplicación de las medidas aquí propuestas, muchas de



Foto 19. Murciélago ratonero grande. © J. Sierra.

**Tabla 9. Estatus de conservación de las potenciales especies de murciélagos presentes en canteras.**

Nombre científico	Nombre común	Estatus de conservación	
		Nacional	Mundial
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Murciélago grande de herradura	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Murciélago pequeño de herradura	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Rhinolophus euryale</i>	Murciélago mediterráneo de herradura	Vulnerable	Casi amenazada
<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Murciélago mediano de herradura	En peligro	Vulnerable
<i>Myotis bechsteinii</i>	Murciélago ratonero forestal	Vulnerable	Casi amenazada
<i>Myotis myotis</i>	Murciélago ratonero grande	Vulnerable	Preocupación menor
<i>Myotis blythii</i>	Murciélago ratonero mediano	Vulnerable	Preocupación menor
<i>Myotis nattereri</i> / <i>Myotis escalerae</i>	Murciélagos ratoneros grises	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Myotis emarginatus</i>	Murciélago ratonero pardo	Vulnerable	Preocupación menor
<i>Myotis mystacinus</i>	Murciélago ratonero bigotudo	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Myotis daubentonii</i>	Murciélago ratonero ribereño	No evaluada	Preocupación menor
<i>Myotis capaccinii</i>	Murciélago ratonero patudo	En peligro	Vulnerable
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Murciélago enano	No evaluada	Preocupación menor
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Murciélago de Cabrera	No evaluada	Preocupación menor
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Murciélago de Nathusius	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Murciélago de borde claro	No evaluada	No catalogada

Nombre científico	Nombre común	Estatus de conservación	
		Nacional	Mundial
<i>Hypsugo savii</i>	Murciélago montañoso	Casi amenazada	No catalogada
<i>Nyctalus noctula</i>	Nóctulo mediano	Vulnerable	Preocupación menor
<i>Eptesicus serotinus</i>	Murciélago hortelano	No evaluada	Preocupación menor
<i>Barbastella barbastellus</i>	Murciélago de bosque	Casi amenazada	Casi amenazada
<i>Plecotus auritus</i>	Orejudo dorado	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Plecotus austriacus</i>	Orejudo gris	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Miniopterus schreibersii</i>	Murciélago de cueva	Vulnerable	No catalogada
<i>Tadarida teniotis</i>	Murciélago rabudo	Casi amenazada	Preocupación menor

NOTA: Se han sombreado las especies que tienen un estado de conservación delicado.

ellas figuran como vulnerables o en peligro en el Libro Rojo de los Vertebrados de España, como se muestra en la Tabla 9.

### 6.3 Herpetofauna

Con el término herpetofauna se hace referencia a los anfibios y reptiles, que se describen a continuación.

Hay que indicar que la presencia de anfibios en las canteras dependerá de la creación de charcas como parte del proceso de restauración (ver capítulo 7.4.1). Los reptiles aparecerán de manera espontánea una vez realizada la restauración, resultando técnicamente inviable la aplicación de medidas específicamente orientadas.

#### 6.3.1 Anfibios

Los anfibios (del griego amphi=doble, bios=vida) fueron los primeros vertebrados en colonizar el medio terrestre, aunque siguen dependiendo del agua.

Las características de los anfibios se resumen a continuación:

- Son animales ectodérmicos, es decir, su temperatura corporal varía en función de la temperatura del medio ambiente.
- Tienen la facultad de cambiar de medio. Estos rasgos los podemos observar muy bien en las ranas, que pueden permanecer inmóviles durante horas en tierra (acechando a sus presas, por ejemplo) o corriendo y saltando con agilidad, lo que muestra la gran adaptación que tienen a la vida terrestre; aun-



Foto 20. Salamandra. S. Sánchez.

que de un salto se zambullen en el agua en busca de refugio, donde nadan con facilidad y rapidez, pudiendo permanecer sumergidas largo tiempo.

- Realizan una metamorfosis.
- No tienen escamas en la piel que les protejan de la desecación del medio. Por este motivo, la mayoría de los anfibios tienen actividad nocturna.
- En la mayoría de las especies la reproducción tiene lugar en el agua o muy cerca de ella, pero también existen especies que se aparean en tierra.

En España viven 28 especies de anfibios, de los que se han seleccionado 19 como potenciales especies que

podemos encontrar en canteras, siempre que exista alguna charca con estas características:

- Zonas soleadas.
- Aguas someras.
- Zonas de ribera.
- Plantas sumergidas.
- Herbazales.

Los anfibios se dividen en dos grupos: ranas y sapos, y tritones y salamandras, cuyas características y especies potenciales que pueden aparecer en las canteras al crearse charcas se indican en el Cuadro 1 y Tabla 10.

**Cuadro 1. Características de los anfibios.****CARACTERÍSTICAS DE LAS RANAS Y SAPOS (Anuros= anfibios sin cola)**

Características: La categoría rana se refiere generalmente a las especies que tienen piel lisa, mientras que los sapos poseen una piel rugosa.

Algunas especies son acuáticas y otras no, algunas nadadoras y otras marchadoras, de ahí que pierdan la cola tras completar la metamorfosis en el agua y tengan unas patas traseras más largas y fuertes que las delanteras.

Reproducción: En la mayoría de los anuros el apareamiento se realiza en el agua, mediante fecundación externa, de manera que cuando la hembra deposita los huevos, el macho los fecunda. De estos huevos nacen unas larvas que reciben el nombre de renacuajos, que durante la metamorfosis adquiere el aspecto que tendrá en la forma adulta.

Para la reproducción requieren medios acuáticos, como charcas, con suaves pendientes que les permita emerger al medio terrestre, así como una variedad ambiental, para que tanto las especies que dependen de la vegetación para depositar los huevos como las que no, puedan explotar las charcas y se vean beneficiados.

También hay especies, como el sapillo moteado común, que están muy asociadas a zonas calizas y yesíferas, donde usan como refugios cuevas, simas, grietas y otras cavidades similares.

**CARACTERÍSTICAS DE LOS TRITONES Y SALAMANDRAS (Urodelos= anfibios con cola visible)**

Características: Los urodelos son animales más acuáticos, de manera que tienen una cola bien desarrollada que utilizan para nadar y cuatro patas normalmente cortas, que sólo les permiten desplazarse torpemente en tierra.

En general habitan en lugares húmedos y frescos bajo las piedras o troncos y su actividad se desarrolla principalmente durante la noche.

Reproducción: En muchas especies de urodelos la reproducción conlleva un llamativo cortejo en el que los machos realizan una danza nupcial para atraer a las hembras, después de la cual se abrazan hasta que tiene lugar la cópula por medio de fecundación interna.

Los urodelos suelen adherir sus huevos a las plantas acuáticas, que tras eclosionar sufren una metamorfosis aunque mucho más discreta que en el caso de los anuros, ya que nacen con branquias externas que mantienen durante toda su vida acuática como larvas y mantienen la cola incluso en estado adulto.

Los huevos no pueden resistir la desecación. Por lo tanto, necesitan un medio acuático para reproducirse.

**Tabla 10. Estatus de conservación de las potenciales especies de anfibios presentes en canteras.**

Nombre científico	Nombre común	Estatus de conservación	
		Nacional	Mundial
<b>RANAS Y SAPOS</b>			
<i>Alytes dickhilleni</i>	Sapo partero bético	Vulnerable	Vulnerable
<i>Alytes obstetricans</i>	Sapo partero común	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Discoglossus galganoi</i>	Sapillo pintojo ibérico	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Discoglossus jeanneae</i>	Sapillo pintojo meridional	Casi amenazada	Casi amenazada
<i>Pelobates cultripes</i>	Sapo de espuelas	Casi amenazada	Casi amenazada
<i>Pelodytes ibericus</i>	Sapillo moteado ibérico	Datos insuficientes	Preocupación menor
<i>Pelodytes punctatus</i>	Sapillo moteado común	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Bufo bufo</i>	Sapo común	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Bufo calamita</i>	Sapo corredor	Preocupación menor	No catalogada
<i>Hyla arborea</i>	Ranita de San Antón	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Hyla meridionalis</i>	Ranita meridional	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Rana perezi</i>	Rana común	Preocupación menor	No catalogada
<b>TRITONES Y SALAMANDRAS</b>			
<i>Chioglossa lusitanica</i>	Salamandra rabilarga	Vulnerable	Vulnerable
<i>Pleurodeles waltl</i>	Gallipato	Casi amenazada	Casi amenazada
<i>Salamandra salamandra</i>	Salamandra	Vulnerable	Preocupación menor
<i>Triturus boscai</i>	Tritón Ibérico	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Triturus helveticus</i>	Tritón palmeado	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Triturus marmoratus</i>	Tritón jaspeado	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Triturus pygmaeus</i>	Tritón pigmeo	Vulnerable	Casi amenazada

NOTA: Se han sombreado las especies que tienen un estado de conservación delicado.

### 6.3.2 Reptiles

Los reptiles han ido evolucionando desde que aparecieron hace aproximadamente 350 millones de años. El éxito de este grupo y lo que le ha permitido sobrevivir y adaptarse a multitud de ambientes terrestres reside en el hecho de que no necesitan un medio acuático para desovar.

Las principales características de los reptiles son las siguientes:

- La mayoría de los reptiles tienen una actividad diurna, debido a que son animales ectodérmicos.

- No sufren una metamorfosis, sino que al salir del huevo los pequeños reptiles son una versión en miniatura del estado adulto.
- Tienen la piel seca recubierta de escamas, lo que les permite soportar ambientes muy secos.
- Se reproducen mediante fecundación interna y sus huevos están provistos de cáscara, lo que evita que se sequen cuando son depositados en la tierra, ya que no los incuban, sino que simplemente los entierran.

Los reptiles se dividen en cuatro grupos, cuyas características y especies potenciales que pueden aparecer en las canteras se muestran en el Cuadro 2 y Tabla 11.



Foto 21. Lagarto ocelado. © J. Sierra.

En España los reptiles se encuentran en cualquier ecosistema, basta con que haya algún muro o tronco que puedan usar como refugio.

### 6.4 Plantas vasculares

La apropiada selección de especies para la revegetación es de vital importancia para establecer exitosamente una comunidad de plantas deseada.

La selección de las especies adecuadas para la revegetación debe ser realizada en función de las características



Foto 22. Culebra bastarda. S. Sánchez.

#### Cuadro 2. Características de los reptiles.

##### CARACTERÍSTICAS DE LOS OFIDIOS O SERPIENTES

- Son reptiles de cuerpo cilíndrico y alargado, sin extremidades, de manera que se desplazan reptando con movimientos ondulatorios de su musculoso cuerpo.
- Tienen la piel cubierta de escamas que mudan periódicamente.
- La boca es muy dilatada y les permite tragar sus presas enteras.

##### CARACTERÍSTICAS DE LOS LAGARTOS Y LAGARTIJAS

- Por lo general, poseen patas largas y dedos y uñas traseros bien desarrollados para impulsarse contra el suelo. Algunos pueden ponerse en dos patas y correr más rápidamente.
- Tienen una cola larga que sirve de contrapeso en la carrera.

##### CARACTERÍSTICAS DE LOS GALÁPAGOS

- Poseen un caparazón óseo que les cubre casi todo el cuerpo, en el que pueden ocultarse casi totalmente. Las extremidades son cortas y salen lateralmente del caparazón.
- Las tortugas no tienen dientes, y utilizan sus mandíbulas afiladas para desgarrar las plantas y animales de que se alimentan.

##### CARACTERÍSTICAS DE LAS SALAMANQUESAS

- Hábitos nocturnos.
- Poseen unos ojos grandes y en la parte inferior de los dedos tienen unas almohadillas adhesivas que se adhieren al sustrato y les permite trepar por paredes y troncos de árboles.

**Tabla 11. Estatus de conservación de las potenciales especies de reptiles presentes en canteras.**

Nombre científico	Nombre común	Estatus de conservación	
		Nacional	Mundial
<b>OFIDIOS O SERPIENTES</b>			
<i>Coluber hippocrepis</i>	Culebra de herradura	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Macropodon cucullatus</i>	Culebra de Cogulla	Casi amenazada	Preocupación menor
<i>Malpolon monspessulanus</i>	Culebra bastarda	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Natrix maura</i>	Culebra viperina	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Natrix natrix</i>	Culebra de collar	Preocupación menor	Riesgo bajo/LC
<b>LAGARTOS Y LAGARTIJAS</b>			
<i>Lacerta bilineata</i>	Lagarto verde	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Lacerta schreiberi</i>	Lagarto verdinegro	Casi amenazada	Casi amenazada
<i>Lacerta lepida</i>	Lagarto ocelado	Preocupación menor	No catalogada
<i>Podarcis bocagei</i>	Lagartija de Bocaje	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Podarcis hispanica</i>	Lagartija hispánica	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Podarcis muralis</i>	Lagartija roquera	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Psammotromus algirus</i>	Lagartija colilarga	Preocupación menor	Preocupación menor
<b>GALÁPAGOS</b>			
<i>Mauremys leprosa</i>	Galápago leproso	Vulnerable	No catalogada
<i>Emys orbicularis</i>	Galápago europeo	Vulnerable	Riesgo bajo/casi amenazada
<b>SALAMANQUESAS</b>			
<i>Hemidactylus turcicus</i>	Salamanquesa rosada	Preocupación menor	Preocupación menor
<i>Tarentola mauritanica</i>	Salamanquesa común	Preocupación menor	Preocupación menor

NOTA: Se han sombreado las especies que tienen un estado de conservación delicado.

del suelo y las condiciones climáticas, ya que estos factores controlan la distribución natural de las plantas.

Así, aunque la técnica de siembra, la estación en que se realice... sean óptimos, si las especies selec-

cionadas no se adaptan a las condiciones ambientales del sitio, la revegetación será un fracaso. Por tanto, la selección de especies debe realizarse de forma específica para el lugar donde se haya planteado la revegetación.

**Tabla 12. Plantas vasculares para la revegetación de canteras calizas.**

Nombre científico	Hábitat
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Anthyllis vulneraria</i></li> <li>- <b><i>Brachypodium retusum</i></b></li> <li>- <i>Calendula suffruticosa</i></li> <li>- <i>Geranium purpureum</i></li> <li>- <i>Helianthemum apennium</i></li> <li>- <i>Heteropogon contortus</i></li> <li>- <i>Phagnalon rupestre</i></li> <li>- <i>Phagnalon saxatile</i></li> <li>- <i>Paronychia argentea</i></li> <li>- <i>Phagnalon sordidum</i></li> <li>- <b><i>Sedum acre</i></b></li> <li>- <i>Sedum album</i></li> <li>- <i>Sedum dasyphyllum</i></li> <li>- <i>Sedum sediforme</i></li> </ul>	<p><b>Especies rupícolas:</b> Se trata por lo general de plantas de poco porte, que introducen sus raíces en busca de sujeción y algo de humedad entre las pequeñas oquedades de las rocas.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Erica arborea</i></li> <li>- <i>Erica multiflora</i></li> <li>- <i>Hedera helix</i></li> <li>- <i>Juniperus oxicedrus</i></li> <li>- <i>Juniperus phoenicia</i></li> <li>- <i>Lithospermum fruticosum</i></li> <li>- <i>Lonicera implexa</i></li> <li>- <i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i></li> <li>- <i>Phillyrea angustiflora</i></li> <li>- <i>Pinus halepensis</i></li> <li>- <i>Pinus pinea</i></li> <li>- <i>Pistacea lentiscos</i></li> <li>- <b><i>Rhamnus alaternus</i></b></li> <li>- <i>Quercus coccifera</i></li> <li>- <i>Quercus ilex</i></li> <li>- <i>Rosmarinus officinalis</i></li> </ul>	<p><b>Especies propias de medios pedregosos.</b></p>

Nombre científico	Hábitat
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Asphodelus fistulosus</i></li> <li>- <i>Avena barbata</i></li> <li>- <i>Avena sterilis</i></li> <li>- <i>Brachypodium retusum</i></li> <li>- <i>Bupleurum fruticosum</i></li> <li>- <b><i>Cytisus multiflorus</i></b></li> <li>- <i>Diplotaxis erucooides</i></li> <li>- <i>Dorycnium pentaphyllum</i></li> <li>- <i>Erica multiflora</i></li> <li>- <i>Fumana ericoides</i></li> <li>- <i>Fumaria parviflora</i></li> <li>- <i>Galium lucidum</i></li> <li>- <i>Genista scorpius</i></li> <li>- <i>Geranium molle</i></li> <li>- <b><i>Lavandula latifolia</i></b></li> <li>- <i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i></li> <li>- <i>Phillyrea angustiflora</i></li> <li>- <i>Prunus spinosa</i></li> <li>- <i>Quercus coccifera</i></li> <li>- <i>Quercus faginea</i></li> <li>- <i>Rosmarinus officinalis</i></li> <li>- <i>Salvia officinalis</i> ssp. <i>lavandulifolia</i></li> <li>- <i>Smilax aspera</i></li> <li>- <b><i>Thymus vulgaris</i></b></li> </ul>	<p><b>Especies frecuentes en taludes:</b> En los taludes se suelen utilizar plantas de crecimiento rápido, para que lo colonicen rápidamente. También es necesario que tengan unas raíces bien desarrolladas que les permita sujetar el terreno.</p>

*NOTA: Las especies de mayor interés para la vegetación de canteras calizas, por su distribución cosmopolita, aparecen marcadas en negrita.*

En la Tabla 12 se incluye un listado no exhaustivo de especies vegetales herbáceas, arbustivas y arbóreas, cuyo uso se recomienda en los proyectos de revegetación de canteras calizas, agrupadas según el hábitat en el que mejor se adaptan.

En el siguiente capítulo se describen las actuaciones que han de realizarse en los proyectos de revegetación.

En las siguientes fichas se describen las especies más cosmopolitas y que, por tanto, resultan más interesantes a la hora de proyectar una revegetación en canteras calizas.

### Pampajarito *Brachypodium retusum*

Gramínea autóctona mediterránea.

Domina en prados propios de las fases más degradadas de la vegetación mediterránea. Por sus características biológicas y ecológicas, parece adecuada para su utilización en proyectos de restauración de tierras mediterráneas.

### Pampajarito *Sedum acre*

Planta herbácea de 20 cm de altura como máximo.

Vive en zonas de rocas y pedregales, en suelos pobres y secos, con preferencia por los suelos calcáreos. Se cría como mala hierba en muros, tejados, roquedades, etc. de casi toda la península, desde el nivel del mar hasta más de 2.000 metros.

Con sus brotes estériles suele formar céspedes más o menos densos, de un color verde pajizo. Posee unas hojas muy pequeñas pero muy carnosas, de figura ovoide y muy juntas unas con otras. Las flores se forman en las sumidades de las ramitas y son de un intenso color amarillo, entre dorado y alimonado.

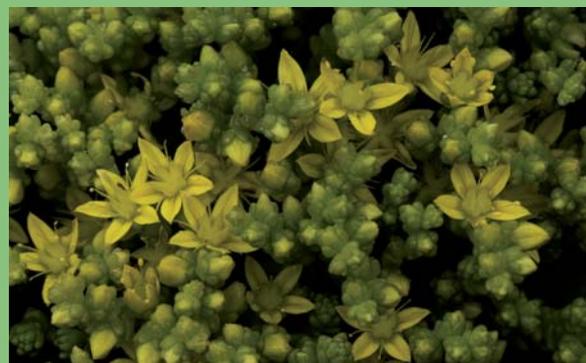


Foto 23. *Sedum acre*. © J. Sierra.

### Aladierno *Rhamnus alaternus*

Planta presente en la mayor parte de la Península y Baleares, de aspecto de arbusto o incluso mata, que alcanza los 8 metros de altura.

Se encuentra en setos, matorrales y pedregales en lugares húmedos y ligeramente sombríos. Es indiferente a la composición del suelo.

**Escoba blanca *Cytisus multiflorus***

Leñosa subarbórea autóctona y endemismo del Oeste peninsular. Se trata de una leguminosa que contribuye al enriquecimiento del suelo en nitrógeno.

Esta especie produce gran cantidad de semillas que dispersa mediante dehiscencia explosiva (hasta 4 metros) y por hormigas, lo que le permite a una sola planta sembrar una amplia área a su alrededor. También se regenera vegetativamente mediante la emisión de raíces laterales, ramas enterradas, etc. favoreciendo la colonización de nuevas áreas a la vez que desarrolla un importante entramado subterráneo que contribuye a estabilizar el suelo y frenar la erosión.

