



Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo

Montse Jorba
V. Ramón Vallejo



Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
i Habitatge



Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo

I.S.B.N.: 978-84-393-8205-8

I. Jorba, Montse, ed. II Vallejo Calzada, Victoriano Ramón, ed. III. Catalunya. Àrea d'Avaluació i Restauració d'Activitats Extractives

1. Ecologia de la restauració_Mediterrànea (Región)

2. Canteras_Aspectos ambientales_Mediterrànea (Región)

504.53.06:679.8(262)

Abril 2010

Diseño y impresión: Gràfiques Inpub. Tel. 93 303 49 49

D.L.: B-18820-2010



Direcció General de Qualitat Ambiental. Àrea d'Avaluació i Restauració d'Activitats Extractives.

Manual per a la restauració de pedreres de roca calcària en clima mediterrani

Coordinadores: Montse Jorba¹ & V. Ramón Vallejo^{1,7}

Autores: M. Jorba^{1,8}, G. Oliveira⁶, R. Josa², V.R. Vallejo^{1,7}, J.M. Alcañiz⁴, A. Hereter^{2,3}, J. Cortina⁵,
O. Correia⁶ & J.M. Ninot¹

Asesor técnico: E. Serra⁹

¹ Departament de Biologia Vegetal. Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona

² Departament d'Enginyeria Agroalimentaria i Biotecnologia. Universitat Politècnica de Catalunya

³ Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

⁴ Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals

⁵ Departament d'Ecologia. Universitat d'Alacant

⁶ Centro de Ecologia e Biologia Vegetal, Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa.

⁷ Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo

⁸ Fundació Bosch i Gimpera

⁹ Departament de Medi Ambient i Habitatge

Agradecimientos

Los autores desean agradecer la colaboración del Área de Evaluación y Restauración de Actividades Extractivas del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Dirección General de Calidad Ambiental de la Generalitat de Catalunya y especialmente la inestimable participación y asesoramiento del Sr. Esteve Serra responsable del área que ha fomentado en todo momento el contacto entre los diferentes centros de investigación y el sector extractivo.

Los autores también quieren agradecer la colaboración de las siguientes empresas que han participado y apoyado los diferentes proyectos que han dado lugar a esta publicación: Aricemex S.A., Bercontres S.A., Carbones de Berga S.A., Carbones de Pedraforca S.A., Canteras Roca S. L., Canteras la Ponderosa S.A., Cemex España S.A., Ciments Molins S.A., Lafarge. S.A., Promsa, Secil S.A., Uniland Cementera S.A.

Las siguientes personas han participado en los diferentes proyectos tanto en las campañas de campo como en las determinaciones de laboratorio y sin su aportación no hubiera sido posible la edición de este manual: N. Abat, R. Blasco, V. Carbassa, J. Castellà, A. Clemente, L. Ganzer, O. Grau, M. Gómez, E. Llop, J. Llopis, J. Monerris, A. Nules, G. Ojeda, O. Ortiz, A. Pérez, A. Petit, A. Riera, J. Romanyà, P. Rovira, C. Rubio, S. Soliveres i M. Toribio.

Los autores

Prólogo

La minería a cielo abierto elimina los sistemas naturales originales y modifica severamente el paisaje. La reconstrucción de estos espacios tiene como principal problema la obtención de una morfología adecuada para la recuperación de los ecosistemas y el paisaje. La secuencia de los bancos de explotación en las distintas cotas genera excavaciones de difícil integración, especialmente si no se reconsideran los aspectos técnicos que condicionan la instalación de la vegetación.

Los conocimientos sobre el comportamiento de muchas especies mediterráneas son escasos. Por lo tanto, los resultados de las prácticas de revegetación con especies características de los ecosistemas originales (no alterados) no siempre ofrecen resultados satisfactorios, ya sea por falta de desarrollo de la tecnología específica de siembra o plantación de las especies seleccionadas, o porque no se han cumplido correctamente las especificaciones para su instalación. Estas limitaciones determinan que, con frecuencia, la revegetación se lleve a cabo con las especies tradicionales, de comportamiento más conocido, con un resultado final que puede ser claramente discordante respecto a su entorno.