Su idoneidad para la revegetación de taludes rocosos derivados de la actividad extractiva ha sido verificada en la provincia de Salamanca. La especie demostró ser más competitiva que otras especies del mismo género pero no endémicas como *Cytisus scoparius* (extraído de Martínez y Fernández, 2001).



Foto 24. *Cytisus multiflorus*. © J. Sierra.



Foto 25. *Lavandula latifolia*.  
© J. Sierra.

**Lavanda  
*Lavandula latifolia***

Arbusto aromático de hasta 1 metro de altura. No es exigente en cuanto a las características del suelo, aunque vive mejor en los calcáreos y arcillosos. Prefiere los que están bien drenados y los emplazamientos soleados.



Foto 26. *Thymus vulgaris*.  
© J. Sierra.

**Tomillo *Thymus vulgaris***

Arbusto de 10-30 cm de altura, que crece en terrenos rocosos, secos y áridos, sobre calizas y a pleno sol. Se usa como hierba aromática en gastronomía y en la industria farmacéutica para obtener timol, que por su poder desinfectante y fungicida y su sabor agradable está presente en la formulación de diversos enjuagues bucales, pastas de dientes etc.

## 7 ACTUACIONES PARA LA ADECUACIÓN DEL HÁBITAT

### 7.1 Revegetación

*El restablecimiento de la cobertura vegetal es uno de los pilares básicos en el proceso de recuperación ambiental de una cantera.*

Una revegetación exitosa permitirá, además de incrementar la biodiversidad vegetal:

- Mejorar la integración visual en el paisaje.
- Reestructurar la composición físico-química del suelo.
- Evitar la pérdida de recursos del sistema.
- Proteger al terreno frente a la erosión.
- Aumentar la diversificación estructural del hábitat.
- Propiciar el asentamiento de fauna.
- Contribuir a la fijación del CO<sub>2</sub> atmosférico.

Ocasionalmente la restauración de la vegetación en un ambiente degradado puede producirse de manera espontánea. Muestra de ello son los numerosos ejemplos

en los que tras varios años de inactividad y abandono, en algunas canteras se desarrollan comunidades vegetales de considerable interés ecológico por su rareza local o grado de amenaza global.

No obstante, debido al alto grado de alteración o desaparición del suelo edáfico en los entornos afectados por la actividad extractiva, y especialmente en los entornos calizos, la restauración espontánea de la

#### Cuadro 3. Factores principales que dificultan la revegetación de canteras calizas

- Escasa calidad y disponibilidad de suelo fértil en las zonas directamente afectadas por la actividad extractiva.
- Orografía irregular y existencia de pendientes pronunciadas de difícil acceso e intervención.
- Dificultad técnica para obtener una geomorfología que permita la revegetación.
- Complejidad de los procesos de sucesión vegetal.
- Eventual presencia de contaminantes en el suelo.
- Elevado coste económico de las labores.
- Estocasticidad ambiental.
- Escasez de información técnica y experiencias previas para determinadas regiones bioclimáticas.

vegetación puede resultar un proceso inviable o excesivamente lento, por lo que no siempre puede considerarse como una estrategia de restauración adecuada. Además, el panorama legislativo actual prima la obtención de resultados a corto plazo. Por lo tanto, resulta imprescindible el empleo de técnicas que aceleren y optimicen el proceso de revegetación.

Actualmente, la revegetación asistida es la disciplina más desarrollada de la restauración ambiental. No obstante, las dificultades asociadas a su aplicación en canteras hacen que, habitualmente, los proyectos de revegetación no alcancen los objetivos inicialmente planteados y requieran de la previa adecuación geomorfológica del entorno.

Por otra parte, en ocasiones, estos proyectos son abordados con planteamientos comparables a los de la rehabilitación urbanística post-industrial y haciendo uso de técnicas propias de la jardinería ornamental, en las que no se contemplan verdaderos criterios medioambientales. Resulta habitual, por ejemplo, la introducción de especies alóctonas o la creación de pantallas vegetales que disminuyen el impacto visual sin dar origen a hábitats funcionales. Estas acciones podrán considerarse aceptables cuando el objetivo de la rehabilitación de la cantera no sea la potenciación ambiental sino su aprovechamiento como zona agropecuaria, industrial, recreativa, etc. Sin embargo, deberán evitarse cuando la rehabilitación se base en criterios medioambientales. En este caso, **el éxito de**



**Foto 27.** Detalle de la cara de banco de una cantera caliza. Las zonas irregulares con grietas y repisas han sido parcialmente recolonizadas por la vegetación. La cueva ha sido ocupada por el Halcón peregrino, el Alimoche y el Cuervo para la reproducción. J. Elorriaga.



**Foto 28. Revegetación sin aplicación de tierra vegetal.**

la revegetación radicará en el establecimiento de una comunidad vegetal variada, compuesta por especies autóctonas, que permita la integración de la antigua cantera en su entorno natural y que sirva de base para el establecimiento de hábitats funcionales favoreciendo el asentamiento de fauna silvestre.

La profunda modificación geomorfológica del entorno originado por la explotación de las canteras imposibilitará la recuperación completa de la estructura vegetal original. Por lo tanto, el objetivo de las directrices para la revegetación aquí descritas será tanto el de recuperar, en la medida de lo posible, un entorno similar al original así como habilitar nuevos hábitats de interés ecológico mediante la naturalización de los nuevos elementos del paisaje resultantes de la fase de extracción.

Resulta imposible establecer un procedimiento técnico estandarizado y aplicable a la totalidad de las canteras de España. El proceso de revegetación será distinto para cada cantera, variando en función de las distintas combinaciones de clima, pendiente, sustrato, especies, etc.

A continuación expondremos los pasos a seguir y criterios de aplicación común en los que deberán basarse los proyectos de revegetación específicos en cada cantera. Se describen directrices y actuaciones específicas para cada paso del proceso de revegetación y para cada uno de los distintos elementos fisiográficos que componen una cantera.

### **7.1.1 Estudio preliminar**

Para conseguir el restablecimiento de una estructura vegetal lo más próxima posible a la existente de forma previa a la explotación del entorno, así como para compatibilizar la nueva estructura vegetal con los distintos

Figura 4. Pasos principales de la revegetación de una cantera caliza



grupos faunísticos del entorno, se realizará un estudio (biótico y abiótico) basado en ecosistemas de referencia y en los remanentes naturales de la cantera.

#### Ecosistemas de referencia

Los ecosistemas de referencia **servirán como modelo de planificación y posterior evaluación del proyecto**. Estos serán ecosistemas reales, bien conservados, próximos a la cantera y variados a fin de representar los distintos hábitats presentes en la región en diferentes grados de desarrollo.

Los ecosistemas de referencia deberán ubicarse en el entorno más próximo posible a la cantera. En los casos en que el entorno de la zona a rehabilitar se encuentre altamente degradado (zonas urbanas, industriales, etc.) se ampliará el radio de ubicación de los ecosistemas de referencia hasta alcanzar zonas con un óptimo grado de conservación.

Se analizarán tanto los factores bióticos como los factores abióticos de estos ecosistemas:

- Inventario de especies vegetales presentes.
- Inventario de fauna presente y potencial.
- Identificación de especies vegetales y animales emblemáticas, singulares, raras y/o protegidas.
- Descripción de la estructura de las comunidades bióticas (densidad de las especies dominantes, distribución espacial, etc.)
- Descripción de la estructura geomorfológica (disposición, altura e inclinación de los afloramientos rocosos, etc.)
- Descripción de la estructura y composición del suelo.
- Caracterización climatológica.
- Identificación de las prácticas culturales de uso y explotación del espacio.

La cartografía, fotografías aéreas y los sistemas de información geográfica serán herramientas de primer orden para la obtención de esta información, si bien deberán ser complementadas mediante estudios de campo estandarizados. Asimismo deberá revisarse la bibliografía especializada y contactarse con especialistas en el medio natural de la zona.

#### **Remanentes naturales**

Pese a las alteraciones en la composición natural del entorno experimentados durante su fase de explotación, las canteras mantendrán, en la mayor parte de los casos, vestigios de su estado original en forma de afloramientos rocosos no alterados, manchas de vegetación bien conservada, etc. Estos elementos **aportarán valiosa información sobre la estructura original del entorno** y deberán, por lo tanto, ser identificados y analizados. Generalmente, **deberán también protegerse y no modificarse durante las labores de rehabilitación ambiental.**

La información obtenida mediante el estudio conjunto de los ecosistemas de referencia y los remanentes naturales de la cantera permitirá definir los pasos a seguir tanto durante la revegetación de la cantera como en su adecuación para la fauna. En base a los resultados obtenidos se identificarán las especies vegetales con las que se deberá trabajar permitiendo seleccionar las especies prioritarias.

Asimismo, se determinarán las principales oportunidades y carencias bióticas y abióticas del entorno a rehabilitar.

#### **7.1.2 Adaptación de la geomorfología**

**La modificación de la geomorfología natural es el principal impacto medioambiental producido por la actividad extractiva.** Por este motivo, su rediseño y adecuación será el paso más determinante en la rehabilitación de las canteras en general y de la revegetación en particular. En este proceso se incluye también el restablecimiento y adecuación de los sistemas de canalización y drenaje del agua pluvial.

Debe considerarse que los criterios principales que definirán las modificaciones geomorfológicas no serán exclusivamente medioambientales. Así, inicialmente será necesario proceder a la estabilización y protección de los taludes y paredes en base a criterios geotécnicos y de seguridad requeridos por la legislación vigente, los cuales quedan fuera del alcance del presente Manual. No obstante, el medioambiental será otro de los criterios fundamentales para la remodelación de la geomorfología. De este modo, deberán realizarse adaptaciones morfológicas que favorezcan la integración estructural en el paisaje y el desarrollo de la revegetación.

*El objetivo medioambiental de la adecuación geomorfológica será el de recrear las características del entorno natural y no el de crear una superficie lisa y homogénea que facilite su completa revegetación.*

Este proceso incluye habitualmente la estabilización de los taludes, la atenuación de las pendientes y el relleno de los fosos. Si bien estos procedimientos resultan necesarios para poder maximizar el alcance de la revegetación y la integración paisajística de la cantera, durante su planificación deberá considerarse también el interés potencial que el mantenimiento parcial de elementos como los fosos, las paredes verticales, etc. ofrecen de cara a la aplicación de medidas destinadas a fomentar la presencia de especies silvestres de fauna y flora.

Así, deberá contemplarse el posible interés de mantener, por ejemplo, sectores verticales de la pared de la cantera para fomentar la presencia de rapaces o plantas rupícolas, adecuar los fosos para la creación de charcas para anfibios en lugar de proceder directamente a su relleno y revegetación o conservar grutas y cuevas potencialmente colonizables por murciélagos (ver capítulos 7.3.3 y 7.4.1).

**Los criterios de las adaptaciones concretas por desarrollar se definirán en base al estudio inicial de los**

**ecosistemas de referencia.** De este modo, se tratarán de reproducir las formas características del paisaje natural identificadas en los ecosistemas de referencia en términos de sinuosidad, inclinación, altura y rugosidad de los afloramientos rocosos y zonas de vegetación. Los principales criterios a tener en cuenta serán los siguientes:

- El perfil transversal de las paredes y taludes deberá ser ondulado, evitándose las formas excesivamente rectilíneas, los ángulos muy pronunciados, las formas geométricas regulares, las simetrías, etc.
- Se deberá evitar o minimizar la modificación de la línea de horizonte.
- Deberán habilitarse infraestructuras de canalización y drenaje en la parte superior de las paredes y taludes que eviten la caída del agua por los mismos.
- Se habilitarán espacios cóncavos en los taludes que canalicen el agua hacia las infraestructuras de drenaje.
- En aquellas paredes verticales que se decida mantener como tal, las adaptaciones geomorfológicas se centrarán en los extremos superiores e inferiores, en donde se podrá proceder a la suavización de la pendiente a fin de establecer un sustrato que permita la revegetación.
- En las paredes verticales excesivamente lisas y regulares se aplicarán voladuras selectivas o perforaciones menores para crear fisuras, repisas y oquedades que posibiliten la deposición de sustrato (esta me-

didá beneficiará también a las aves y plantas rupícolas, ver capítulo 7.2.3).

- Los taludes creados para la suavización de las pendientes mediante la acumulación de materiales rocosos deberán contar con una graduación granulométrica adecuada que evite la infiltración de los materiales de menor tamaño hacia capas interiores, lo cual dificultaría su revegetación.
- Los fosos, zanjas y otras irregularidades del terreno que se pretendan eliminar o modificar deberán rellenarse preferentemente con los materiales de desecho inertes generados durante la fase de explotación o durante el desarrollo de las voladuras selectivas relacionadas con la propia adaptación geomorfológica.
- La adecuación geomorfológica deberá contemplar la necesidad de crear puntos de acceso temporales para la maquinaria a emplear en las labores de revegetación. Estos accesos podrán eliminarse de manera progresiva según avance el proceso de revegetación.

**La adecuación de la geomorfología deberá desarrollarse, en el mayor grado posible, durante la fase de explotación de la cantera.** De este modo, el proceso se simplificará en términos técnicos y económicos.

### 7.1.3 Adecuación del sustrato

La disponibilidad de sustrato edáfico supone uno de los principales factores limitantes para la revegetación



Foto 29. Pendiente natural objetivo a imitar en el estado final tras la restauración.

**de las canteras.** Esta limitación se debe a tres motivos principales:

- La retirada (decapado) del sustrato natural al iniciarse la explotación.
- La dificultad de la estabilización del sustrato en las zonas de pendiente excesiva una vez finalizada la explotación.
- La inadecuada composición físico-química (textura, estructura, fertilidad y capacidad hídrica) de los sustratos resultantes.

Los problemas relacionados con la estabilización y fijación del sustrato quedarán resueltos mediante la adecuación geomorfológica previamente descrita. El siguiente paso consistirá en dotar a las zonas de la cantera que se pretendan revegetar, de un sustrato de composición físico-química acorde con los requerimientos de las especies a implantar.

Debe considerarse que no toda la superficie de la cantera deberá ser revegetada de forma sistemática. De este modo, para la rehabilitación de las canteras, resultará adecuado mantener afloramientos rocosos y suelos esqueléticos de extensión variable libres de sustrato edáfico, a fin de reproducir formaciones kársticas.

Del mismo modo, la composición físico-química del sustrato a establecer variará en función de la co-

munidad vegetal que en él se pretenda desarrollar. Debe considerarse que, habitualmente, los sustratos circundantes a las canteras calizas suelen ser esqueléticos, pedregosos y pobres en nutrientes. Como norma general, las zonas más alejadas de los puntos de extracción y en las que se pretenda establecer una comunidad vegetal más desarrollada requerirán la presencia de sustratos edáficos más fértiles y desarrollados; la base de las paredes, sus bancos y los taludes contarán con un sustrato de riqueza y desarrollo intermedio y finalmente, amplias zonas de las paredes verticales permanecerán carentes de sustrato edáfico.

*Resultará especialmente conveniente la conservación y reutilización del suelo natural de la propia cantera retirado para la apertura de los frentes de extracción.*

No obstante, el mantenimiento de las propiedades físico-químicas del sustrato una vez decapado puede resultar complejo o proporcionar un volumen insuficiente. Una estrategia recomendable será la de aprovechar el sustrato extraído en la apertura de nuevos frentes de explotación para la revegetación parcial de los frentes en los que la extracción haya finalizado, procediéndose a la revegetación sectorial de la cantera de forma simultánea a su explotación.

Para que la reutilización del suelo retirado sea posible deberán adoptarse las siguientes medidas:

- Efectuar una retirada progresiva y por capas.
- Almacenar por separado las capas superficiales y las subyacentes en un entorno próximo a la cantera.
- No acumular los materiales en montones superiores a los 2 metros, a fin de minimizar la pérdida de las propiedades edáficas originales.
- Remover los montones cuando permanezcan apilados durante periodos superiores a un año.
- Realizar de forma periódica una analítica de la composición físico-química de los materiales.
- Evitar que los materiales se sequen en exceso.
- Los materiales podrán mezclarse con residuos de desbroce del mismo entorno a fin de aumentar su banco de semillas autóctonas.

La reutilización del sustrato propio de la cantera, además de asegurar una composición físico-química localmente adaptada, proporcionará un banco de semillas de especies locales, mejorándose así los resultados de la revegetación. Cuando este procedimiento no permita disponer del volumen de sustrato requerido deberá procederse a la importación de tierras. El origen y composición de este material deberá ser conocido y lo más próximo posible al de la zona de estudio. De esta forma se evitará la introducción de un banco de semillas que contenga especies alóctonas así como la presencia de materiales contaminantes.

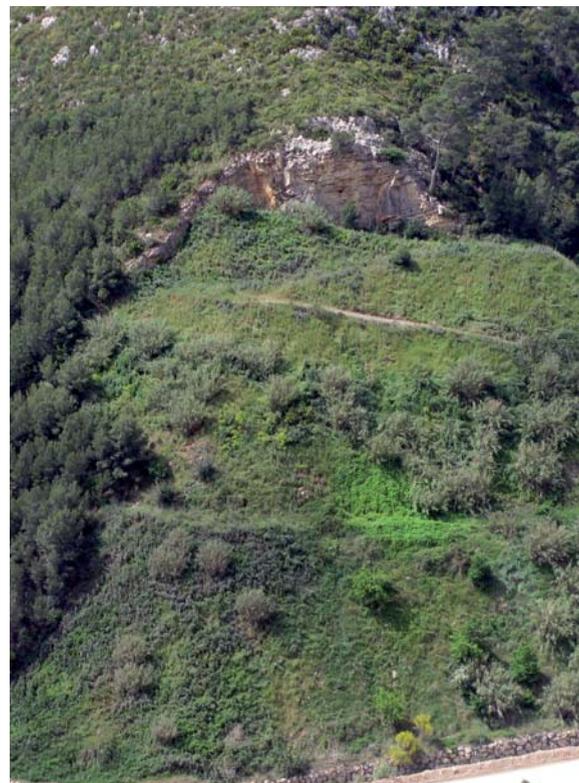


Foto 30. Relleno con material alóctono, procedentes de otros emplazamientos.

Por otra parte, deberá considerarse que las características físico-químicas iniciales del sustrato mejorarán notablemente durante el transcurso de la revegetación y de forma simultánea a la sucesión vegetal. Así, la aparición de especies leguminosas propiciará la fijación del nitrógeno, elemento habitualmente escaso en estos medios. Asimismo, el enraizamiento vegetal mejorará las propiedades físicas del sustrato.

Cuando las medidas anteriormente descritas no sean suficientes para consolidar un sustrato de características adecuadas, se procederá a la realización de enmiendas mediante acciones como el añadido de restos vegetales de desbroce, cenizas, lodos de depuradora (previo análisis de su carga orgánica), compost, micelios inactivos, fertilizantes minerales, material inerte de diversa granulometría, etc.

Otro de los problemas habituales del sustrato en las canteras es su excesiva compactación en las zonas de tránsito continuado de maquinaria pesada. En estos casos, deberá procederse a su descompactación mecánica (escarificado, subsolado y/o ripado). Esta acción mejorará el contacto entre las distintas capas del suelo y el sustrato y evitará la laminación de capas.

*Ocasionalmente, la presencia de zonas de sustrato compactado (impermeable) en ubicaciones estratégicas como la plaza de las canteras, ofrecerá una oportunidad propicia para la creación de charcas para anfibios, debiendo por lo tanto, considerarse esta estrategia de rehabilitación antes de proceder a su descompactación.*

Por último, deberá considerarse que, una vez establecido, el sustrato requerirá de un periodo de asentamiento sobre el terreno antes de alcanzar las condiciones óptimas para su revegetación. Durante este tiempo, el sustrato desnudo será especialmente vulnerable a la erosión. Deberán, por lo tanto, adoptarse medidas preventivas mediante enmiendas y control de la escorrentía superficial que eviten la pérdida cuantitativa y cualitativa del sustrato durante su fase de asentamiento.

#### 7.1.4 Siembras

Las siembras de las canteras deben comprenderse como un proceso de doble objetivo. En primer lugar se realizarán siembras específicamente orientadas al acondicionamiento del terreno, y en una segunda fase se emprenderán siembras destinadas a la instauración de una comunidad vegetal diversa compuesta por especies autóctonas.

##### Siembras de acondicionamiento

El entorno a revegetar estará compuesto en gran medida por suelos poco desarrollados y de pendiente pronunciada en los que la acción erosiva de los agentes meteorológicos y especialmente de las aguas de escorrentía, puede ocasionar importantes pérdidas en las propiedades físico-químicas del sustrato. Este deterioro puede producirse en un periodo corto de tiempo.

Para hacer frente a esta situación resultará necesaria la realización de una primera siembra de adecuación que

habilite una cubierta vegetal provisional. Esta siembra estará compuesta por especies anuales de crecimiento rápido (especies pioneras) y de reducido desarrollo en altura como las gramíneas (por ejemplo, *Brachydopium* sp., *Dactylis* sp., *Festuca* sp., *Bromus* sp., etc.) y leguminosas (*Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus*, *Medicago sativa*, *Ulex europaeus*, etc.)

**El empleo de leguminosas resulta especialmente adecuado en la revegetación de los suelos derivados de la actividad extractiva dada su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en el sustrato.** La deficiencia de este elemento es uno de los factores más importantes en la limitación del crecimiento de las plantas en suelos pobres y sustratos mineros.

En esta fase, el uso de especies alóctonas que cumplan las características anteriormente descritas resultará aceptable, siempre y cuando se asegure su desaparición a medida que avance el proceso de sucesión vegetal. Uno de los principales inconvenientes del empleo de esta técnica radica en el riesgo de que una proliferación excesiva de las especies pioneras inhiba por competición el futuro desarrollo de las especies autóctonas. Para evitar esta situación las especies seleccionadas deberán ser de naturaleza anual y de baja persistencia en el medio.

Otra posible remediación consistirá en permitir el pastoreo de ganado ovino de baja intensidad en la zona

revegetada. Mediante este procedimiento, además de controlarse el desarrollo excesivo de las especies pioneras se favorecerá la dispersión de semillas autóctonas procedentes del entorno próximo a través de los excrementos del ganado. De forma complementaria deberá procederse a una segunda siembra de especies autóctonas.

*Ocasionalmente, los proyectos de revegetación de zonas degradadas se dan por finalizados tras esta primera fase. No obstante, para optimizar los resultados de la revegetación en términos medioambientales resultará necesario el desarrollo de una segunda fase de siembra basada en especies autóctonas.*

#### Siembra de especies autóctonas

La proximidad a comunidades vegetales naturales que actúen como fuente potencial de propágulos y semillas de especies autóctonas favorecerá la aparición de estas especies. En cualquier caso, y especialmente cuando la existencia de estas fuentes sea limitada, resultará recomendable proceder a su siembra asistida. Este procedimiento favorecerá la consecución de una sucesión vegetal más ajustada a los objetivos planteados.

La selección de especies autóctonas a sembrar se determinará en función de las identificadas durante el estudio de los ecosistemas de referencia. Posteriormente deberá prospectarse la disponibilidad de éstas en el mercado, debiendo considerarse que, pese al continuo crecimiento de este mercado, puede **resultar un considerable factor limitante. Por este motivo resultará conveniente procurar el acopio de semillas autóctonas del propio entorno de la cantera antes de iniciarse su explotación, así como de entornos circundantes, especialmente cuando éstos vayan a ser previsiblemente degradados.** Para la recolección de semillas del entorno natural deberá disponerse de la debida autorización administrativa. Durante esta fase de la revegetación deberá evitarse la introducción de especies exóticas.

Las nuevas siembras no deberán realizarse hasta que las especies pioneras desarrolladas en la fase previa hayan entrado en fase de regresión. Uno de los factores que induce al fracaso de los proyectos de revegetación en entornos degradados deriva de la siembra en primera instancia de especies autóctonas. Éstas, pese a tratarse de especies adaptadas a la zona, suelen ser propias de situaciones estables y estadios más avanzados de la sucesión vegetal. Por lo tanto, su siembra de forma previa a la siembra de acondicionamiento estará, generalmente, abocada al fracaso. Asimismo, cuando la siembra vaya a realizarse sobre suelos importados, resultará conveniente respetar un periodo de germina-

ción espontáneo de su banco de semillas, ya que éste es susceptible de contener especies no deseadas que deberán ser eliminadas.

El periodo más adecuado para la realización de las siembras será el comprendido entre los meses de septiembre y febrero en ambientes mediterráneos y el periodo primaveral en los ambientes atlánticos.

En las regiones semiáridas y entornos mediterráneos podrá resultar necesario realizar riegos de apoyo durante el periodo estival. Esta acción optimizará el éxito de germinación y desarrollo de las especies. No obstante deberá tenerse en cuenta que esta medida favorecerá especialmente a las especies herbáceas, pudiendo incrementar su competencia (exclusión competitiva) con las leñosas. Por este motivo, los riegos de apoyo se realizarán únicamente como medida de emergencia y minimizando las dosis de agua. Esto permitirá además un ahorro de agua y garantizará la protección del suelo.

Por otra parte, deberá considerarse que el éxito de las siembras estará, en gran medida, determinado por las condiciones climatológicas prevalentes tanto de la época de siembra como durante el periodo de formación de la propia semilla. De este modo, a fin de maximizarse las probabilidades de éxito, el plan de siembras se desarrollará preferentemente durante varios años consecutivos y empleando distintos lotes de semillas.

Debido a la complejidad y carácter multifactorial de las dinámicas de sucesión vegetal, los resultados obtenidos podrán ser muy divergentes. Cuando estos no se ajusten a los objetivos esperados en términos de densidad vegetal y variedad de especies, deberán realizarse nuevas siembras de reforzamiento específicas.

Asimismo, debe considerarse que pese al reciente y continuo incremento del grado de conocimiento en esta materia, las experiencias prácticas previas y de resultados contrastados siguen siendo escasas, especialmente para la región atlántica de la Península Ibérica.

En este contexto, surge la oportunidad de compatibilizar los proyectos de revegetación de las canteras con proyectos de investigación aplicada destinados a optimizar las técnicas de revegetación en las canteras. Estos proyectos adquirirán especial relevancia cuando contemplen acciones destinadas a la conservación y propagación de las plantas vasculares rupícolas amenazadas<sup>1</sup>.

### Hidrosiembra

La hidrosiembra es una técnica de sembrado consistente en la aplicación mediante un chorro a presión de una mezcla de semillas, nutrientes, microorganismos del suelo y sustancias aglutinadoras, suspendida en un medio acuoso. Resulta especialmente indicada para el desarrollo de la revegetación en los proyectos de rehabilitación de canteras ya que permite actuar sobre

*El éxito de las siembras dependerá tanto de las características propias del entorno (climatología, sustrato, geomorfología, etc.), como de la selección de especies y de las técnicas de siembra empleadas.*

zonas con gran pendiente y/o difícil acceso en los que el empleo de otras técnicas convencionales resultaría técnicamente inviable.

Así, el empleo de esta técnica es adecuado para la revegetación localizada de microhábitats en zonas puntuales de las paredes de la cantera, ya que permite la introducción de semillas y nutrientes en las fisuras, repisas y oquedades.



**Foto 31. La técnica más adecuada y extendida para la revegetación de las canteras es la hidrosiembra.**

<sup>1</sup>Como ejemplo de este tipo de iniciativas, cabe destacar el proyecto Ecoquarry, desarrollado de manera conjunta en España y Portugal y patrocinado por el programa LIFE-Medio Ambiente (<http://www2.ub.edu/ecoquarry/restauracion-de-canteras.htm>)

### 7.1.5 Plantaciones

Una vez desarrollada la fase de siembra, deberá haberse conseguido el establecimiento de un suelo edáfico desarrollado y una comunidad vegetal estable compuesta principalmente por especies herbáceas y, en menor medida, arbustivas.

El siguiente paso consistirá en la plantación de especies arbustivas y arbóreas. Este procedimiento permitirá acelerar de manera artificial y programada la sucesión vegetal y la consolidación de ecosistemas funcionales. Su objetivo principal será la recreación de la composición, estructura y funcionalidad de la comunidad vegetal previamente identificada en los distintos ecosistemas de referencia.



Foto 32. Desarrollo arbóreo en talud rocoso.

El establecimiento de la vegetación leñosa aumentará significativamente la diversidad estructural del hábitat así como la disponibilidad de las fuentes primarias de alimento, favoreciendo el asentamiento de la fauna en el entorno. A su vez, el incremento de la fauna mejorará la dispersión de las semillas en el entorno.

*El desarrollo de la vegetación leñosa formada por plantas autóctonas será un importante foco de atracción y recolonización de la fauna autóctona.*

Como norma general, las plantaciones deberán desarrollarse formando clusters irregulares, evitándose las plantaciones en hilera. La integración paisajística de la cantera radicará, en gran medida, en el éxito de estas plantaciones.

Actualmente existe una gran variedad de técnicas de bioingeniería aplicables a las plantaciones, la descripción de las cuales queda fuera del alcance de este Manual. En términos generales, las labores generales de una plantación consistirán en:

- Excavación de hoyos de dimensiones adaptadas al tamaño del cepellón o al sistema radical de la planta.
- Abonado ligero y enmienda orgánica (estiércol o similar).

- Plantación de los ejemplares.
- Recubrimiento de los hoyos con tierra vegetal.
- Formación de alcorque.
- Riego inicial.
- Eventual instalación de un sistema de protección.



Foto 33. Plantación de olivos en el entorno de la cantera.

A la hora de planificar las plantaciones deberá tenerse en cuenta la lentitud de desarrollo de las especies leñosas.

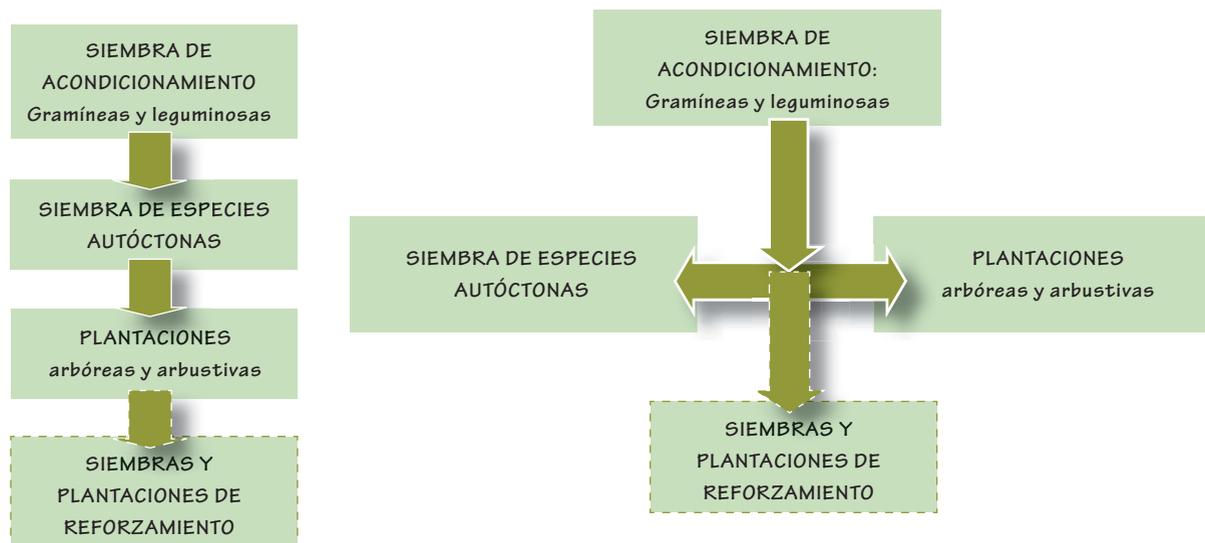
A continuación se aportan una serie de recomendaciones técnicas para aumentar el éxito de la revegetación:

- Deberá asegurarse la calidad genética y sanitaria del plantón: convendrá utilizar material de reproducción cuyo origen sea próximo en el espacio.
- Cuando se prevea la posible presencia incontrolada de herbívoros los plantones serán protegidos mediante tubos protectores.
- El riego de emergencia puede ser recomendable para superar el primer verano.

- Los ejemplares que mueran en la fase inicial deberán ser sustituidos.
- En caso de que una determinada especie se desarrolle de manera excesiva o indeseada deberá procederse a su desbroce, preferentemente de forma manual.
- La proporción de sexos en las especies dioicas deberá ser compensada.
- Deberá evitarse la aparición de especies exóticas.

*En el diseño estratégico de la revegetación se deberán tener en cuenta las acciones requeridas para la adecuación del entorno para la colonización de anfibios y murciélagos.*

Figura 5. Alternativas para el proceso de revegetación (adaptado de Jorba et al. 2010).



### 7.1.6 Prevención y erradicación de especies exóticas invasoras

Los suelos afectados por alteraciones antrópicas son especialmente susceptibles a las invasiones por plantas exóticas. Éstas son generalmente especies oportunistas con gran capacidad de adaptación y desarrollo. Estas características, unidas a la ausencia de sus competidores naturales, les facilita establecerse como especies dominantes en los entornos en los que aparecen.

Se produce entonces una drástica alteración de la dinámica de sucesión vegetal en el que las especies autóctonas pueden resultar desplazadas debido a la competencia por el espacio, los nutrientes y los recursos hídricos. Así, el desarrollo incontrolado de estas especies puede inutilizar los esfuerzos emprendidos para el restablecimiento de una comunidad vegetal compuesta por especies autóctonas. Como resultado de este proceso la biodiversidad natural del entorno se ve drásticamente reducida. **Resulta por lo tanto necesario establecer mecanismos de prevención y/o erradicación de las especies exóticas invasoras como parte del proceso de rehabilitación de las canteras.**

La erradicación de las especies exóticas invasoras tras su establecimiento en un entorno determinado resulta técnica y económicamente costosa, por lo que las acciones preventivas en la fase inicial del proceso de

rehabilitación adquieren especial relevancia. La fase de adecuación y estabilización del sustrato (ver capítulo 7.1.3) es especialmente delicada, ya que la amplia disponibilidad de sustratos manipulados y sin desarrollo vegetal favorecerá la aparición de estas especies no deseadas. En esta fase se deberá:

- Asegurar la ausencia de especies invasoras exóticas en las mezclas comerciales de semillas a emplear en la revegetación.
- Asegurar la ausencia de especies invasoras exóticas en el banco de semillas incorporado en los suelos importados y en caso de que éstas germinen proceder a su inmediata retirada.
- Regular el grado de fertilización del sustrato. Una fertilización excesiva o inadecuada favorecerá habitualmente al desarrollo de estas especies.

Cuando la aparición de estas especies no se consiga prevenir, deberá procederse a su erradicación manual y/o mecánica (desbroce y arranque). El empleo de herbicidas deberá minimizarse por tratarse de un procedimiento poco selectivo que puede afectar a las especies autóctonas, pudiendo además contaminar el suelo y las masas de agua. No obstante, la elevada tasa de crecimiento y rebrote de algunas de las especies exóticas requerirá el empleo de métodos mecánicos combinados con herbicidas como el Glifosato. El arranque de las plantas deberá incluir también sus raíces.



Foto 34. Revegetación de taludes rocosos y formación de bosques-islas.

Para que la erradicación de las especies no deseadas resulte plenamente efectiva, deberá ir acompañada de la revegetación del entorno con especies autóctonas que inhiban el rebrote de las especies retiradas.

## 7.2 Aves rupícolas

Las aves rupícolas dependen principalmente de la existencia de paredes rocosas para reproducirse, por lo que su distribución está limitada a aquellos enclaves en los que pueden disponer de este tipo de sus-

trato. Además, las paredes deberán ofrecer cavidades y repisas en las que las aves puedan ubicar sus nidos. Las paredes verticales de las canteras son, en muchos casos, topográficamente equiparables a los cortados de origen natural. Gracias a esto, especies de gran interés como el halcón peregrino pueden reproducirse con normalidad en las canteras (ver capítulo 5.1), posibilidad que se verá incrementada mediante la adopción de medidas como las que se exponen a continuación.

En las canteras más antiguas, las paredes presentan generalmente gran cantidad de irregularidades y repisas potencialmente adecuadas para la reproducción de aves rupícolas. No obstante, la sofisticación de los métodos de explotación ha dado lugar a paredes más lisas y regulares en las que las posibilidades de ubicación de nidos se ven drásticamente reducidas, especialmente para las especies de mayor tamaño, como las rapaces.

Por otra parte, las molestias antropogénicas durante la época de reproducción suponen una de las principales causas de fracaso reproductor y abandono de las zonas de cría para las aves rupícolas. De este modo, para que las canteras puedan ofrecer un hábitat de reproducción propicio para las aves rupícolas deberá procederse a la aplicación de medidas destinadas a la disminución de las molestias antropogénicas y al incremento de la

disponibilidad de emplazamientos potenciales para los nidos.

### 7.2.1 Disminución de las molestias antropogénicas

Las aves de mayor tamaño, como las rapaces, son las más susceptibles a las molestias antropogénicas, mientras que las de menor tamaño, como los passeriformes, vencejos e hirundínidos (aviones y golondrinas), se reproducen con normalidad en entornos altamente humanizados.

Determinadas rapaces rupícolas, como el halcón peregrino, pueden mostrar un alto grado de tolerancia hacia la presencia humana. No obstante, este comportamiento puede ser muy variable entre distintos individuos. Otras especies de rapaces rupícolas como el alimoche o las grandes águilas son altamente susceptibles a las molestias, resultando habitual que abandonen la actividad reproductora cuando las molestias se intensifiquen. Las rapaces nocturnas, por su parte, debido a su inactividad durante el día, tienen una mayor capacidad de tolerancia a la actividad humana.

Una vez finalizada la actividad extractiva, las molestias derivadas de las labores de extracción (voladuras y tránsito de maquinaria pesada) desaparecerán. No obstante, si no se toman medidas específicas para evitarlo, pueden aparecer nuevas molestias como el acceso incontrolado de personas.

*Las medidas destinadas a reducir las molestias y evitar la presencia incontrolada de personas en el entorno de las canteras restauradas son técnicamente sencillas de aplicar y, a su vez, altamente efectivas.*

**Las canteras que, una vez finalizada su fase de extracción, ofrezcan paredes adecuadas en un entorno carente de molestias reiteradas, serán altamente susceptibles de ser colonizadas por aves rupícolas.** Las medidas a adoptar consistirán en:

- Instalación de vallados perimetrales que imposibiliten la aproximación excesiva a las paredes, tanto desde su base como desde la zona superior. Estos vallados deberán ser permeables para la fauna silvestre.
- Limitación del tránsito público a senderos o pasarelas acotadas alejadas de las paredes.
- Instalación de paneles con información específica sobre la presencia de aves sensibles reproductoras y el código de conducta de los visitantes.

Las medidas destinadas a la sensibilización y ampliación de la información a los visitantes resultan de especial interés e importancia ya que las potenciales molestias que estos originan rara vez son intencionadas, debiéndose, en la mayor parte de los casos, al desconocimiento de la presencia o grado de susceptibilidad de las aves. Las restricciones de

acceso deberán intensificarse durante el periodo reproductor, entre febrero y julio. Durante el resto del año la presencia de aves rupícolas será notablemente más compatible con el uso público de la cantera (ver Capítulo 8).

La distancia mínima de aproximación al nido que las aves pueden soportar por parte de las personas es ampliamente variable en función de las especies y, en menor medida, de las características topográficas del entorno. En la Tabla 15 se proponen, de manera orientativa, las distancias de alejamiento respecto a la base de la pared que deben mantenerse para cada uno de los distintos grupos de aves rupícolas.

Cabe destacar que, generalmente, las especies más intolerantes a las molestias son aquellas que poseen un grado de amenaza superior y a las que, por lo tanto, debe dedicarse un mayor esfuerzo de conservación. Por este motivo, **un mayor grado de minimización de las molestias antropogénicas en las canteras aumentará su potencial para acoger especies de mayor interés medioambiental.**

En el caso concreto del halcón peregrino, las molestias ocurridas en la zona superior de la pared o a la altura del nido resultan más perjudiciales que las que ocurren en la zona inferior. Por lo tanto, el control de las molestias y la creación de zonas de amortiguación deberán ser más amplios en la zona superior de las paredes que en su base.

La creación de charcas para anfibios en la base de las paredes, tal y como se describe en el capítulo 7.4.1 podrá contribuir también a la minimización de las molestias antropogénicas. El establecimiento de un sistema de charcas o la inundación de la plaza de la cantera, actuará como barrera física que delimite los puntos de máximo acercamiento a las paredes.