El funcionamiento de los ecosistemas en las primeras fases del proyecto de restauración puede condicionar de forma drástica su evolución posterior, y por tanto estas fases son críticas para el éxito final del proyecto. Al mismo tiempo, es en estas fases iniciales cuando administrativamente, técnicamente y económicamente es más viable concentrar el esfuerzo de restauración.

La recuperación de canteras de roca caliza en clima mediterráneo (con precipitaciones irregulares y escasas) es un caso extremadamente difícil de restauración ecológica, tanto desde el punto de vista científico como técnico. Requiere, por lo tanto, un especial esfuerzo de investigación. El presente documento reúne la experiencia de los autores a lo largo de los últimos 20 años de trayectoria en este tema, a través de diferentes proyectos patrocinados por las empresas del sector (6), por las administraciones autonómicas (2), por planes nacionales de I+D+i (2FD97-1644-C03, REN2001-3297-C02, 4.3-236/2005/2-B; PRAXIS/PCNA/C/BIA/180/96) y por la Unión Europea (Ecoquarry LIFE04-ENV00195). El deseo de los autores es que este Manual sea un documento de trabajo útil para los responsables de la restauración de las explotaciones y que ayude a mejorar los resultados de los proyectos de recuperación de canteras.

Los autores

Índice

1. Introducción	7
1.1 Los objetivos en la restauración de canteras	7
2. Implementación I – El paisaje	9
3. Implementación II – El proceso de restauración	13
3.1 Planteamientos generales	13
3.2 Planteamientos específicos	13
3.2.1 La morfología del área a restaurar	13
3.2.2 Los substratos	14
3.2.3 Las siembras	15
3.2.4 Las plantaciones	16
3.3 Alternativas	17
3.3.1 Restauración ecológica	17
Acantilados y paredes rocosas irregulares	17
Taludes de pendiente superior a 30°	33
Taludes de pendiente inferior a 30°	58
3.3.2 Uso agrícola	78
Bancales o Taludes con pendiente inferior a 8°	78
3.3.3 Uso forestal	83
Taludes con pendiente inferior a 11°	83
4. Control de calidad	89
4.1 Control de la morfología	89
4.2 Especificaciones de calidad de los substratos	89
4.3 Especificaciones de calidad de las semillas	91
4.4 Especificaciones de calidad de planta	94
5. Criterios y métodos de evaluación	
5.1 Corto plazo: resultados mínimos aconsejables durante el proceso de restauración	99
5.1.1 Morfología, estabilidad y erosión	99
5.1.2 Substrato	100
5.1.3 Vegetación herbácea y leñosa	101
5.2 Medio plazo: resultados mínimos aconsejables al final del periodo de garantía (al cabo de 8-10 años desde el inicio de la restauración ecológica)	104
5.2.1 Evaluación de la altura del estrato leñoso	104
5.2.2 Evaluación de la densidad de leñosas	104
5.2.3 Diversidad de leñosas (individuos no plantados)	104

1.Introducción

Esta guía recoge la experiencia de 20 años de estudios de restauración de canteras de caliza, a través de diversos proyectos de investigación y convenios de colaboración con las administraciones y empresas del sector. En estos proyectos se ha contado con la colaboración de científicos de diferentes disciplinas, técnicos de la administración de larga experiencia en el tema y técnicos de las empresas explotadoras que han aportado su experiencia a pie de cantera. Esta actividad ha culminado con la realización del proyecto LIFE EcoQuarry (2004-2007) donde se han puesto en práctica las innovaciones técnicas de restauración a la escala de proyecto piloto en diversas canteras de la zona litoral mediterránea española y de Portugal, todas en condiciones de clima mediterráneo pero cubriendo una amplio gradiente de precipitación. Por lo tanto, esta guía se basa en un sólido soporte experimental. Para que sea de la máxima utilidad, se ha tratado de recoger el máximo abanico de alternativas de restauración que se pueden encontrar en la práctica en una cantera de calizas. No todas las situaciones consideradas tienen un soporte experimental para cada posible combinación de clima, pendiente, sustrato, especies, etc. En los casos de falta de base experimental específica, se han propuesto alternativas de restauración basadas en el conocimiento científico genérico disponible en la bibliografía, en la experiencia cualitativa acumulada y en la extrapolación de resultados de experimentos en condiciones parecidas.