### 7.2.2 Mantenimiento de las paredes aptas para la reproducción

Durante la fase de adecuación de la geomorfología (ver Capítulo 7.1.2) deberán identificarse las paredes o sectores de las paredes que ofrecen un mayor potencial para ser ocupadas por las aves. Como norma general éstas serán las paredes de mayor altura, las cua-

**Tabla 13. Distancias mínimas de aproximación al nido de aves.**

Grandes rapaces ( águilas y alimoches)	200-300 metros
Pequeñas rapaces (cernícalos y halcones)	150 metros
Rapaces nocturnas (búhos, lechuzas y cárabos)	75 metros
Pequeñas aves (paseriformes, vencejos e hirundínidos)	50 metros

les estarán eventualmente ocupadas por parejas reproductoras de especies, como el halcón peregrino, antes incluso de haber finalizado la fase de explotación.

Las labores de estabilización del terreno y mejora de la seguridad en el entorno deberán compatibilizarse, en la medida de lo posible, con el mantenimiento íntegro o parcial de estas paredes, evitándose acciones como, por ejemplo, su recubrimiento con malla metálica o la suavización de su pendiente y posterior recubrimiento con suelo vegetal.

Esta estrategia de rehabilitación puede suponer una alternativa de gran interés en aquellos casos en los que, debido a sus grandes dimensiones, la adecuación geomorfológica y posterior revegetación de las paredes no sea técnica o económicamente viable.

Una vez asegurada la disponibilidad de paredes, resultará adecuado aumentar la disponibilidad de superficies para la ubicación de nidos en las mismas.



Foto 35. Los nidos de búho real normalmente se instalan en repisas de paredes rocosas. © J. Sierra.

### 7.2.3 Aumento de la disponibilidad de superficies para la nidificación

Las paredes excesivamente lisas y homogéneas en las que escaseen las repisas y oquedades contarán con una limitada capacidad para acoger aves rupícolas reproductoras. Si bien las aves de menor tamaño podrán encontrar huecos en los que instalar sus nidos con relativa facilidad, y sin que resulte necesario adoptar medidas específicamente diseñadas para ellas, **las rapaces requerirán la presencia de repisas o cuevas que deberán crearse de manera artificial en caso de que no estén disponibles.**

Las rapaces rupícolas acostumbran a mantener varios nidos alternativos en una misma pared, alternando su uso a lo largo de los años. Los nidos no utilizados son habitualmente empleados como despensas o dormideros. Asimismo, la maximización del número de repisas y oquedades en las paredes, permitirá la reproducción de un mayor número de parejas y especies. El aumento de estas superficies podrá lograrse mediante:

- Voladuras selectivas y perforaciones.
- Instalación de cajas nido.

#### Voladuras selectivas y perforaciones

Se realizarán preferentemente en el tercio superior de las paredes y podrán orientarse tanto

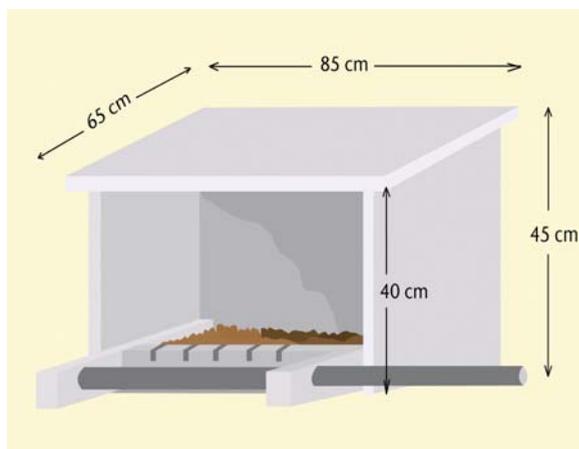
a la nueva creación de superficies de nidificación, como a la mejora de las preexistentes. Las dimensiones mínimas de las repisas deberán ser de aproximadamente 50 x 50 cm, las cuales serán apropiadas para especies como el halcón peregrino o las de tamaño inferior. No obstante, para maximizar su potencial, resultará recomendable habilitar superficies mínimas de 2 x 1,5 metros.

El diámetro de la boca de entrada a las cuevas perforadas deberá aproximarse a los 50 cm y su profundidad preferente superará el metro de longitud.

Estas acciones deberán realizarse por personal capacitado y experimentado a fin de que los resultados obtenidos se ajusten en el mayor grado posible a las dimensiones deseadas. Cuando los resultados obtenidos no se consideren apropiados, podrán realizarse mejoras y adaptaciones haciendo uso de cemento.

Las superficies horizontales creadas deberán disponer de una capa de grava suelta. La diversificación estructural de las paredes mediante la aplicación de estas medidas favorecerá también su proceso de revegetación (ver Pág. 57).

Este tipo de intervención se ha desarrollado con éxito en los Estados Unidos, permitiendo el asentamiento de varias parejas de halcón peregrino.



**Figura 6. Diagrama de la estructura de una caja nido estándar para el halcón peregrino.**

#### Instalación de cajas nido

Cuando la creación de zonas de nidificación adicionales mediante voladuras y perforaciones no resulte una alternativa técnica o económicamente viable, podrá procederse a la instalación de cajas nidos en la pared de la cantera. **Este tipo de nidales ofrecen un resguardo óptimo para las especies, maximizando sus probabilidades de éxito reproductor.** Las cajas se instalarán preferentemente en el tercio superior de la cantera. Convendrá la instalación de varias cajas con distintas orientaciones.

No obstante, no todas las especies aceptan este tipo de infraestructuras. **Las especies que podrán beneficiarse de los nidales artificiales serán los halcones pere-**

**grinos, los cernícalos vulgares y primilla y las rapaces nocturnas.** Resulta destacable el alto grado de aceptación que muestra el halcón peregrino por este tipo de nidales, lo cual está contribuyendo a su progresiva expansión en las grandes ciudades y otros ambientes antrópicos como zonas industriales, etc.

Actualmente existen numerosos proveedores de cajas nido con diseños adaptados a los requerimientos biológicos de cada una de las especies. El suelo de las cajas nidos deberá disponer de una capa de gravilla de aproximadamente medio centímetro de diámetro y varias perforaciones que eviten la acumulación de agua.

La posibilidad de disponer de varios nidos alternativos en la misma cantera, permitirá a las aves escoger el más conveniente en cada temporada en función de, entre otros condicionantes, las molestias antropogénicas. De este modo, **la creación de nidos adicionales puede resultar una estrategia de gran interés para su aplicación durante la fase de explotación de las canteras, ya que aumentará las posibilidades de que las aves dispongan de nidos adecuados en puntos donde las molestias sean menores.**

#### Hacking

Una vez que las medidas anteriormente descritas se cumplan, la cantera restaurada contará con un gran potencial para ser ocupada de manera espontánea por

las aves rupícolas. No obstante, las especies que aparecerán y el tiempo que requerirán para su asentamiento espontáneo serán, en gran medida, impredecibles. **Cuando este proceso se quiera acelerar, o se pretenda la ocupación por una o varias especies determinadas, podrá considerarse la posibilidad de realizar un reforzamiento poblacional mediante hacking.**

El hacking, también denominado cría silvestre, consiste en la liberación de rapaces jóvenes en condiciones controladas. Se trata de una herramienta ampliamente extendida en los proyectos de reintroducción y reforzamiento poblacional de rapaces. El origen de los pollos a emplear puede ser de extracciones de parte de la pollada de parejas silvestres que se reproducen en la naturaleza, o bien, la cría en cautividad.

Los pollos son translocados a los puntos de suelta en grupos reducidos compuestos por entre tres y cinco ejemplares. Previamente, en el punto de suelta se habrá habilitado el hacking propiamente dicho. Éste consiste generalmente en un habitáculo artificial o cavidad natural en la roca de dimensiones adaptadas a la especie con la que se trabaja y ubicado en un punto prominente, que facilite a los pollos un amplio panorama visual de las inmediaciones. Los pollos no deberán ser translocados hasta que alcancen un grado de desarrollo físico que les permita termorregular y manipular e ingerir alimento por sí mismos.



**Foto 36. Habitáculo de hacking empleado en un proyecto de reforzamiento poblacional del halcón peregrino en los Estados Unidos. G. Hartley.**

El hacking debe contar con un mecanismo que permita proporcionar alimento a los pollos sin que estos se percaten de la presencia del cuidador. Asimismo, deberá situarse en un lugar protegido frente a los depredadores terrestres (zorros, garduñas, etc.) y que al mismo tiempo posibilite un rápido acceso al personal autorizado. Generalmente, el habitáculo de hacking permanecerá cerrado con una verja hasta que los pollos comiencen a ejercitarse para el vuelo. Cuando los pollos sean capaces de volar y salten del nido, se mantendrá el suministro de alimento dentro del hacking y en su entorno inmediato. Los pollos continuarán visitando la zona durante varias semanas o meses mientras explo-

ran el entorno y perfeccionan sus técnicas de caza y búsqueda de alimento.

El éxito de esta técnica radica en la impronta que los pollos liberados adquieren de la zona donde han realizado sus primeros vuelos, a la cual acostumbran a regresar para reproducirse una vez alcanzada la madurez sexual (filopatría).

En España, el hacking ha sido empleado con éxito, por ejemplo, en los proyectos de reforzamiento de la población de halcones peregrinos en las ciudades de Barcelona y Salamanca y en varios proyectos con cernícalos primillas. A nivel mundial, cabe destacar que la reintroducción y reforzamiento poblacional mediante la técnica del hacking ha permitido recuperar la población norteamericana del halcón peregrino tras la crisis del DDT a mediados del pasado siglo. Asimismo, se trata de una especie cuya cría en cautividad resulta relativamente sencilla existiendo en la actualidad un amplio stock de aves reproductoras en cautividad. Existe por lo tanto un elevado grado de conocimiento científico-técnico acumulado sobre el manejo del halcón peregrino, lo cual facilitará su gestión activa como parte del proceso de recuperación de las canteras.

Resultará imprescindible, antes de poner en marcha un proyecto de este tipo:

- Contar con un profundo conocimiento del estatus de la especie objeto a nivel provincial y estatal.
- Cumplimentar los requisitos administrativos.
- Adecuar el proyecto a los criterios establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

#### 7.2.4 Actuaciones en los taludes

Además de las acciones de aplicación sobre las paredes verticales, podrán desarrollarse también actuaciones específicas en los taludes existentes en las inmediaciones de la cantera para favorecer la reproducción de otras especies como el abejaruco y el avión zapador. Debe considerarse que la aparición de esta última especie estará supeditada a la presencia de ríos o a la previa creación de charcas de mediano o gran tamaño.

#### Creación de nidos artificiales para el avión zapador

Se trata de una medida de conservación que ha demostrado ser efectiva en diferentes proyectos desarrollados en el Reino Unido y en España. La creación de charcas en las inmediaciones de las canteras, será susceptible de atraer aviones zapadores al entorno. Esta especie nidifica en galerías excavadas en taludes, de manera que la creación de taludes al pie de las charcas aumentará notablemente las posibilidades de que la especie se asiente como reproductora, al favorecer la disponibilidad de alimento en forma de insectos y a su



**Foto 37. Nido artificiales de Aviión zapador formando una colonia en el talud de una charca artificial para anfibios. R. Becroft.**

vez, mejorar el grado de protección de los nidos frente a los depredadores terrestres.

La altura aproximada de los taludes será de entre 1,5 y 3 metros. En el talud y a una altura mínima de un metro sobre el suelo se excavarán galerías de entre 5 y 10 cm de diámetro y entre 60 y 90 cm de largo. Las galerías contarán con una ligera inclinación ascendente a fin de evitar que el agua de lluvia circule hacia el interior.

Cuando el sustrato de los taludes no permita la excavación de galerías, éstas podrán sustituirse por tubos de PVC de dimensiones similares. La boca de entrada a los tubos podrá protegerse mediante su cerramiento parcial con cemento.

El mantenimiento de taludes libres de vegetación y formados por materiales arenosos que permitan a las aves excavar sus nidos en ellos, podrá beneficiar también a los abejarucos.

### 7.3 Murciélagos

Al igual que para la mayoría de las especies silvestres, la destrucción de los hábitats naturales supone, en la actualidad, una de las mayores amenazas para los murciélagos.

La biología de los murciélagos ibéricos es muy diversa, no obstante, una gran parte de las especies comparten ciertos hábitos comunes, entre los que destaca su costumbre de alimentarse de invertebrados y agruparse

en cavidades para la reproducción y la hibernada. Por esto, las canteras, una vez finalizada su fase de explotación, adquieren un gran potencial para convertirse en entornos adecuados para los murciélagos.

Las principales actuaciones que deberán aplicarse en el proceso de rehabilitación de las canteras para favorecer la presencia de murciélagos se dividen en:

- Actuaciones orientadas a la mejora del hábitat de alimentación.
- Actuaciones orientadas a reducir las molestias antropogénicas en los refugios.
- Actuaciones orientadas a la creación de nuevos refugios.

*La creación de un entorno adecuado para los murciélagos favorecerá también a un amplio espectro de otros grupos faunísticos. Asimismo, los murciélagos se verán favorecidos por los recursos tróficos generados mediante la creación de charcas para anfibios.*

### 7.3.1 Mejora del hábitat de alimentación

#### Creación de corredores vegetales

Los murciélagos realizan amplios desplazamientos diarios entre sus refugios y las zonas de alimentación.

La configuración de estos desplazamientos está en gran medida determinada por elementos lineales del paisaje con vegetación como arboledas, arroyos, riberas, setos, etc. Así, algunas especies evitarán atravesar amplias zonas despejadas y establecerán sus rutas de vuelo sobre este tipo de corredores donde encuentran alimento y refugio.

**La revegetación del entorno de la cantera** (ver Capítulo 7.1) **deberá contemplar el mantenimiento y la creación de este tipo de corredores ecológicos estableciendo una red de interconexión entre la pared de la cantera y los distintos hábitats circundantes.**

Estos corredores podrán establecerse en los márgenes de las carreteras, pistas, caminos, arroyos, cauces, etc. Para ello se empleará una estrategia doble:

- Creación de nuevos pasillos arbóreos y arbustivos.
- Conexión de unidades o núcleos vegetales aislados mediante la revegetación de los huecos.

Para una correcta gestión de los corredores deberán tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Se evitará el empleo de especies exóticas.
- Los corredores deberán ser lo más continuos posible. Una distancia de 10 metros entre árboles o arbustos puede suponer un obstáculo para los murciélagos.

- La existencia de sotobosque arbustivo en la base de las líneas de árboles incrementará la disponibilidad de alimento en forma de insectos.
- La existencia de árboles maduros o muertos integrados en los corredores, especialmente aquellos que disponen de oquedades, resulta de especial interés ya que pueden proporcionar refugios adicionales y una mayor cantidad de insectos.

*Los corredores vegetales para los murciélagos favorecerán también a las aves y a los invertebrados.*

La selección de las especies autóctonas a emplear para la creación de los corredores vegetales se hará en función de las especies presentes en el entorno. Así, la revegetación de los huecos entre unidades vegetales se realizará mediante la plantación de las mismas especies que compongan estas unidades. La composición vegetal de nuevos corredores se basará en la estructura vegetal de ecosistemas de referencia bien conservados y próximos a la zona de actuación.

Resultará beneficioso fomentar la presencia de especies autóctonas de floración nocturna ya que éstas ejercen una gran atracción sobre los insectos, principal fuente de alimento de los murciélagos ibéricos. Entre las especies ibéricas de floración nocturna destacan las

siguientes: *Silene mutans*, *Silene vulgaris*, *Silene noctiflora*, *Saponaria officinalis* y *Hesperis matronalis*.

#### Creación de medios acuáticos de alimentación

La mayor parte de las especies de murciélagos ibéricos visitan medios acuáticos en busca de alimento o como bebederos. Las charcas de aguas someras proporcionan un entorno propicio para la alimentación ya que en ellas la densidad de mosquitos y otros insectos voladores es elevada.

*Los criterios descritos para la creación de charcas adecuadas para los anfibios serán igualmente válidos para la creación de charcas de alimentación para murciélagos.*

De este modo, la creación de charcas adquiere especial relevancia como acción estratégica en el proceso de rehabilitación de las canteras calizas.

#### **7.3.2 Reducción de molestias antropogénicas en refugios**

Las canteras suelen disponer de una serie de elementos potencialmente utilizables por los murciélagos a modo de refugios de reposo, hibernada y reproducción tales como cuevas, galerías, túneles, etc. La colonización de este tipo de ubicaciones dependerá principalmente de dos factores:

- La existencia de condiciones microclimáticas adecuadas.
- La ausencia de molestias antropogénicas.

La adecuación del primero de estos factores resulta complicada debido tanto a la dificultad técnica que comprende, como a la falta de información precisa sobre los requerimientos particulares de cada especie.

Por el contrario, las molestias antropogénicas pueden reducirse considerablemente una vez finalizada la fase de explotación de las canteras, mediante la aplicación



**Foto 38.** Cierre de la entrada de una galería de reproducción de murciélagos para la limitación del acceso incontrolado de personas. A. Kurta/ E. Michigan University.

de una serie de medidas sencillas como la instalación de sistemas de limitación del acceso a los refugios.

#### Instalación de barrotes

La instalación de verjas en la entrada de las cavidades naturales o antropogénicas explotadas por los murciélagos es una medida de protección ampliamente extendida. Estas verjas imposibilitan el acceso incontrolado de personas, pero permiten el tránsito de los murciélagos. No obstante, debe considerarse que un diseño inadecuado de la barrera de protección puede restringir, total o parcialmente, el acceso de los murciélagos así como modificar las condiciones microclimáticas de la cavidad.

*La instalación de barreras de protección no debe aplicarse como medida de protección sistemática, sino como alternativa final, cuando otras medidas de protección menos agresivas no se consideren adecuadas.*

No existe un modelo de barrera estandarizado, ya que éste deberá adaptarse a la configuración específica de cada acceso. A continuación se detallan las directrices básicas que deberán considerarse para lograr un correcto diseño:

- La estructura estará formada principalmente por barrotes horizontales. Se minimizará el número de

barrotes verticales, restringiéndose su uso a los casos en los que resulten estrictamente necesarios para asegurar la rigidez de la estructura.

- Se prestará especial atención al espaciado entre los barrotes. La distancia mínima recomendada es de 150 mm para los barrotes horizontales y 750 mm para los verticales.
- A fin de minimizar el impacto sobre el flujo del aire, la instalación de la verja y sus mecanismos de fijación no modificarán el perfil del techo y suelo de la cavidad. Asimismo, se evitará el empleo de barrotes de sección sobredimensionada y su instalación en la parte más estrecha de la entrada.
- La verja dispondrá de una puerta con cerrojo que respete las directrices anteriormente expuestas y que permita el acceso de las personas autorizadas.
- Se emplearán materiales resistentes a la corrosión y el vandalismo como el acero galvanizado.

Cuando las verjas vayan a ser instaladas en cavidades previamente ocupadas por murciélagos, deberá realizarse un estudio previo de las especies que la ocupan y del uso que éstas hacen del medio. Este estudio deberá continuarse una vez la barrera haya sido instalada a fin de detectar posibles cambios significativos en el comportamiento de los murciélagos, en cuyo caso deberá procederse a su retirada o modificación. Este sistema podrá aplicarse también para la protección de cavidades no explotadas por los murciélagos, en las que la

colonización, una vez finalizada la fase de explotación de la cantera, se considere probable.

#### Instalación de vallado perimetral

La instalación de un vallado perimetral que restrinja el acceso a las inmediaciones de la entrada de las cavidades es una alternativa menos agresiva que el cierre directo de la entrada por medio de barrotes. Mediante este sistema la entrada a la cavidad quedará totalmente despejada, factor de especial relevancia cuando en la cavidad existan grandes concentraciones de murciélagos o especies especialmente reticentes a atravesar los espacios libres entre barrotes, como los murciélagos de herradura.

No obstante, debido a su mayor vulnerabilidad y a posibles irregularidades orográficas, no resultará aplicable y efectiva en todos los casos. Las características básicas de este vallado deberán ser las siguientes:

- Se empleará un vallado metálico de una altura aproximada de 2 metros fijado al suelo mediante postes metálicos intermedios rodeando la entrada de la cavidad.
- El vallado dispondrá de un sistema anti-escalada mediante un extraplomo (45° aproximadamente) en la zona superior protegido con alambre de espino.
- Cuando el sustrato lo permita, los postes se fijarán directamente en el suelo. En caso contrario estos

deberán instalarse sobre una base de hormigón.

- El material empleado contará con un tratamiento anticorrosivo.
- La distancia mínima entre el vallado y la entrada de la cavidad será de 5 metros, pudiendo aumentarse en función de la configuración orográfica del entorno.
- Deberá habilitarse una puerta de acceso restringido en el vallado.

### 7.3.3 Creación de nuevos refugios

Las paredes de las canteras se asemejan físicamente a las paredes de origen natural. Durante su explotación pueden, eventualmente, aflorar cuevas u otro tipo de cavidades potencialmente colonizables por los murciélagos cavernícolas. Asimismo, los murciélagos fisurícolas dispondrán de numerosos refugios potencialmente aprovechables en las oquedades de menor tamaño.

No obstante, en algunos casos, principalmente en las canteras más modernas, las paredes pueden resultar excesivamente lisas y homogéneas, contando con un número muy limitado de cavidades aptas para los murciélagos.

En estos casos, y del mismo modo que en el proceso de revegetación y adaptación de las paredes de las canteras para la reproducción de aves rupícolas, **la po-**

**sibilidad de realizar voladuras o perforaciones selectivas que incrementen la rugosidad e irregularidad en determinados sectores de la pared aumentará la capacidad del entorno para albergar murciélagos.** Estas acciones deberán planificarse de manera conjunta con las labores previas de estabilización y revegetación del terreno (ver capítulo 7.1), así como con las acciones emprendidas para la adecuación de la pared para las rapaces rupícolas (ver capítulo 7.2).

A la hora de planificar este tipo de actuaciones deberá considerarse que las experiencias previas sobre creación de refugios subterráneos específicos para murciélagos son escasas y, en su mayoría, demasiado recientes como para poder determinarse adecuadamente la idoneidad de su diseño. Al mismo tiempo, los requerimientos micro-climáticos son insuficientemente conocidos y técnicamente difíciles de controlar. Por estos motivos, el éxito (grado de ocupación por murciélagos) de esta iniciativa resultará difícil de predecir y requerirá, invariablemente, una considerable inversión económica y el transcurso de varios años antes de resultar efectiva.

Si bien estos factores reducen el interés de desarrollar este tipo de acciones, por otra parte, surge la posibilidad de desarrollar estudios experimentales y pioneros cuyos resultados contribuirán positivamente a la mejora de esta disciplina y podrán extrapolarse a otras

enclaves. Esta iniciativa podrá desarrollarse en colaboración con centros de investigación oficiales.

A continuación se describen, a modo orientativo, las características básicas de distintos tipos de refugios subterráneos para murciélagos que se han creado en el proceso de rehabilitación ambiental de zonas afectadas por la actividad extractiva.

#### Excavación de galerías en la base de la pared

Consiste en la excavación de un túnel en la base de la pared dando acceso a dos o más cámaras interconectadas. El túnel será curvado, con una longitud mínima que ronde los 30 metros y una altura y anchura aproximada de 2 y 1,5 metros, respectivamente.

Las cámaras serán abovedadas, con una superficie de 5 m<sup>2</sup> y una altura de 3 metros. Las cámaras se situarán a distintas alturas, con aproximadamente 2 metros de desnivel entre ellas, y estarán conectadas por conductos que permitan la circulación del aire y la existencia de un gradiente térmico.

*Los murciélagos prefieren las cavidades en las que existe un flujo dinámico y suave del aire que establece un gradiente térmico y evita la acumulación excesiva de bolsas de aire cálido.*

La bóveda de las cámaras deberá ser rugosa para permitir la sujeción de los murciélagos. Esta característica podrá mejorarse mediante la instalación de vigas o paneles de madera que aumenten la disponibilidad de medios de agarre.

#### Galerías artificiales en taludes

Consiste en el enterramiento de tubos de hormigón que den acceso a una cámara compartimentada de hormigón en los taludes existentes en el entorno de las canteras. Su configuración básica será la misma que la descrita en el apartado anterior pero, generalmente, de menor dimensión. La cámara contará con un respiradero comunicado con el exterior.

#### Reapertura de cavidades bloqueadas

Ocasionalmente las cuevas, grutas y otro tipo de cavidades presentes en las inmediaciones de las canteras son bloqueadas deliberadamente por motivos de seguridad o como resultado de desprendimientos. Durante el proceso de rehabilitación de las canteras, se identificarán este tipo de medios y se contemplará la posibilidad de reabrirlos a fin de establecer nuevos refugios potencialmente colonizables por los murciélagos.

Los accesos podrán ser protegidos mediante barroses o vallados perimetrales que aseguren la ausencia de molestias antropogénicas y eviten posibles accidentes.

### Instalación de cajas para murciélagos

Se trata de una medida de conservación sencilla y ampliamente extendida. Las cajas para murciélagos se asemejan a las cajas nido para aves pero, a diferencia de éstas, su función principal es la de proporcionarles refugio. Estas cajas no pueden suplir la falta de abrigos naturales, pero actuarán como refugios adicionales en entornos donde estos sean escasos. La instalación de cajas nido en las paredes de las canteras y su entorno puede desarrollarse como medida complementaria o suplementaria a la excavación de galerías.

Actualmente existen numerosos proveedores especializados que ofrecen una amplia gama de cajas nido para murciélagos. A continuación, se exponen los principales criterios que deberán considerarse para la correcta selección del modelo y ubicación de las cajas para murciélagos.

Criterios para la selección de un modelo adecuado:

- Los diseños altos y anchos aumentan el gradiente térmico y éste, a su vez, el atractivo de la caja para los murciélagos.
- Los materiales deberán ser resistentes a la humedad y estar montados de forma sólida y resistente.
- El conglomerado de cemento y madera es uno de los materiales más adecuados para su construcción en términos de resistencia, durabilidad y aislamiento.



**Foto 39. Cajas para murciélagos instaladas sobre un poste en el margen de una charca artificial. R. Mies.**

- El interior deberá ser de textura rugosa para permitir que los murciélagos pueda colgarse. Esto podrá lograrse mediante el empleo de materiales rugosos, por acción mecánica o fijando una red plástica fina.
- El hueco de entrada deberá contar con una plataforma de aterrizaje que facilite su accesibilidad.
- Se evitará la presencia de materiales metálicos punzantes susceptibles de herir a los murciélagos en el interior de la caja.
- La caja deberá disponer de ranuras de ventilación que permitan la renovación del aire pero que eviten corrientes excesivas.
- Podrán instalarse en paredes, árboles y postes especialmente habilitados para tal fin.

Habitualmente las cajas para murciélagos no son ocupadas hasta pasadas dos o tres temporadas desde su instalación y su índice de ocupación es muy variable, rondando habitualmente entre el 10 y el 70%.

Criterios para una correcta ubicación:

- Se instalarán a una altura mínima de 4 metros sobre el suelo.
- La orientación prevalente será de componente sur, pero se instalarán agrupaciones de cajas con distintas orientaciones (i.e. alrededor del tronco de un mismo árbol) que permitan a los murciélagos seleccionar las más adecuadas en función de las condiciones climatológicas.
- Deberán instalarse sobre una superficie fija e inmóvil.
- Dispondrá de un mínimo de 6 horas de exposición diaria.
- Se evitarán ubicaciones excesivamente expuestas a inclemencias meteorológicas y molestias antropogénicas.
- La zona de acceso a las cajas deberá estar despejada y libre de obstáculos.

#### 7.4 Anfibios

Los anfibios son uno de los grupos faunísticos globalmente más amenazados, debido, principalmente, a la destrucción generalizada de sus hábitats reproductivos por causas antropogénicas. No obstante, muestran una gran adaptabilidad a los hábitats artificiales, siendo capaces de prosperar en entornos altamente humanizados, siempre y cuando estos cuenten con unos niveles mínimos de calidad ambiental. De este modo, **resulta posible contribuir significativamente a su conservación local mediante la aplicación de una serie de medidas técnicamente sencillas, tales como la creación y adecuación de medios acuáticos en entornos humanizados.**

En este contexto, la acción humana, creando medios acuáticos, puede considerarse como una for-

ma de sustitución de este tipo de hábitat natural en los paisajes modernos. Este factor adquiere especial relevancia ante el actual panorama de declive generalizado de las zonas húmedas de origen natural.

#### *Objetivos de la adecuación del entorno para la reproducción de anfibios:*

- ✓ *Mejorar la conservación local de los anfibios.*
- ✓ *Establecer una población de anfibios que actúe como indicador biológico de la calidad del medio recuperado.*
- ✓ *Favorecer la presencia de otros grupos faunísticos y vegetales asociados a los medios acuáticos.*
- ✓ *Favorecer la naturalización del espacio rehabilitado.*
- ✓ *Ampliar la diversificación estructural del entorno.*

#### **7.4.1 Creación de charcas para anfibios**

Los entornos dedicados a la actividad extractiva ofrecen numerosas posibilidades para la creación de medios acuáticos. Por ejemplo, la creación de lagunas es una estrategia comúnmente empleada en la recuperación de graveras. Las canteras calizas del



**Foto 40. Sistema de charcas artificiales para la reproducción de anfibios. V. Sancho.**

sector cementero, por su parte, debido a su configuración en forma de circo y a la permeabilidad de sus materiales, no ofrecen, a priori, las condiciones necesarias para la creación de medios acuáticos de gran extensión. No obstante, cuentan con una serie de elementos como las plazas, fosos, cunetas, balsas de decantación, etc. que, debidamente adaptados, pueden transformarse en charcas de pequeño y mediano tamaño adecuadas para la reproducción de los anfibios.

Los factores ambientales como la profundidad del agua, la geología, la exposición a contaminantes o la proximidad a otros medios acuáticos, tendrán mayor influencia en la riqueza de las comunidades biológicas de las charcas que el origen o la forma en la que el medio fue creado.

*Los medios acuáticos de origen artificial pueden adquirir rápidamente un importante valor ecológico, favoreciendo además, directa e indirectamente, la presencia de invertebrados, plantas, mamíferos, aves y peces.*

Por lo tanto, la creación de charcas adquiere una especial relevancia como acción dinamizadora del proceso de rehabilitación ambiental de las canteras. En aquellos casos en los que en las proximidades de la cantera existan otros medios acuáticos preestablecidos, las nuevas charcas contarán con un mayor potencial para ser rápidamente colonizadas.

No obstante, la creación de nuevas charcas aisladas de otros medios puede dar origen a la aparición de especies singulares o escasas a nivel local. Para que esto sea posible, las charcas deberán estar cuidadosamente diseñadas y concebidas como partes integrantes de un mosaico variado de hábitats interrelacionados. La creación de un mosaico de charcas interconectadas y de configuración variada resultará de mayor interés que la creación de una única charca, permitiendo la diversificación funcional del sistema. Preferiblemente se crearán charcas de distinto hidroperiodo (duración de las charcas con agua), cobertura vegetal, profundidad y temporalidad.

*Los anfibios son óptimos bioindicadores de la calidad ambiental del entorno en el que viven. Su piel fina y permeable es vulnerable a las sustancias contaminantes disueltas en el agua. Además, su doble fase, acuática y terrestre, les hace sensibles a las alteraciones ocurridas en ambos ambientes. Así, la dinámica de sus poblaciones en el entorno de las canteras será indicativa del grado de calidad ambiental obtenida mediante el proceso de rehabilitación ambiental.*

A continuación se detallan los pasos a seguir y principales aspectos a tener en cuenta durante el proceso de creación de charcas en el entorno de una cantera.

#### Sistemas de captación del agua

La calidad y disponibilidad del agua será el factor más determinante para el correcto desarrollo de las comunidades biológicas en las charcas. Por lo tanto, resultará imprescindible conocer y adecuar los sistemas de captación de agua en el entorno de la cantera antes de proceder a su creación. Esta medida posee especial relevancia debido a que, como consecuencia de la actividad extractiva, tanto la calidad del agua como la hidrología del medio pueden encontrarse drásticamente alteradas por acumulación de sedimentos, eventual-

mente tóxicos, arrastrados por escorrentía superficial, así como por las modificaciones orográficas, respectivamente.

Sin embargo, las charcas de las canteras, por ocupar entornos de extensión relativamente reducida y configuración cerrada, ofrecen la posibilidad de establecer mecanismos destinados a controlar la calidad del agua y la hidrología del entorno, algo que puede resultar excesivamente complejo en casos como, por ejemplo, grandes lagunas cuyo sistema de captación depende de una amplia cuenca hidrográfica.

De este modo, **la futura creación de charcas deberá ser contemplada a la hora de diseñar y desarrollar**

**las acciones que afecten a la hidrología y calidad del agua**, tales como los movimientos de tierras, la estabilización del terreno, el establecimiento de los sistemas de drenaje, la revegetación de los taludes, etc. **La construcción de las charcas se acometerá en la fase final del proceso de rehabilitación**, una vez las acciones anteriormente mencionadas hayan sido completadas.

Las principales medidas para asegurar una correcta calidad del agua serán las siguientes:

- Realización de análisis físico-químicos del agua de forma periódica y siempre después de que el entorno haya experimentado algún cambio que pueda haber afectado a la calidad del agua.



Foto 41. Sapo de espuelas. © J. Sierra.

- Creación de balsas de decantación o el aprovechamiento de las preexistentes.
- Dragado de sedimentos eventualmente tóxicos acumulados en el fondo de la charca.
- Canalización de aguas potencialmente contaminadas hacia puntos alejados de las charcas.

### Ubicación

La ubicación se decidirá en función de la topografía del terreno y de las infraestructuras preexistentes. Así, se priorizará el aprovechamiento y adecuación de las zonas llanas, la plaza, los fosos, las balsas de decantación, las cunetas, las zonas de inundación espontánea, etc. De este modo se simplificará el proyecto y se minimizará el movimiento de tierra. Además, para facilitar la interconexión entre charcas, resultará conveniente ubicarlas a distintas cotas facilitándose así el flujo del agua por gravedad.

### Superficie

El tamaño de las charcas no es un factor limitante ya que incluso las charcas de superficie inferior a 1 m<sup>2</sup> pueden ser aptas para la reproducción de anfibios. Desde una perspectiva ecológica centrada en la biología de los anfibios, la creación de una red de pequeñas charcas de configuración variada resultará de mayor interés que la creación de charcas aisladas de gran tamaño. Resulta recomendable, de forma orientativa, una superficie aproximada de 7 m<sup>2</sup>.

No obstante, **la creación de una gran charca** mediante la inundación de la plaza de la cantera, **puede resultar una alternativa de gran interés que aumentará el potencial del entorno para albergar un mayor espectro de vida silvestre**, especialmente si ésta cuenta con otras charcas menores en sus proximidades.

### Profundidad e hidroperiodo

La profundidad, del mismo modo que la superficie, deberá ser variada, creándose preferentemente varias charcas con diferentes profundidades, o en su defecto, combinándose fondos de distinta profundidad en una misma charca. Las grandes profundidades crean hábitats relativamente especializados que normalmente albergan un reducido número de especies.

De este modo, la profundidad máxima no deberá superar 1,5 metros, siendo recomendable que aproximadamente el 80% de la superficie inundada cuente con una profundidad inferior al medio metro. Deberán existir amplias zonas someras con una profundidad aproximada de 10 cm, las cuales facilitarán la alimentación de los anfibios.

En los casos en que la creación de las charcas esté orientada a la conservación de una especie en concreto, la profundidad de sus aguas deberá adecuarse a los requerimientos biológicos de la especie en cuestión,

ya que estos pueden ser ampliamente variables entre las diferentes especies de anfibios.

No es necesario que las charcas mantengan un nivel freático constante a lo largo del año. De hecho, habitualmente, las zonas expuestas a las variaciones del nivel freático son las que adquieren un mayor interés ecológico. La suavización de la pendiente y prolongación de los márgenes permitirá maximizar la extensión de estas zonas.

**La creación de charcas temporales en combinación con otras de régimen permanente aumentará la diversificación funcional del medio.** Este tipo de charcas resultan de especial interés para los anfibios ya que previenen la proliferación de peces potencialmente depredadores, si bien, deberá asegurarse que mantengan un grado mínimo de inundación durante el periodo de reproducción.



**Foto 42.** Las plazas de las canteras se inundan habitualmente de manera espontánea debido a la acumulación de materiales impermeables o a la compactación del suelo. Circunstancia que facilita la creación de medios acuáticos como parte del proceso de rehabilitación del entorno. J. Elorriaga.

### Impermeabilización

Los entornos calizos son altamente permeables por lo que, una vez decidida la ubicación y configuración de las charcas, deberá procederse a la impermeabilización del suelo. La impermeabilización podrá lograrse mediante la compactación de materiales arcillosos o la instalación de membranas impermeables.

Como norma general deberá priorizarse el empleo de materiales arcillosos, por tratarse de una solución técnica menos costosa y ecológicamente más sostenible.

#### **- Impermeabilización con materiales arcillosos:**

Una vez definido el hueco que ocupará la charca, se aplicará una capa de sedimentos arcillosos homogéneamente distribuida sobre toda su extensión. Esta capa será compactada mecánicamente, debiendo mantener un grosor aproximado de entre 5 y 10 cm.

La compactación de charcas de pequeño tamaño podrá realizarse manualmente, mientras que para las de mayor extensión se empleará maquinaria ligera. Para que la compactación resulte más efectiva se iniciará desde la zona central progresando hacia el exterior.

El material arcilloso se mantendrá húmedo durante todo el proceso a fin de evitar la aparición de fisuras que puedan comprometer la eficacia de la imper-

meabilización. El grado óptimo de compactación e impermeabilización deberá determinarse mediante ensayos de laboratorio como, por ejemplo, el modelo Proctor Normal.

Cuando las charcas vayan a establecerse sobre suelos ricos en lombrices terrestres, se añadirá una capa de material calizo entre el sustrato y la capa impermeabilizante a fin de evitar la acción perforadora de los poliquetos.

#### **- Aplicación de membranas plásticas impermeables:**

El material más frecuentemente empleado son las membranas impermeabilizantes de caucho sintético EPDM vulcanizado. Estas láminas son atóxicas, resistentes a los rayos ultravioleta y poseen una gran adaptabilidad y durabilidad. De forma previa a su instalación se retirarán las piedras y demás objetos punzantes que pudieran dañar dicha membrana. Asimismo, se homogenizará el relieve de la superficie mediante la aplicación de una capa de arena fina de aproximadamente 10 cm de grosor, evitándose así la aparición de huecos entre la membrana y el sustrato.

A continuación se extenderá la membrana impermeable, que deberá cubrir tanto el fondo de la charca como sus márgenes, resultando aconsejable que cubra aproximadamente dos metros cuadrados más que la superficie a inundar. La membrana impermeable se cu-

brirá, a su vez, con una lámina de geotextil. Esta lámina naturalizará el aspecto de la futura charca y facilitará el asentamiento del sustrato y su colonización por vegetación acuática.

Independientemente del sistema de impermeabilización del fondo de la charca empleado, deberá asegurarse su correcta nivelación a fin de evitar la acumulación indeseada del agua en un punto.

#### Adecuación de los márgenes

Deberá evitarse la existencia de márgenes excesivamente inclinados y lisos que dificulten el tránsito de los anfibios. Los taludes de las orillas deberán ser longitudinalmente prolongados y rugosos para posibilitar la entrada y salida con diferentes niveles freáticos. Su pendiente deberá ser inferior a 1:5 (12°) aproximándose, preferentemente, a una inclinación de 1:20 (3°). Esto aumentará la superficie expuesta a las variaciones del nivel freático.

Asimismo, los márgenes serán irregulares y sinuosos de forma que se incremente la superficie de las orillas y se mejore la naturalización del aspecto de la charca. Debe evitarse, no obstante, la creación de recodos que dificulten el flujo del agua creando zonas de estancamiento excesivo. Siempre que sea posible, los márgenes de las charcas dispondrán de cunetas de salida del agua que dinamicen su flujo evitando la eutrofización del medio.

Por otra parte, los márgenes deberán proporcionar zonas de reproducción y resguardo frente a los depredadores y las inclemencias meteorológicas. Esto puede lograrse mediante la colocación de piedras de distintos tamaños y de forma irregular en el perímetro de la charca de modo que se creen huecos entre las mismas.

#### Creación de islas

La creación de islas en las charcas de mediano y gran tamaño puede resultar una estrategia de gran interés, especialmente en las charcas en las que los márgenes estén cubiertos por vegetación. Las islas crearán zonas adicionales de asoleamiento al resguardo de los depredadores terrestres. Además, en las charcas de gran tamaño, la existencia de islas alejadas de las orillas puede favorecer la reproducción de aves acuáticas.