1.1 Los objetivos de la restauración de canteras

Tabla 1.

Marco Legal

- Real Decreto 2994/1982, de 15 de Octubre, restauración de espacios naturales afectados por actividades extractivas (BOE núm. 274, de 15-11-1982).
- Llei 12/1981, de 24 de desembre, per la qual s'estableixen normes addicionals de protecció dels espais d'especial interès natural afectats per activitats extractives (DOGC núm. 189 de 31.12.1981).
- Decreto 82/2005, de 22 de abril, del Consell de la Generalitat, de Ordenación Ambiental de Explotaciones Mineras en Espacios Forestales de la Comunidad Valenciana. (DOCV núm. 4.993 de 26.4.2005).
- Decreto-Lei 227/82 de 14 de Junho. Reformulação e reunificação da legislação sobre pedreiras.
- Llei 3/1998 de 27 de febrer, de la intervenció integral de l'administració ambiental (DOGC núm. 2598, de 13.3.1998).
- Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (www.unfccc.int): La revegetación se considera una actividad de mitigación del cambio climático.
- Convenio de Lucha Contra la Desertificación (www.unccd.int): incluye la recuperación de tierras degradadas.
- Convenio de Biodiversidad (www.biodiv.org): incluye la recuperación de la biodiversidad.

Los espacios liberados del proceso extractivo se pueden recuperar en base a objetivos diversos, enmarcados en la legislación vigente a diversas escalas (ver Tabla 1) y por las demandas específicas del entorno a través de la concertación con las entidades locales y las administraciones competentes. Por lo tanto, las alternativas de restauración pueden ser múltiples en función del uso que se proponga para el espacio restaurado. Obviamente, toda la estrategia de restauración y las técnicas asociadas deben responder al objetivo de la restauración y el uso específico planificado. En la Figura 1 se presenta el esquema de les grandes alternativas para la restauración de las canteras. Esta guía se centra en las opciones de restauración paisajística y ecológica, más acotadas por el espacio circundante a la cantera. Las opciones de restauración recreativa son mucho más abiertas y pertenecen más al ámbito de la jardinería, del diseño urbanístico y de la arquitectura.

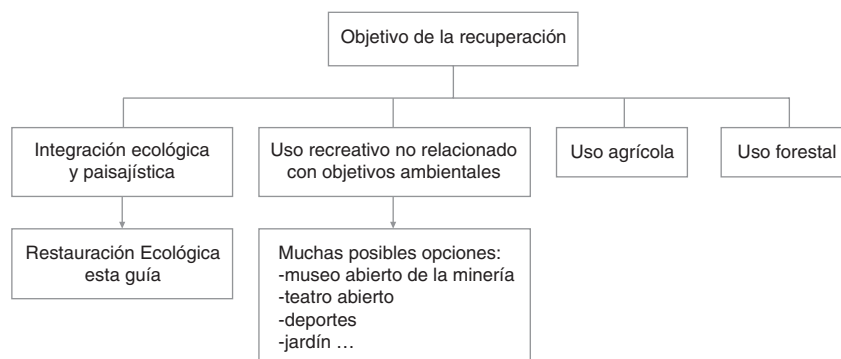
Por lo tanto, el marco de referencia de la restauración en esta guía es la integración ecológica y paisajística (estética y funcional) de la cantera en su entorno geográfico. El espacio explotado es objeto de una profunda modificación del paisaje y del ecosistema: se modifica el relieve y los flujos de agua, sedimentos y nutrientes,

desaparece el suelo de forma prácticamente total, con sus componentes abióticos y bióticos, desaparece la vegetación y sus diásporas, y desaparece gran parte de la fauna. En consecuencia, no es posible una completa recuperación del ecosistema y del paisaje, y menos a corto plazo. El proceso restaurador tiene que poner los elementos necesarios para iniciar la reconstrucción de los ecosistemas y acelerar el proceso (ver definición de restauración ecológica: www.ser.org), utilizando al máximo los recursos disponibles in situ, como los suelos procedentes del decapado previo a la explotación, sustratos de calidad aceptable de la propia cantera, semillas locales de las especies autóctonas, etc.