Las islas deberán tener poca altura y bancos de pendiente suavizada que sobresalgan pocos centímetros por encima del nivel freático. Esto permitirá que las islas mantengan limos y vegetación acuática que proporcionen alimento y resguardo para la fauna.

#### Revegetación de las charcas y sus márgenes

La primera medida a considerar será que las modificaciones del entorno realizadas para la creación de las charcas no alteren las posibles comunidades vegetales de interés ecológico preestablecidas en el entorno a intervenir.

**Cuadro 4. Principales beneficios resultantes del desarrollo de una adecuada comunidad vegetal tanto en el interior, como en los márgenes y alrededor de la charca.**

- Incremento de la biodiversidad local, permitiendo el asentamiento de un mayor número de especies.
- Mejora de la estabilidad de los márgenes.
- Naturalización del aspecto de la charca.
- Actuación como barrera y filtro de los sedimentos arrastrados por la escorrentía superficial.
- Función como fuente de alimento directa e indirecta (invertebrados) para numerosas especies animales.
- Función como refugio para la fauna.
- Creación de una combinación de zonas de umbría y solana favoreciendo el gradiente térmico del agua, así como reduciendo la proliferación no deseada de algas unicelulares y la evaporación del agua.
- Función como sustrato para la fijación de la puesta de varias especies de anfibios.
- Prevención de la propagación de especies exóticas invasoras.

Estudios especializados recomiendan optar por la revegetación espontánea de las charcas, ya que la continua disponibilidad de agua en este tipo de ambientes facilita este proceso. No obstante, en el caso concreto de las canteras, el desarrollo de la vegetación estará princi-

palmente condicionado por la disponibilidad y calidad de suelo fértil (ver Capítulo 7.1.3). Por este motivo, **la estrategia más recomendable será la de proceder a una revegetación selectiva y puntual.**

Esta estrategia dinamizará el proceso y permitirá que la comunidad vegetal resultante se ajuste en mayor medida a los objetivos deseados. En los casos en los que se haya creado un mosaico de charcas, se emprenderán acciones de revegetación en parte de las mismas, permitiendo que en el resto se produzca de manera espontánea.

***El plan de revegetación de la charca debe ir estrechamente unido a la planificación del contorno, profundidades y perfiles de la charca.***

Debe considerarse que todas las fases del proceso de sucesión ecológica en las charcas de nueva creación poseen un distinto interés ecológico intrínseco y albergan distintas comunidades biológicas. De este modo, la existencia de charcas con distintos grados de desarrollo vegetal propiciará la existencia de una mayor biocenosis. La ausencia de vegetación durante las primeras fases de desarrollo resultará particularmente beneficiosa para las especies faunísticas que requieren sedimentos inorgánicos para su reproducción, antes de ser reemplazadas por especies

más competitivas o por aquellas que requieren sedimentos orgánicos.

#### - Revegetación de la zona acuática interior

El primer paso para la revegetación consistirá en establecer un sustrato apto para el desarrollo vegetal. Esta acción resultará imprescindible, ya que las labores previas de impermeabilización mediante membranas plásticas o compactación de sedimentos arcillosos reducirá las posibilidades de enraizamiento y la disponibilidad de nutrientes de la charca.

El sustrato introducido contendrá un banco de semillas variable. Por este motivo, resultará conveniente que éste proceda de medios conocidos y lo más próximos posibles, a fin de evitar la introducción de especies exóticas. Para ello podrá usarse arena de río o el material extraído para la excavación de la propia charca. La plantación de cepellones aportará resultados inmediatos, si bien el aporte directo de semillas será también una técnica recomendable.

Gran parte de las plantas acuáticas comerciales corresponden a especies exóticas, por lo que su uso no resultará apropiado. Será, por el contrario, conveniente plantar ejemplares extraídos del medio natural de forma controlada y contando para ello con los permisos administrativos pertinentes y comprobando la idoneidad biogeográfica y ecológica de las especies utilizadas.

Las especies a introducir, invariablemente autóctonas, se determinarán en función de la profundidad de cada zona, distinguiéndose entre:

- Helófitos como el carrizo (*Phragmites australis*), la espadaña (*Typha ssp*) o los lirios (*Iris pseudoacorus*), que enraizarán en el fondo pero cuyos elementos vegetativos son aéreos.
- Anfítitos que tienen las hojas inferiores sumergidas y las superiores aéreas o flotantes como los ranúnculos (*Ranunculus ssp*) o el pasto de agua (*Potamogeton ssp*).
- Limnófitos, que viven completamente sumergidos como algunas algas y musgos.
- En las orillas pueden también introducirse juncos y carrizos (*Juncus ssp*, *Scirpus ssp*, *Carex ssp*).

Asimismo, durante el proceso de revegetación podrá procederse a la introducción de madera muerta (troncos) en el interior de las lagunas de mayor entidad. Esta medida aportará nutrientes y servirá como sustrato de reproducción y refugio para los anfibios.

#### - Revegetación de los márgenes

Las acciones a emprender en la revegetación de los márgenes no inundados consistirán en la plantación de árboles y arbustos. Estos contribuirán de manera importante a la diversificación estructural del medio y aportarán zonas de umbría que mejorarán el gradiente

térmico del agua. Algunas de las especies más polivalentes son el sauce (*Salix* sp), el taray (*Tamarix* sp) y el saúco (*Sambucus nigra*).

Debe considerarse que una excesiva presencia de especies caducifolias en las proximidades de las charcas puede ocasionar la colmatación, por acumulación de las hojas en las charcas de menor tamaño.

#### Sistemas de protección perimetral

En caso de que se prevea el acceso incontrolado y previsiblemente perjudicial de personas, vehículos o animales domésticos, la zona ocupada por las charcas será provista de un vallado perimetral. Este sistema deberá ser permeable para los anfibios.

Asimismo, si se decide compatibilizar el entorno con el uso público recreativo, el vallado podrá sustituirse por barreras de setos y deberán habilitarse sendas debidamente delimitadas y señalizadas. Éstas irán acompañadas de paneles informativos sobre la presencia de fauna sensible y el modo de conducta personal durante la visita. La distancia mínima entre la senda y las charcas se determinará en función de las especies potencialmente existentes. Así, mientras los anfibios tolerarán la presencia relativamente cercana (hasta 10 metros) de personas, otras comunidades acuáticas como las aves requerirán una distancia mínima aproximada de entre 50 y 100 metros entre la charca y las sendas.

Cuando existan carreteras o carriles en las inmediaciones de las charcas y en las zonas de tránsito estacional de los anfibios, deberán instalarse barreras antiatropello y zonas de paso protegido. Esta medida adquiere especial relevancia debido a la costumbre de los anfibios de desplazarse de manera espacial y temporalmente concentrada entre las zonas acuáticas de cría y las zonas terrestres colindantes.

#### **- Estructuras antiatropello**

Los anfibios no tienen capacidad para orientar sus desplazamientos hacia pasos seguros. Por ello, la efectividad de esta medida requerirá la instalación de un vallado de guía que intercepte y canalice sus movimientos hacia los pasos seguros especialmente habilitados.

El vallado será opaco y liso, de lona o plástico, con una solapa inclinada hacia el interior en la parte superior para dificultar que los anfibios trepen. Tendrá una altura aproximada de 40 cm que deberá incrementarse hasta los 60 cm cuando se prevea la presencia de especies como la rana ágil (*Rana dalmatita*).

Las estacas de sujeción del vallado se instalarán por la parte opuesta a la del tránsito de los anfibios. El vallado canalizará, a modo de embudo, el tránsito de los anfibios hacia túneles subterráneos que atraviesen las carreteras. Estas estructuras no deberán presentar desniveles ni en el acceso ni en su interior y deberán dis-

poner de un sistema de drenaje adecuado que evite su inundación, pero que mantenga preferiblemente un grado de humedad constante.

Deberán crearse también zonas de refugio tanto en el perímetro de la charca como en las zonas de tránsito. El método más sencillo para la creación de refugios consiste en apilar ramas, restos de poda y piedras formando pequeños montículos en los que los anfibios podrán ocultarse y protegerse durante sus desplazamientos.

#### **Medidas contra la invasión por especies exóticas**

**Las invasiones de especies alóctonas son una de las principales causas de extinción de especies autóctonas a nivel local.** Los medios acuáticos, y especialmente aquellos que se encuentran próximos a zonas humanizadas, son uno de los entornos más gravemente afectados por la invasión de fauna y flora exótica.

La liberación en la naturaleza de especies alóctonas está expresamente prohibida y desaconsejada tanto por la legislación española (Ley 4/89 sobre Conservación de Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres), como por los tratados internacionales suscritos por España (Convenio de Bonn, Convenio de Berna, Directiva Hábitats). No obstante, la invasión de especies exóticas continúa siendo un importante problema medioambiental en España.

Algunas de las especies más frecuentes y problemáticas en los medios acuáticos españoles son el galápago de Florida (*Trachemys scripta*), el cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*), la carpa (*Cyprinus carpio*), el carpín (*Carassius auratus*) y la gambusia (*Gambusia holbrooki*). Estas especies provocan diversos desequilibrios en la dinámica ecológica de las charcas de las siguientes maneras:

- Depredación directa sobre adultos, larvas y puestas de especies autóctonas.
- Destrucción física del hábitat.
- Destrucción de las praderas sumergidas de macrófitos.
- Competencia trófica con especies autóctonas.
- Transmisión de enfermedades como la salmonelosis.

Por este motivo, para asegurar el mantenimiento de las comunidades biológicas de las charcas de nueva creación resultará necesario el establecimiento de una serie de medidas preventivas y correctoras que evitan la aparición y proliferación de especies exóticas.

En primer lugar, deberán instalarse paneles informativos sobre la prohibición de liberar especies exóticas en la charca y los daños que estas especies ocasionan en el medio. De forma paralela, deberán realizarse



**Foto 43. La invasión de especies exóticas como el galápago de Florida, supone uno de los mayores riesgos para la conservación de la fauna. © J. Sierra.**

censos periódicos que permitan detectar la eventual aparición de especies no deseadas. En caso de que se confirme la presencia de alguna de estas especies deberán ponerse en marcha mecanismos de erradicación. Para ello se desarrollarán campañas de pesca y captura selectiva. Cuando esta medida no resulte suficiente será necesario proceder a la desecación temporal de la charca, que volverá a inundarse una vez se haya confirmado la desaparición de las especies problemáticas.

En el capítulo 7.1.6 se detallan las medidas básicas para el control y erradicación de las especies vegetales exóticas.

#### Cuadro 5. Principales pasos para la creación de una charca.

1. Finalización de las labores de asentamiento del terreno
2. Estudio de la hidrología del medio
  - 2.1. Calidad del agua
  - 2.2. Canalizaciones
  - 2.3. Escorrentía superficial y lixiviados
3. Estudio preliminar de fauna y flora preexistente
  - 3.1. Identificación de otros medios acuáticos cercanos
4. Identificación y evaluación de ubicaciones potenciales
  - 4.1. Infraestructuras preexistentes potencialmente adaptables
  - 4.2. Elementos orográficos potencialmente adaptables
5. Diseño de la charca o conjunto de charcas
6. Adecuación del terreno
  - 6.1. Excavación
  - 6.2. Impermeabilización
  - 6.3. Adaptación de los márgenes
  - 6.4. Revegetación
  - 6.5. Protección perimetral
    - 6.5.1. Sistemas antiatropello
    - 6.5.2. Vallado perimetral y creación de sendas
    - 6.5.3. Señalización
7. Seguimiento
  - 7.1. Dinámica de las poblaciones
  - 7.2. Control de especies exóticas
  - 7.3. Deterioro físico del medio
8. Labores de mantenimiento

**Cuadro 6. Factores y acciones a evitar en la creación de charcas.**

- Destrucción de elementos biológicos de interés preexistentes.
- Existencia de sustancias tóxicas en el agua y eutrofización.
- Colmatación del agua por sedimentos u otros residuos.
- Existencia de márgenes inadecuados que dificulten el acceso y la salida de los anfibios.
- Existencia de puntos negros de atropello.
- Molestias por la presencia incontrolada de personas y animales domésticos.
- Invasión de especies exóticas.

**7.4.2 Adaptación de balsas de decantación**

La mayor parte de las canteras cuentan con balsas de decantación, diseñadas para la protección de las aguas subterráneas y superficiales mediante la retención por decantación de los sedimentos derivados de la explotación de la cantera que quedan suspendidos en las aguas de escorrentía y lavado.

Este tipo de hábitat artificial puede, mediante su correcta adaptación y diseño, reconvertirse en un medio adecuado para los anfibios. Por el contrario, si su diseño es inadecuado puede convertirse en una importantes trampa biológica.

La existencia de paredes excesivamente lisas o inclinadas, imposibilitará la libre salida de los anfibios que accedan a ellas mediante el curso de agua, pudiendo provocar muertes masivas. Por otra parte, la eventual

toxicidad de sus aguas, como consecuencia de los sedimentos acumulados, puede reducir o anular el éxito reproductor de las especies a las que atraen.

De este modo, las balsas de decantación adquieren una doble función en el contexto de la adecuación ambiental de las canteras. Por un lado, pueden adecuarse directamente como hábitat para la reproducción de anfibios, o bien, actuar principalmente como sistema de depuración y abastecimiento de agua a otras charcas específicamente creadas para los anfibios, tal y como se ha descrito con anterioridad.

En cualquiera de los dos casos, las balsas deben disponer de rampas rugosas y de escasa inclinación que permitan a los anfibios abandonar la balsa. Aproximadamente el 25% de los márgenes de las balsas deben contar con rampas adecuadas que permitan el libre acceso y salida de los anfibios.

*Todas aquellas infraestructuras de canalización del agua en el entorno de las canteras que puedan suponer potenciales trampas para los anfibios como los fosos, arquetas, balsas de decantación, etc., deberán disponer de rampas especialmente habilitadas para los anfibios que permitan su libre entrada y salida.*

En caso de que la calidad del agua de la balsa no sea la adecuada deberá procederse a su vaciado, retirada de los sedimentos acumulados, remodelación de las canalizaciones y sistemas de drenaje y su posterior reinundación.

#### 7.4.3 Traslocación vs colonización espontánea

Una de las decisiones de mayor relevancia en el proceso de adecuación del hábitat para los anfibios será la de proceder a la traslocación de ejemplares o, por el contrario, optar por la colonización espontánea. Esta decisión dependerá de las características específicas del entorno de cada cantera. Como norma general, se priorizará la colonización espontánea, si bien, para que ésta sea viable deberán darse las siguientes circunstancias:

- Existencia de otros medios acuáticos bien establecidos que puedan actuar como fuente de ejemplares.
- Ausencia de barreras lineales artificiales (carreteras, etc.) que imposibiliten el libre tránsito de los anfibios.

Cuando estos requisitos no se cumplan, la colonización espontánea se considere difícil de conseguir debido a otras causas o se pretenda lograr la presencia de anfibios de manera inmediata tras la creación de la charca, deberá considerarse la posibilidad de proceder a la traslocación de los anfibios.

Las traslocaciones son herramientas de primer orden para la conservación de las especies silvestres; no obs-

*La traslocación es un mecanismo de manejo de poblaciones silvestres de animales consistente en su movimiento de una localidad a otra, a fin de crear nuevas subpoblaciones o aumentar el tamaño de poblaciones pequeñas que tienden a aislarse por efecto de la fragmentación de hábitats.*

tante, su eficiencia como herramienta de gestión de anfibios permanece, en la actualidad, escasamente contrastada y no exenta de limitaciones.

Por una parte, determinadas características intrínsecas de la biología de los anfibios, tales como su alta fecundidad, la ausencia de periodo de dependencia parental, junto a su tamaño y rango vital reducido, los convierten en un grupo faunístico apto para las traslocaciones. Además, la disponibilidad en el entorno de la cantera de nuevos medios acuáticos específicamente creados para la reproducción de anfibios pero que permanecen desocupados, ofrece también una oportunidad idónea para proceder a la traslocación.

Por otra parte, esta técnica implica ciertos riesgos y limitaciones técnicas como: la posibilidad de introducir parásitos o enfermedades fúngicas en el nuevo medio, la migración de los puntos de suelta, así como la escasa

información técnica disponible en la que poder basar las actuaciones. Además, la mayor parte de los proyectos de traslocación exitosos han comprendido el manejo de especies comunes y no amenazadas, resultando habitual el fracaso con especies más sensibles.

Ante esta perspectiva, surge la oportunidad de plantear las traslocaciones como pruebas piloto experimentales que permitan optimizar esta disciplina de cara al futuro. Este planteamiento adquiere especial interés ya que la traslocación de fauna juega un papel cada vez más relevante en la gestión del medio ambiente y aporta una nueva dimensión a la rehabilitación ambiental de las canteras.

En cualquier caso, todo proyecto de traslocación deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

- Antes de proceder al manejo de los anfibios deberá considerarse el grado de amenaza y protección legal de cada una de las especies, así como del entorno del que se pretendan extraer los ejemplares.
- Deberá asegurarse el total cumplimiento legislativo, contactando para ello con todas las autorizaciones administrativas pertinentes, así como adecuar el proyecto a las directrices establecidas al respecto por la UICN.
- Deberá definirse la escala espacial y temporal del proyecto.
- Deberá definirse un programa de seguimiento de la dinámica de la traslocación, considerando que puede requerir varios años o incluso décadas.
- En caso de que no exista una población cercana que pueda actuar como fuente de individuos deberá evaluarse la posibilidad de realizar la traslocación a partir de ejemplares criados en cautividad.
- La fase de desarrollo que mayor éxito ha demostrado en experiencias previas es la fase larval acuática o huevos.
- Deberán tomarse todas las medidas necesarias para evitar la introducción de enfermedades y parásitos al nuevo entorno.
- Deberá considerarse y gestionarse la caracterización genética de la población, existiendo para ello dos alternativas principales:
  - o Traslocar ejemplares procedentes de una única población cercana al punto de suelta para asegurar el mantenimiento de complejos genéticos localmente adaptados.
  - o Traslocar ejemplares procedentes de distintas poblaciones en un radio más amplio a fin de maximizar la diversidad genética inicial de la nueva población.
- El número de ejemplares que deberá introducirse está insuficientemente evaluado, si bien deberá ser elevado debido al reducido porcentaje de supervivencia juvenil de los anfibios.

- En caso de que en un mismo año no se pueda disponer del número mínimo suficiente de ejemplares a traslocar, se procederá a la suelta de ejemplares en años consecutivos.
- Resultará beneficioso mantener a los anfibios trasladados en cajas de aislamiento dentro del nuevo medio acuático hasta que alcancen el grado de desarrollo que les permita nadar. Esta medida reducirá la depredación sobre las larvas y huevos.

### 7.5 Seguimiento de las actuaciones

El restablecimiento de unos parámetros medioambientales adecuados es un proceso dinámico y prolongado que habitualmente requerirá el transcurso de varios años e incluso décadas. Por lo tanto, el proceso de rehabilitación de las canteras no deberá considerarse concluido tras la finalización de los trabajos técnicos de adecuación del entorno descritos en este Manual.

**La restauración ambiental se considerará finalizada cuando el entorno de la cantera alcance unos niveles de biodiversidad similares a los existentes en los ecosistemas de referencia (ver capítulo 7.1.1) dando origen a ecosistemas funcionales y auto-sostenibles.** Durante el periodo de tiempo comprendido entre estas dos fases resultará necesario implementar un programa de seguimiento y evalua-

ción del proceso de restauración. El objetivo de este programa consistirá en:

- Asegurar que las distintas acciones emprendidas alcanzan los objetivos específicos preestablecidos para cada una de ellas.
- Identificar las divergencias, alteraciones no previstas y problemas surgidos durante su desarrollo.
- Determinar las correcciones, adaptaciones o nuevas medidas que deberán incorporarse para alcanzar los objetivos deseados.

El programa de seguimiento ambiental será de carácter multidisciplinar, debiendo considerar las siguientes variables principales:

- Evolución de la sucesión vegetal.
- Evolución de la comunidad faunística.
- Evolución de la comunidad vegetal.
- Evolución biogeoquímica del suelo.
- Evolución de la calidad del agua superficial y subterránea.

De forma complementaria, el seguimiento medioambiental podrá centrarse en determinados bioindicadores. Estos son especies o comunidades de organismos cuya presencia, comportamiento o estado fisiológico presenta una estrecha correlación con determinadas circunstancias del entorno, por lo que pueden utilizarse como indicadores de éstas.

Resultará necesario mantener un registro detallado y sistemático de todas las acciones y metodologías desarrolladas durante la fase de restauración y su seguimiento ambiental. Este registro irá acompañado de un dossier fotográfico del proyecto en su conjunto. Esto permitirá analizar y evaluar de forma rigurosa la evolución de las acciones emprendidas y su resultado.

Cabe destacar la escasez de información sobre experiencias previas y debidamente documentadas en materia de rehabilitación de canteras en ambientes calizos. Por lo tanto, el desarrollo de programas rigurosos de seguimiento del proceso de rehabilitación permitirá ofrecer una valiosa información de referencia aplicable en otros proyectos de similares características.

## 8 COMPATIBILIZACIÓN DEL ESPACIO CON EL USO PÚBLICO

La recuperación ambiental de las canteras una vez finalizada su fase de explotación contribuirá significativamente a la mejora y revalorización de la calidad de vida en los entornos circundantes, en los cuales se ubican, habitualmente, núcleos urbanos. Esta mejora se verá incrementada cuando el espacio rehabilitado sea compatible con su uso público. La compatibilización del proyecto de rehabilitación con su uso público será un mecanismo idóneo para que reviertan a los ciuda-

danos las actuaciones ejecutadas por los titulares del proyecto.

El disfrute por parte de la población de los valores naturales creados en las canteras rehabilitadas dependerá directamente de las facilidades de acceso disponibles. Al mismo tiempo, la creación y mantenimiento de los valores naturales en las canteras requerirá la planificación y la adopción de medidas destinadas a regular la presencia de personas. De este modo, la compatibilización de la rehabilitación de las canteras con el uso público consistirá en posibilitar que su visita suponga una experiencia agradable que no ocasione molestias a la vida silvestre.

Las medidas a adoptar para la consecución de este objetivo serán muy divergentes en función de las características físicas del entorno, los hábitats creados y las especies silvestres presentes o cuya futura aparición se pretenda lograr. El potencial impacto negativo de la presencia humana sobre la vegetación será reducido y fácilmente regulable; los anfibios y murciélagos

*Se dará prioridad a las visitas basadas en los valores culturales, educativos y científicos del proyecto de restauración de la cantera, sobre las de carácter meramente recreativo.*

tendrán un grado de afección intermedio, pero también de fácil regulación y, por el contrario, la presencia de aves rupícolas reproductoras dependerá en gran medida de la ausencia de molestias antropogénicas, cuya regulación implicará la adopción de medidas con mayor grado de restricción del uso público.

**Cuadro 7. Principales acciones a emprender para evitar molestias a la fauna.**

- La restricción del acceso a puntos cercanos a las paredes destinadas a la reproducción de las aves rupícolas (ver Capítulo 7.2.1).
- La restricción del acceso a grutas u otras cavidades destinadas a albergar murciélagos (ver Capítulo 7.3.2).
- La habilitación de senderos o pasarelas y vallados de contención para las personas y perros sueltos en los alrededores de las charcas (ver Capítulo 7.4.1).
- Habilitación de escondites (*hides*) para la observación de aves rupícolas reproductoras sin interferir en su normal comportamiento (ver Capítulo 8).

Las medidas destinadas a la mejora y control de la accesibilidad deberán ir acompañadas de sistemas de información para los visitantes. La disponibilidad de información referente a la historia y evolución la cantera, su gestión y proceso de rehabilitación, la fauna y flora presentes, etc. mejorará la percepción del entorno y el disfrute de sus nuevos valores medioambientales.

*Las posibilidades de acceso y la zonificación de los espacios de uso público deberán estar delimitados también por los criterios y medidas de seguridad. De forma previa a la apertura de la cantera al público deberán haberse tomado todas las medidas de seguridad requeridas por la legislación vigente.*

Los métodos para facilitar este tipo de información son muy variados y podrán realizarse tanto sobre el terreno como a distancia.

- Sistemas de información in situ:
  - Instalación de paneles informativos a lo largo de los senderos con información referente los hábitats recuperados, sus especies asociadas y el proceso de restauración.
  - Realización de visitas guiadas por monitores especializados.
  - Elaboración de folletos explicativos para visitas autoguiadas, más acordes con este tipo de proyectos.
- Sistemas de información a distancia:
  - Creación de una página web interactiva.
  - Charlas informativas.
  - Elaboración de unidades didácticas.

En aquellos casos en los que las canteras sean colonizadas por el halcón peregrino u otras especies emblemá-

ticas, resultará especialmente interesante proporcionar información específica sobre las mismas. Esta información podrá complementarse con la instalación de cámaras en el nido que proporcionen imágenes a tiempo real disponibles para el gran público. Actualmente existen numerosas experiencias de este tipo en todo el mundo, las cuales suscitan un gran interés entre la población y los medios de comunicación.

Otra estrategia de gran interés consiste en involucrar a la población local en los trabajos de rehabilitación y seguimiento de la cantera. Actividades como, por ejemplo, la creación de pequeñas charcas para anfibios o la plantación de árboles podrán compatibilizarse con la participación voluntaria de distintos grupos sociales como escuelas, asociaciones culturales, clubes de tiempo libre, etc.

Los elementos geológicos de las canteras y su entorno pueden suponer también un recurso de interés y foco de atracción de visitantes.

*Todas estas actividades podrán realizarse tanto de manera puntual como en el marco de un programa de educación ambiental en el que se involucren los centros de enseñanza de los núcleos de población en el entorno de la cantera.*

Finalmente, podrá resultar de gran interés la creación de un premio o figura de distinción y reconocimiento que se entregará a aquellas empresas del sector extractivo que desarrollen proyectos exitosos e innovadores de restauración y rehabilitación ambiental, que permitan el incremento del valor medioambiental del entorno y mejoren la calidad de vida de la población local.

## 9 EJEMPLOS DE ADECUACION DE UNA CANTERA TIPO

Como complemento al presente Manual, se incluyen algunas experiencias de recuperación de canteras asociadas a las fábricas integrales de cemento, orientadas a potenciar la biodiversidad en las mismas.

Aparte de estas experiencias se han realizado actuaciones muy interesantes de restauración en graveras, como es el caso de las de El Puente de Holcim y El Porcal de Cementos Portland Valderrivas, ambas localizadas en Madrid, que no se incluyen por estar fuera del alcance del presente Manual, orientado a la restauración de canteras asociadas a las fábricas de cemento.

La información que se incluye en cada experiencia es la siguiente:

- Descripción de la cantera:
  - o Localización.
  - o Superficie.
  - o Tipo de explotación.
- Descripción de la restauración:
  - o Año en que se ha realizado la restauración.
  - o Actuaciones realizadas.
  - o Superficie restaurada.
  - o Uso final.
  - o Resultados obtenidos.

### EXPERIENCIA 1: Restauración de la cantera La Martinenca en Alcanar (Tarragona) de Cemex España, S.A.

#### - Descripción de la cantera:

La cantera de La Martinenca está situada en la sierra del Montsiá, en la localidad de Alcanar, abasteciendo a la fábrica de cemento de Cemex ubicada en este municipio, próxima a un área turística. El macizo del Montsiá pertenece a la Red Natura 2000.

La cantera tiene una extensión de 212 hectáreas, de las cuales se explotan 138 hectáreas. Se trata de una cantera de piedra caliza, calcárea y margas, con una gran homogeneidad de materiales, que presenta pa-



Foto 44. Explotación de la cantera La Martinenca (Tarragona).

trones estructurales variables en las diferentes caras de la cantera.

Existen dos acuíferos principales en la zona, con las siguientes características:

- Alta concentración de sulfato producido por las actividades agrícolas tradicionales.
- Intrusión de agua de mar cerca de la costa debido a la sobreexplotación de algunos pozos de agua.

**- Descripción de la restauración:**

El proyecto de restauración de la cantera forma parte de un programa Life de medio ambiente de la Unión Europea. Iniciado en el año 2000, el proyecto fue elaborado por un equipo multidisciplinar forma-

do por las Facultades de Farmacia y de Geología de la Universidad de Barcelona. Hasta el momento de elaboración del presente Manual se han restaurado 30 hectáreas.

Hay que destacar, teniendo en cuenta que se trata de una cantera de gran volumen de producción y de gran complejidad de explotación debido a la heterogeneidad de la composición de la roca, que la restauración se llevó a cabo de forma integrada, es decir, los trabajos de explotación y restauración de la cantera se realizaron de forma simultánea.

Para recrear la geomorfología original, se optó por adecuar la cantera a las fracturas naturales. Para ello, se crearon “taludes-pared” que imitan y se integran con los farallones y cornisas naturales del terreno, lo que



Foto 45. Movimiento de tierras (izquierda) y estructuras de estabilidad de taludes (derecha).



Foto 46. Estado final de la restauración de la cantera.

posibilita conservar los hábitats de las especies vegetales y animales rupícolas.

Con el objetivo de recuperar los suelos explotados, se utilizaron diferentes proporciones de tierra vegetal, fangos y material de relleno. Una vez creado el talud, se utilizaron piedras calcáreas de gran dimensión como base, a la que se le añadió una mezcla de material de relleno y tierra vegetal para crear la estructura utilizada en la siembra.

A continuación se utilizó tierra vegetal sobre la superficie del talud y se plantó vegetación autóctona, modifi-



**Foto 47. Comparativa entre la zona restaurada (primer término) y el paisaje natural (al fondo).**

cando el tipo de frente dependiendo de la situación de los árboles y plantas de menor tamaño:

- Laderas reforestadas.
- Matorral mediterráneo.
- Humedales.
- Cúpula con madera de pino.

Para recuperar la vegetación natural de la cantera se elaboró un estudio de la flora autóctona, en el que se tuvieron en cuenta fotografías aéreas, la biodiversidad vegetal existente y el bioclima de la zona. Algunas de las plantas utilizadas en la revegetación fueron:

- Plantas autóctonas: *Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus*, *Medicago sativa*, *Lolium multiflorum*, *Ononchis sativa*, *Psoralea bituminosa*, etc.
- Arbustos autóctonos: pino halepensi, encinas, olivos, madroños, etc.

Además, se realizaron controles iniciales y de seguimiento para conocer la estabilidad del talud y la adecuación de la vegetación a su nuevo hábitat.

El impacto visual se controló desde el inicio del proyecto, ya que la Universidad de Barcelona realizó un modelo en 3D de la explotación simulando las distintas etapas de la restauración para minimizar el impacto visual.

## **EXPERIENCIA 2: Restauración de la cantera de la planta de Monjos (Barcelona) del Grupo Cementos Portland Valderrivas, S.A.**

### - Descripción de la cantera:

La cantera de la planta de Monjos (Barcelona) del Grupo Cementos Portland Valderrivas, hasta el año 2007 tenía una extensión de 81,93 hectáreas autorizadas y con la aprobación de la autorización ambiental se autorizó una ampliación de 35,99 hectáreas más. Así, la cantera ocupa actualmente una superficie de 117,92 hectáreas.

Se trata de una cantera de calizas y margas, explotadas mediante perforación y voladura.

### - Descripción de la restauración:

Las tareas de restauración se realizaron simultáneamente a la explotación, enfocadas a la recuperación de los terrenos afectados, corrigiendo los impactos ocasionados por la explotación, pero teniendo en cuenta también la mejora de la diversidad faunística para potenciar el hábitat de especies más sensibles.

Debido a que el área de la ampliación de la cantera se encontraba cerca de la zona de nidificación de una pareja de águila-azor perdicera, en la resolución de la Autorización Ambiental se establecieron una serie de medidas adicionales para favorecer el mantenimiento del territorio de caza de ésta.



Foto 48. Vista de la zona restaurada.



**Foto 49. Vista de la zona restaurada.**

Por este motivo, en el año 2007 se plantaron en la zona de la plaza de cantera seis pequeñas parcelas de aproximadamente 1 hectárea cada una con plantación de cereales y leguminosas (cebada y trigo), volviéndose a sembrar 1 hectárea en 2010.

En estas parcelas se colocaron seis vivares para conejos con el objetivo de incrementar su población en toda la zona, en una de las cuales se introdujeron ocho conejos (dos machos y seis hembras) para su cría. Las restantes cinco madrigueras fueron ocupadas por conejos de la zona.



**Foto 50. Tareas de restauración.**

Actualmente, la superficie restaurada supone 21 hectáreas.

Para adecuar las diferentes fases de la restauración se realizó un estudio paisajístico de la cantera, que prevé un uso combinado forestal y agrícola, pendiente de aprobación por parte de la Generalitat de Catalunya.

### **EXPERIENCIA 3: Restauración de la cantera de calizas y margas en Gádor (Almería) de Holcim España, S.A.**

#### **- Descripción de la cantera:**

La fábrica de Gádor (Almería) de Holcim se abastece de los materiales extraídos en en varios frentes de cantera. Unos

situados a 5 kilómetros de la fábrica, en el término municipal de Gádor, en el paraje conocido como “Coto Alba”, de donde se extraen calizas, margas y arenas; y otro, a 15 kilómetros de la fábrica en el paraje “Loma de Alicún” en los términos municipales de Alicún y Terque, de donde se extrae caliza. Esta Agrupación de Explotaciones mineras abarca todos los afloramientos calizos en la franja noreste de la Sierra de Gádor, desde Alhama de Almería a Benahadux y desde la Sierra de Gádor hasta la cuenca del Andarax.

Los materiales de ambos yacimientos son calizas de los periodos Triásico, Mioceno y Cuaternario.

Las calizas se extraen mediante voladuras y medios mecánicos; las margas y arenas mediante medios mecánicos.



Foto 51. Explotación de la cantera de Gádor (Almería).



**Foto 52. Escaneo laser para conocer la microtopografía de las parcelas experimentales (izquierda) y preparación de las parcelas mediante incorporación de un compost de residuos sólidos urbanos (derecha).**

Tiene una extensión de 78 hectáreas, de las cuales 27,61 hectáreas se encuentran restauradas o en fase de restauración.

El clima de la zona, mediterráneo semiárido templado y con un índice de aridez que limita con el árido, se caracteriza por otoños e inviernos suaves que concentran la mayor parte de las precipitaciones anuales, inferiores a los 250 mm, pero con un porcentaje no despreciable de tipo torrencial-erosivo, veranos cálidos y acusadamente áridos y con una primavera de características intermedias.

**- Descripción de la restauración:**

El proyecto, realizado con la colaboración del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), se dise-

ñó para conseguir un método fiable de restauración del suelo y la vegetación, que sirviera como modelo en restauraciones posteriores en otras canteras de la misma región y en regiones con índices de aridez que limiten las zonas áridas de las semiáridas.

Para ello se seleccionaron unas parcelas experimentales para analizar la eficacia de la incorporación a sustratos minerales de diferentes dosis de residuos orgánicos (compost de residuos sólidos urbanos, lodos de depuradora de aguas municipales y mezclas organo-minerales diseñadas a propósito) que suplieran la falta de suelo fértil y facilitaran el desarrollo de la vegetación autóctona, diferentes acolchados (minerales y orgánicos), para amortiguar las elevadas temperaturas y minimizar las pérdidas de agua por evaporación, entre otras funciones.

También se consideró realizar ensayos en sub-parcelas con diferentes densidades de plantación de especies perennes (herbáceas y arbustivas) y modalidades de plantación para valorar cuáles eran las más adecuadas para garantizar el crecimiento de la vegetación.

Para asegurar la viabilidad de las plantas en época de sequía, se proporcionaron riegos de apoyo durante el primer año desde la plantación.

Las parcelas se prepararon sobre laderas de pendientes homogéneas (20° a 30°) y sobre materiales calcáreos diversos, sobre las que se realizaron las siguientes actividades de control:

- Análisis para la caracterización edáfica del sustrato, para estudiar su evolución a lo largo del proyecto de restauración.
- Control y seguimiento de lixiviados, para determinar una posible contaminación en caso de lluvias torrenciales.

- Seguimiento de los procesos erosivos.
- Seguimiento y control de las parcelas: suelo, vegetación y riego.

Los resultados preliminares obtenidos son los siguientes:

- La combinación de las técnicas subsolado, enmiendas, acolchado y riego por goteo ha tenido un efecto muy positivo en el control de la escorrentía y la erosión.
- Los cinco factores probados (sustratos, especies plantadas, enmiendas, acolchado y riego) tuvieron un impacto comprobado estadísticamente:
  - El esparto (*Stipa tenacissima*) tuvo la mayor supervivencia, pero la albaida (*Anthyllis cytosoides*) alcanzó el máximo vigor. En cambio, el albardín (*Ligum spartium*) y otra albaida (*Anthyllis ternifha*) presentaron la menor supervivencia.
  - Los residuos orgánicos fueron más efectivos sobre un sustrato inerte que sobre tierra vegetal.



Foto 53. Parcela tras la plantación en mayo de 2008 (izquierda) y parcelas en mayo de 2010 (derecha).

- Los lodos de depuradora de aguas municipales tuvieron mejor efecto fertilizante que el compost de residuos urbanos.
- El acolchado de gravilla aumentó el vigor de las plantas, probablemente por mantener un mayor nivel de humedad en el suelo.
- El riego resultó un factor crucial al favorecer la supervivencia durante el primer periodo estival después de la plantación.

Gracias a este proyecto, aún sin finalizar, se ha podido comprobar que el uso de parcelas experimentales aporta una gran cantidad de ventajas a la hora de orientar las labores de restauración en canteras con unos índices de aridez similares.

#### **EXPERIENCIA 4: Restauración de la cantera de Yepes-Ciruelos (Toledo) de Lafarge Cementos, S.A.**

##### - Descripción de la cantera:

La cantera de roca caliza de Yepes-Ciruelos, activa desde 1927, se localiza en una mesa semiárida del interior de la provincia de Toledo y abastece a la fábrica de cemento de Lafarge situada en Villaluenga de la Sagra (Toledo).

La explotación a cielo abierto se lleva a cabo en un único frente de alrededor de mil metros de longitud y cuya



**Foto 54. Transplante de ejemplares singulares de olivos.**

altura máxima no supera los diez metros. El arranque se efectúa por el método de perforación y voladura, realizando como media una voladura por semana.

Por lo que respecta a la carga del material, ésta se lleva a cabo en cuatro zonas diferentes con el fin de lograr una mezcla homogénea.



**Foto 55. Labores de restauración en talud.**



**Foto 56. Aprovechamiento de los cortados para la nidificación de las aves.**

**- Descripción de la restauración:**

En la cantera se realizan de forma simultánea labores mineras y de restauración, conservando la tierra vegetal extraída para su uso posterior y transplantando ejemplares singulares de algunas especies, como los olivos, en las zonas de explotación.

El proyecto de restauración se desarrolla actualmente en un marco de colaboración con la Universidad de Castilla-La Mancha y expertos en conservación de la naturaleza, en una superficie total aproximada de 250 hectáreas. La recuperación medioambiental, si bien ya se había iniciado con anterioridad en algunas zonas de la cantera, comenzó a ejecutarse a gran escala a partir del año 2005.

Inicialmente se realizaron inventarios de la vegetación existente en la cantera y en ecosistemas conservados

próximos, que permitieron la identificación de ecosistemas de referencia a conservar y/o potenciar (taludes, vaguadas, pedregales) que actúan de nichos para la fauna y flora original.

Para la restauración ecológica se utilizaron especies autóctonas, principalmente aquellas que por sí mismas habían comenzado a colonizar los terrenos de la cantera en los que la explotación ya había finalizado. En todo momento se siguieron las pautas marcadas por el Departamento de Ciencias Ambientales de la Universidad de Castilla-La Mancha, que realizó una investigación sobre la sucesión vegetal natural que ha tenido lugar en la cantera durante el tiempo que ésta lleva en explotación. Por tanto, las labores de restauración buscaban acelerar dicha sucesión fomentando además la biodiversidad de la cantera, en la que se han encontrado especies endémicas únicas como *Limonium toletanum*.



**Foto 57. Recolección de miel.**

También se procedió a la colocación de colmenas de abejas, que permitió lograr:

- La protección de las abejas, cuyo número estaba disminuyendo de forma alarmante con las graves consecuencias que eso acarrea para el medio ambiente, ya que las abejas incrementan la polinización de las plantas hasta un 500 por ciento y sin ellas muchas especies desaparecerían.
- La supervivencia de las plantas originarias de la zona (almendro, tomillo o romero).
- La protección y potenciación del abejaruco, ave autóctona que, tal y como indica su nombre, se alimenta principalmente de abejas.