Queden fora de l'abast de la guia els processos i els treballs estrictament miners, de càlcul i de construcció dels talussos per gestionar el runam o per restaurar-los. Aquestes activitats, que són pròpies de l'explotació, queden més aviat dins de les activitats mineres pròpiament dites que no pas dins de la restauració en si mateixa. Tanmateix, en aquesta guia es recullen alguns aspectes relacionats amb la construcció de talussos, especialment els que millorin la seva integració en el paisatge. Per aquesta raó no s'inclouen els procediments de càlcul de talussos estables (angle d'estabilitat, llargada, desnivell).

Figura 1.

Establecimiento de los objetivos de recuperación de una cantera.



El proceso de restauración sigue una secuencia temporal con variables de control críticas en cada etapa y riesgos específicos asociados al proceso:

1. Diseño de una geoforma armónica con el paisaje y creación del relieve final. La pendiente y la creación de la red de avenamiento son los factores críticos en esta etapa.
2. Preparación, distribución sobre el terreno y estabilización del sustrato.
3. Desarrollo a corto plazo de una cubierta vegetal suficientemente protectora para evitar la erosión del sustrato instalado recientemente.
4. Control de especies agresivas e invasoras que puedan comprometer la regeneración del ecosistema natural. Aumento de la biodiversidad con el uso del máximo posible de especies autóctonas de la zona.
5. Introducción de vegetación leñosa en núcleos de dispersión que a medio plazo aceleren la colonización espontánea de la vegetación y fauna natural.

La guía se organiza en una secuencia de fichas que reproducen el proceso de restauración en la práctica. Al principio de cada situación (tipo de restauración, pendiente, ..) se presenta un esquema de las diferentes fichas que hay que consultar, ordenadas según el proceso temporal de la restauración. Igualmente, al final de cada ficha se indica la ficha que hay que consultar a continuación.

2.Implementación I - El paisaje



Figura 2.
Paisaje de referencia. Niveles de calizas y margas con matorral y pinos dispersos. Sierra del Montsià.



Figura 3.
Unidad dentro del paisaje de referencia de la Fig. 2. Canchal entre arbolado disperso y matorral. Sierra del Montsià.

La propuesta de restauración que se plantea en esta guía se basa en la definición de un número relativamente limitado de unidades que pueden ser implantadas sobre los diferentes elementos morfológicos (geoformas) que se constituyen durante el proceso de restauración (talud, piedraplén, canchales, ...).

Tal como se ha descrito en el apartado anterior, los objetivos de la restauración de canteras pueden ser muy diversos. Esta guía contempla la restauración en su sentido más estricto: la integración de la antigua cantera o frente de explotación en su entorno natural. En otras palabras: la zona restaurada, a largo plazo, debería mostrar la misma o mejor calidad del paisaje que la zona que le rodea. Para que este objetivo sea operativo, se debe definir **A** qué se entiende por calidad del paisaje, y **B** en cuánto tiempo se pretende conseguir los objetivos mencionados.

A. Se ha propuesto diferentes protocolos para la caracterización de la calidad de los ecosistemas y del paisaje. Aquí se propone una opción sencilla, realizable por cualquier explotación con los mínimos recursos técnicos y humanos. De manera sintética, los pasos a seguir son los siguientes:

1. Definir un cinturón de referencia de unos 5 km de anchura alrededor de la cantera. La anchura de esta zona se podrá ajustar en función de la topografía o los usos del suelo de zonas adyacentes, pero en cualquier caso debe ser representativa de la región geográfica.
2. Identificar a partir de fotografías aéreas recientes y cartografía las diferentes unidades de paisaje de esta zona, en función de la cubierta vegetal y la topografía, y su distribución espacial (dimensiones medias,

separación, etc.). Para esta fase es conveniente disponer de cartografía digital y sistemas de información geográfica.