**Foto 58. Especies autóctonas de la cantera de Yepes-Ciruelo (Toledo).**



**Foto 59. Ruta cicloturística y zona de recreo.**

La miel producida por las abejas se recolecta y etiqueta como «Miel Natural de la Cantera de Yepes-Ciruelos de Lafarge Cementos».

La cantera, además, funciona como semillero de especies autóctonas, que tienen una mayor adaptación que las comerciales.

Para evaluar la buena evolución de los procesos de restauración, se aplicó un Índice de Biodiversidad con mariposas, aves, líquenes y plantas, desarrollado en colaboración con la organización dedicada a la conservación de la naturaleza WWF.

Los otros dos pilares fundamentales sobre los que se asienta el plan de restauración son el uso público y la educación ambiental. De este modo, se realizaron numerosas acciones para adaptar parte de los antiguos

terrenos de la cantera para recibir visitantes: se crearon rutas cicloturísticas y zonas de recreo y esparcimiento, se diseñó una senda botánica, se instaló un observatorio de aves y el Aula de la Naturaleza “La Mesa de Ocaña” (edificio bioclimático perteneciente a la red de Cen-

tros de Educación Ambiental de Castilla-La Mancha) en donde se informa a los visitantes sobre las distintas actividades que se pueden realizar en el interior de la zona restaurada, así como sobre diversos aspectos de índole medioambiental.



Foto 60. De izquierda a derecha, de arriba abajo: senda botánica, panel informativo, observatorio de aves y aula de naturaleza en la zona restaurada.

**EXPERIENCIA 5: Restauración de la cantera Balanzona (Córdoba) de Sociedad de Cementos y Materiales de Construcción de Andalucía, S. A. (Grupo Cimpor).**

**• Descripción de la cantera:**

El yacimiento está ubicado al norte del Guadalquivir, en la Sierra de Córdoba, a unos 10 kilómetros al norte de la ciudad de Córdoba.

La orografía de la zona está configurada por las estribaciones de Sierra Morena, que conforman cerros delimitados por profundas vaguadas excavadas por arroyos, en este caso por los de Linares al oeste, y Balanzonilla al este.

Los materiales del yacimiento son del Mioceno, y corresponden a una de las manchas de este periodo localizadas al norte del río Guadalquivir, restos de la transgresión marina del Mioceno Superior. La edad de los sedimentos corresponde al Tortoniense Superior.

La serie general de materiales es la siguiente de muro a techo:

- Conglomerados de cantos de caliza paleozoica y pizarras. Este contacto con el paleozoico subyacente tiene un espesor variable.
- Arenas calcáreas, con un espesor de 5 metros.
- Biomicritas y bioesparitas, con un espesor de 5 a 15 m.



Foto 61. Vista de la cantera Balanzona (Córdoba).



Foto 62. Reposición de la capa de tierra superficial y vegetal.

- Calcarenitas, conocidas como “mampuesto”, con un espesor 5 a 15 metros.

Como otros afloramientos del Mioceno en Sierra Morena, aparece como un depósito que ha resistido la fuerte acción erosiva de la zona, quedando “colgado” sobre el sustrato paleozoico, como una banda que corona la loma.

Los estratos se disponen prácticamente horizontales, con dirección este-oeste inclinados ligeramente hacia el sur y sureste.

• Descripción de la restauración:

Los terrenos no tenían usos antrópicos previos más allá de los cinegéticos, por lo que el objetivo de la restauración fue la naturalización o reconstrucción del paisaje

realizada bajo criterios ecológicos, y la restauración del ecosistema natural, con la finalidad de volver a capacitar al monte para su función de almacén y regulador hidráulico, recreación de hábitats y nichos ecológicos, etc.

Se realizó la remodelación volumétrica conforme a formas y perfiles similares al entorno, realizándose un aporte de 33.618 m<sup>3</sup> de tierra vegetal de la explotación Campiñuela Alta, que se encuentra en un área próxima, de forma que presenta unas características similares a las del área restaurada.

La revegetación se realizó con especies autóctonas, realizándose la siembra de 5.200 unidades de plantas de las siguientes especies:

- Madroño (*Arbutus unedo*).
- Almez (*Celtis Australis*).



Foto 63. Revegetación de la cantera.

- Algarrobo (*Ceratonia siliqua*).
- Palmito (*Chamaerops humilis*).
- Majuelo (*Crataegus monogyna*).
- Mirto (*Myrtus comunis*).
- Adelfa (*Nerium oleander*).
- Acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*).
- Labiérnago (*Phillyrea angustifolia*).
- Lentisco (*Pistacia lentiscus*).
- Cornicabra (*Pistacia terebinthus*).
- Granado (*Punica granatum*).
- Coscoja (*Quercus coccifera*).
- Encina (*Quercus ilex*).
- Aladierno (*Rhamnus alaternus*).
- Romero (*Rosmarinus officialis*).
- Durillo (*Viburnum tinus*).

Con las actuaciones realizadas se consiguió rehabilitar el paisaje que se encontraba degradado tras la explotación de la cantera, recuperando su integridad ecológica y potenciando la biodiversidad.

Además, con el objetivo de potenciar los usos didácticos, se organizaron cursos de formación ambiental y difusión del patrimonio geológico en colaboración con la Universidad de Córdoba (Cátedra Medio Ambiente), además de instalar carteles con información sobre la geología de la zona.



Foto 64. Vista de la zona restaurada.



Foto 65. Cartelería instalada en la zona restaurada.

## 10 TASACIÓN ECONÓMICA DE LAS DISTINTAS ACCIONES

A continuación se indica, de manera orientativa, el presupuesto para algunas actuaciones indicadas en el presente Manual.

- **Revegetación con especies arbustivas (75%) y arbóreas (25%)**

Los trabajos incluidos en el presupuesto, en función de la densidad de especies que se pretenda conseguir, son:

- Tratamiento restauración ambiental:
  - o Baja densidad: siembra de herbáceas y tratamientos silvícolas.
  - o Media densidad: 300-450 ud/ha.
  - o Alta densidad (bosque-isla): 400-600 ud/ha.
- Transplante de árboles de porte alto:
  - o Baja densidad: 20 ud/ha.
  - o Media densidad: 40 ud/ha.
- Mantenimiento: reposición de marras, limpieza, poda, retirada protectores y riegos.

El coste total en función de la densidad de especies sería el siguiente:

- Baja densidad: 4.000 €/ha.
- Media densidad: 6.700 €/ha.
- Alta densidad: 8.600 €/ha.

- **Charca para anfibios de 16 m<sup>2</sup> y 50 cm de profundidad**

Actuaciones y presupuesto de ejecución	
- Preparación del terreno, limpieza y marcado de la zona	100 €
- Alquiler de mini-excavadora 8 horas	320 €
- Colocación de lámina impermeable 18 m <sup>2</sup>	300 €
- Colocación de lámina geotextil 18 m <sup>2</sup>	180 €
- Aporte de arena, tierra y piedras, sacos de cemento y diverso material	350 €
- Conducciones, arquetas y llaves	175 €
- Vallado perimetral 24 metros	750 €
- Colocación de panel informativo	560 €
<b>PRESUPUESTO TOTAL:</b>	<b>2.735 €</b>

Todos estos precios (vigentes en el año 2007) incluyen el material, su transporte a pie de obra y la mano de obra necesaria para su instalación. Extraído de Asociación Reforesta 2007.

- **Charca para anfibios de 12 m<sup>2</sup>**

Actuaciones y presupuesto de ejecución	
- Membrana impermeable 15 m <sup>2</sup>	2.390 €
- Geotextil 15m <sup>2</sup>	300 €
- Naturalización de la charca	3.500 €
- Movimiento de tierra , alquiler excavadora 2 días	460 €
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>6.650 €</b>

Todos estos precios (vigentes en el año 2008) incluyen el material, su transporte a pie de obra y la mano de obra necesaria para su instalación. Extraído de Asociación Hyla.

- **Cajas nido**

Coste de cajas nido según especie	
- Cernícalo primilla/mochuelo/grajilla marca Schwegler cemento 18x37x18 cm	95 €
- Caja nido para murciélagos, marca Schwegler colocación en pared 30x30x8 cm	52 €
- Caja nido doble para murciélagos y vencejo, marca Schwegler 17x36x16 cm	124 €
- Caja nido para vencejo real, marca Schwegler, 42,5x42,4x16 cm	300 €
- Caja nido para cernícalo vulgar, marca Schwegler, 36x33x45 cm	120 €
- Caja nido para mochuelo, marca Schwegler, con protección anti-depredadores 83x18x18 cm	140 €

## BIBLIOGRAFÍA

### REVEGETACIÓN

- Bradshaw, A. 1997. Restoration of Mined lands using natural processes. *Ecological engineering*, 8: 255-269.
- Cullen, W. R., Wheather, P. & Dunleavy, P. J. 1998. Establishment of species-rich vegetation on reclaimed limestone quarry faces in Derbyshire, UK. *Biological Conservation*, 84: 25-33.
- Dong-Dong, Z., Yu-Shan, S. & Le, L. 2009. Study on suitable landscape design of abandoned quarries. An example: Zhushan ecological park in Xuzhou. *Procedia and Planetary Science*, 1: 1107-1113.
- Duan, W., Ren, H., Fu, Shenglei, Wang, J., Yang, L. & Zhang, J. 2008. Natural recovery of different areas of a desert quarry in south China. *Journal of Environmental Science*, 20: 476-481.
- Gálvez, J. 2002. La restauración ecológica: conceptos y aplicaciones. Revisión bibliográfica. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Serie de documentos técnicos nº 8.
- Gunn, J. & Bailey, D. 1993. Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain. *Environmental Geology*, 21: 167-172.
- Heikkinen, P. M. (ed.), Noras, P. (ed.), Salminen, R. (ed.), Mroueh, U.-M., Vahanne, P., Wahlström, M., Kaartinen, T., Juvankoski, M., Vestola, E., Mäkelä, E., Leino, T., Kosonen, M., Hatakka, T., Jarva, J., Kauppila, T., Leveinen, J., Lintinen, P., Suomela, P., Pöyry, H., Vallius, P., Nevalainen, J., Tolla, P. & Komppa, V. 2008. Mine closure handbook. Espoo: GTK: VTT: Outokumpu: Finnish Road Enterprise: Soil and Water. 169 p.
- Jefferson, R.G. & Usher, M. B. 1989. Seed Rain Dynamics in Disused Chalk Quarries in the Yorkshire Wolds, England, with special Reference to Nature Conservation. *Biological Conservation*, 47: 123-136.
- Jefferson, R. G. 1984. Quarries and Wildlife Conservation in the Yorkshire Wolds, England. *Biological Conservation*, 29: 363-380.
- Jorbá, M., Minot, J.M. & Vallejo, R. 2007. Las siembras en la revegetación de zonas afectadas por minería. In: *geopros: Actualidad técnica de ingeniería civil, minería, geología y medio ambiente*, 166: 30-35.
- Jorba, M. & Vallejo, V. R. (eds). 2007. Manual per a la restauració de pedreres de roca calcària en clima mediterrani. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- Jorbá, M. & Vallejo, R. 2006. La restauración ecológica en minería: El proyecto Ecoquarry. *Cemento hormigón*: 54-61.

- Khater, C. & Arnaud, M. 2007. Application of Restoration Ecology Principles to the Practice of Limestone Quarry Rehabilitation in Lebanon. *Lebanese Science Journal*, 8 (1): 19-28
- Martínez, C. & Santos, B. 2001. Papel de la hidrosiembra en la revegetación de escombreras mineras. *Informes de la construcción*, Vol. 53, nº 476.
- Moreno-de las Heras, M., Nicolau, J.M. & Espigares, T. 2008. Vegetation succession in reclaimed coal-mining slopes in a Mediterranean-dry environment. *Ecological engineering*, 34: 168-178.
- Mota, J. F., Sola, A. J., Jiménez-Sánchez, M. L, F. J. Pérez-García & Merlo, M.E. 2004. Gypsicolous flora, conservation and restoration of quarries in the southeast of the Iberian Peninsula. *Biodiversity and Conservation*, 13: 1797-1808.
- Novák, J. & Prach, K. 2009. Artificial sowing of endangered dry grassland species into disused basalt quarries. *Flora*, doi: 10.1016/j.flora. 2009.03.003.
- Rotherham, I. D., Spode, F., Elbah, S. & Fraser, D. 2203. A comparison of limestone quarries and their potential for restoration and after-use in Libya and the UK. In *Land Reclamation-Moore & Elliot (eds). Proceedings of the seventh International conference of the International Afliliation of Land Reclamations Runcorn. United Kingdom, 13-16 de mayo de 2003.*
- Ruthrof, K. X. 1997. Improving the success of limestone quarry revegetation. *Cave and Karst Science*, 24 (3): 117-125.
- Sinclair, F. L., Letheren, B. & Healey, R. 2008. Oportunities for ecological restoration of quarry sites around Kota in Rajasthan. *School of the Environment and Natural Resources, Bangor University. Rajasthan.*
- Wang, Z-Q, Wu, L-H & Liu T-T. 2009. Revegetation of steep rocky slopes: Planning climbing vegetation species in artificially drilled holes. *Ecological Engineering*, 35:1079-1084.
- Wang, Z. Q., Wu, L. H. Animesh, S. & Zhy, Y. H. 2009. Phytoremediation of Rocky Slope Surfaces: Selection and Growth of Pioneer Climbing Plants. *Pedosphere*, 19(4): 541-544.

## AVES

- Bird, D. M. & Bildstein, K. L. (Eds.) 2007. *Raptor research and Management Techniques*. Raptor Research Foundation.
- BirdLife International (2009) Species factsheet: *Falco peregrinus*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 12/5/2010.

- Boyce, D. A., Fisher, L. William, E. L., Hipp, B. & Peterson, J. 1980. Prairie Falcons nest on artificial ledge. Raptor Research, 14 (2): 46-50.
- Castillo, I. et al. Importancia de las canteras sobre las aves rupícolas y problemas derivados de su gestión. Ardeola 55 (1), 2008, 103-110.
- Dalbeck, L. & Heg, D. 2006. Reproductive success of a reintroduced population of Tagle Owl *Bubo bubo* in relation to habitat characteristics in the Eifel, Germany. Ardea, 94 (1): 3-21.
- Davis, B. N. K. 1979. Chalk and limestone quarries as wildlife habitats. Minerals and the Environment 1: 48-56.
- Gulickx, M.M.C., Beecroft, R. & Green, A. 2007. Creation of artificial sand martin *Riparia riparia* burrows at Kingfishers Bridge, Cambridge, England. Conservation Evidence, 4: 51-53.
- Jefferson, R. G. 1984. Quarries and Wildlife Conservation in the Yorkshire Wolds, England. Biological Conservation, 29: 363-380.
- Madroño, A., González, C. & Atienza, J.C. (Eds.) 2004. Libro Rojo de las Aves de España. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife. Madrid.
- Martí, R. & Moral, J.C. (Eds.) 2003. Atlas de las Aves Reproductoras de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Sociedad Española de Ornitología. Madrid.
- Pagel, J. E. 1989. Use of explosives to enhance a Peregrine Falcon eyre. J. Raptor Res, 23(4):176-178.
- Ratcliffe, D. 1993. The peregrine falcon. 2<sup>nd</sup> edition. T & AD POYSER. London
- Remacle, A. 2005. L'inventaire des carriers de Wallonie (Belgique): présentation générale et aspects entomologiques. Notes fauniques de Gembloux, 57: 73-79.
- Scott Wilson. 2009 Plaistow Quarry ROMP. Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*) Survey.
- SEO/BirdLife. 2009. La enciclopedia de las aves de España. Fundación BBVA.
- Sutherland, W.J., Newton, I. & Green, R.E. (Eds.) 2004. Bird Ecology and Conservation. A Handbook of Techniques. Oxford University Press.
- UICN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 18 March 2010.
- Ontario Ministry of Natural Resources 1987. Peregrine Falcon Habitat Management Guidelines. <http://www.ontla.on.ca/library/repository/mon/6000/10299750.pdf> (último acceso el 15/06/2010).
- Zuberogoitia, I., Ruiz-Moneo, J. F. & Torres, J. J. 2002. El Halcón Peregrino. Servicio de publicaciones de la Diputación Foral de Bizkaia.

## MURCIÉLAGOS

- Bat Conservation and Management. 2005. Building a better bat house. A guide to assembling our multi-chamber bat houses and bat can. Pennsylvania, USA.
- Davis, B. N. K. 1979. Chalk and limestone quarries as wildlife habitats. *Minerals and the environment*, 1: 48-56.
- English Nature, Quarry Products Association and Silica & Moulding Sands Association. 1999. Biodiversity and minerals. Extracting the benefits for wildlife. Published by Entec UK Ltd.
- Enwistle A. et al 2001. Habitat management for bats. A guide for land managers, land owners and their advisors. JNCC, Peterborough,
- Mitchell-Jones, A.J. & A. P. McLeish. 2004. The Bat worker's manual, third edition. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough, 178 pp.
- Mitchell-Jones, A.J., Bihari, Z., Masing, M. & Rodrigues, L. 2007. Protecting and managing underground sites for bats. EUROBATS Publication Series, Nº2. UNEP/EUROBATS, Bonn, Germany, 38 pp.
- Némoz, M. & Brisorgueil, A. 2008. Connaissance et conservation des gîtes et habitats de chasse de 3 Chiroptères cavernicoles. Société française pour l'étude et la protection des mammifères. Paris, 103 pp.
- Palomo L.J., Gisbert J. & Blanco, J.C (Eds.) 2008. Atlas y Libro rojo de los mamíferos terrestres de España.
- Puga, M. & Altringham, D. 2005. The effect of gates on cave entry by swarming bats. *Acta Chiropterologica*, 7(2): 293-299.
- Scottish Environment Protection Agency (SEPA). Guidance for works affecting watercourses. Protection and enhancement for bats. [www.sepa.org.uk/guidance/hei](http://www.sepa.org.uk/guidance/hei)
- The wildlife Trust. 2000. Gardening for bats. Fact sheet nº 13.

## ANFIBIOS

- Asociación Reforesta. 2007. Manual de creación de charcas para anfibios. Colección Iniciativas Locales a favor de la Biodiversidad.
- Biebighauser, T.R. A guide to creating vernal ponds. USDA Forest Service
- Brand, B.B. & Sonodgrass, J.W. 2009. Value of artificial habitats for amphibians reproduction in altered landscapes. *Conservation Biology*, Vol. 24, Nº1: 295-301.
- Critical elements for Biologically Based Plans of Aquatic-Breeding Amphibians.
- Gent, T & Gibson, S. 2003. Herpetofauna Workers Manual. JNCC., Peterborough.

- Germano, J. & Bishop, P. J. 2008. Suitability of Amphibians and Reptiles for Translocation. *Conservation Biology*, 23 (1): 7-15.
- Ministerio de Medioambiente. 2006. Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación del hábitats causadas por infraestructuras de transportes, número 1. O. A. Parques Nacionales. Ministerio de Medioambiente. 108 pp. Madrid.
- Paniagua, D., Illana, A. & Echegaray J. Balsas de riego en Álava y medidas para su uso por la fauna silvestre. *Sustrai*, 72: 50-53.
- Pleguezuelos J.M., R. Márquez & M. Lizana, (Eds.) 2002. Atlas y Libro rojo de los Anfibios y Reptiles de España. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica España (2ª impresión), Madrid, 587 pp.
- Seigel, R. A. & Kenneth Dodd, C. 2002. Translocations of Amphibians: Proven Management Method or Experimental Technique?. *Conservation Biology*, 16 (2): 552-554.
- SEPA (Scottish Environmental Protection Agency). 2000. Ponds, pools and lochans. Guidance on good practice in the management and creation of small waterbodies in Scotland. Edimburgo.
- Trenham, P.C. & Marsh, D.M. 2002. Amphibian Translocation programs: Reply to Seigel and Dodd. *Conservation Biology*, 16 (2): 555-556.



EDITA: Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente, CEMA

DISEÑO: Advertising Label 3, ALCUBO

Depósito Legal: M-37346-2010

Imprime: EPES, Industrias Gráficas, S.L.

Fotografía de fauna de Jorge Sierra: [www.jorgesierra.net](http://www.jorgesierra.net)