3. Comprobar la clasificación hecha en el apartado anterior, y definir una clasificación y estructura definitiva a partir de visitas de campo y de la consulta de otra información disponible (por ejemplo, mapas litológicos, inventarios de especies, consultas locales,...).

Ejemplos de unidades del paisaje que se pueden identificar en el proceso de caracterización del paisaje de referencia serían:

- Encinar con sotobosque denso y árboles caducifolios aislados en vertientes de umbría.
- Espartar con arbustos aislados.
- Coscojar con abundantes afloramientos rocosos.
- Cultivos abandonados en fases iniciales de la sucesión, con árboles y arbustos en los márgenes.
- Etc.

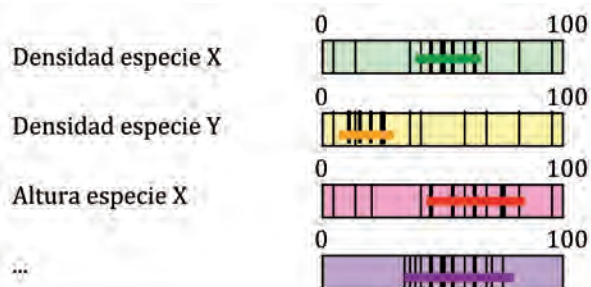
4. A partir de la información anterior, describir las características de las diferentes unidades de paisaje en base a su composición florística, estructura y presencia de especies y poblaciones emblemáticas, raras o en peligro de extinción. Se recomienda obtener al menos la siguiente información de no menos de 10 zonas no contiguas por unidad de paisaje:

- Listado de especies vegetales presentes.
- Listado de especies vegetales y animales emblemáticas, raras o en peligro de extinción.
- Abundancia de las especies más comunes, a partir de transectos de vegetación u otras medidas cuantitativas.
- Descripción de la estructura de la vegetación (densidad de individuos de las especies dominantes, altura, distribución espacial).

5. Elaborar unos rangos de referencia para cada unidad del paisaje con los datos obtenidos en el paso anterior.

Figura 4.

Registros de diferentes características de una unidad de paisaje empleadas para la caracterización de una unidad de de referencia en la restauración. Para cada variable se muestran los datos observados (líneas transversales negras) y el rango aceptable (líneas horizontales de color).



6. Diseñar la obra identificando las unidades que serán representadas, y distribuir las en el espacio de acuerdo con las características de las diferentes zonas de la cantera y del entorno.

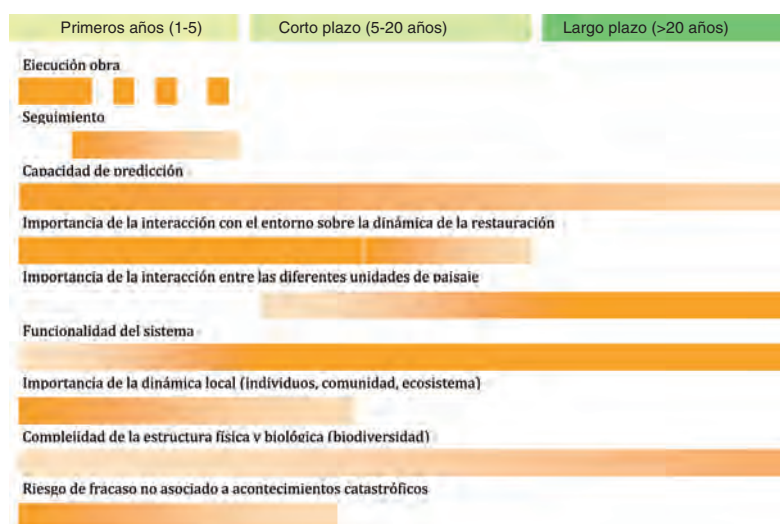
Un posible problema es que el entorno a la cantera muestre una baja calidad ambiental (zonas urbanizadas, otras canteras, zonas erosionadas, industriales, etc.). Obviamente no es preciso recrear este tipo de paisaje, sino aprovechar la restauración de la cantera para mejorarlo (nótese que en estas circunstancias el impacto de la restauración puede ser más notorio para el público). En este caso hay que buscar el paisaje de referencia en lugares más distantes, o acudir a la bibliografía y a las demandas de la sociedad para identificarlo.

B. La escala de tiempo para lograr un paisaje final de calidad depende de las condiciones de la cantera, de las características del medio y de las características del entorno. En secciones posteriores de esta guía se presentan propuestas de restauración ajustadas a las condiciones de la cantera, donde el lector podrá consultar protocolos de restauración y propuestas de seguimiento. Bajo las condiciones menos limitantes para el desarrollo de la vegetación (zonas con poca pendiente, suelos profundos y de buena calidad) hay que esperar que la recuperación de la cubierta vegetal sea más rápida (y el riesgo de invasión y dominancia de especies no deseadas, posiblemente, mayor). En cuanto a las características del medio, los ambientes semiáridos, menos productivos, más variables y más sensibles a variaciones interanuales de las condiciones climáticas, tardarán más en reconstruirse. Finalmente, si el entorno de la cantera ha preservado su integridad y la frontera entre la zona explotada y la zona no alterada es tortuosa e irregular, hay que esperar que la restauración, entendida como integración en el entorno, progrese más rápidamente. Teniendo en cuenta estas diferencias, podemos identificar tres marcos temporales en la restauración:

1. Un marco inmediato, en que se llevan a cabo las diferentes acciones planificadas. El objetivo de éste es la formación del relieve y las unidades identificadas, el establecimiento de la vegetación y la protección del suelo. Este marco está completamente bajo el control de la obra, que debe garantizar la calidad de planificación y ejecución.
2. Un marco a corto y medio plazo, que pretende generar un sistema con unos niveles mínimos de composición y funcionamiento. Este marco es resultado de la calidad del trabajo anterior y las condiciones inmediatamente posteriores. El grado de control es elevado y debe contemplar la posibilidad de intervenciones complementarias para corregir errores de planificación e intervenciones fracasadas.
3. Un marco a largo plazo, donde el objetivo es que la zona restaurada no sea esencialmente diferente de las zonas colindantes. El grado de incertidumbre a este nivel es elevado, porque no sólo depende de los resultados de la gestión anterior, sino también de otros factores como las variaciones climáticas, la presencia de perturbaciones (condiciones climáticas extremas, fuego, plagas...), de la propia dinámica compleja y poco conocida de los ecosistemas y del paisaje, y de cambios en las prioridades de la sociedad.

Figura 5.

Ilustración gráfica de los diferentes marcos temporales de la restauración de canteras y de la importancia relativa del inicio de las diferentes fases de la obra y de las características del paisaje resultante. Las cifras dadas para los diferentes períodos dependen de las condiciones de la cantera, tal como se explica en el texto.



3.Implementación II - El proceso de restauración

3.1 Planteamiento general

El objeto de este manual es la integración de los espacios degradados en su entorno natural. Por ello se han considerado las siguientes orientaciones de la restauración: ecológica, para uso agrícola y para uso forestal.

Se ha considerado que la pendiente y el tipo de material que va a utilizarse como sustrato limitan y condicionan las actuaciones de revegetación. Esto se ha recogido en las fichas temáticas de cada alternativa.

El proceso de restauración tiene que contemplar los siguientes pasos:

- Paso 1. Creación de la morfología y establecimiento del sistema de drenaje (fichas A)
- Paso 2. Obtención de los sustratos (fichas B)
- Paso 3. Siembras (fichas C)
- Paso 4. Plantaciones (fichas D)
- Paso 5. Mantenimiento (fichas E)

En total, el manual consta de cinco situaciones posibles para la restauración ecológica:

- Acantilados o taludes pedregosos irregulares
- Taludes con pendientes superiores a 30°
 - Sustrato pedregoso
 - Sustrato fino
- Taludes con pendiente inferior a 30°
 - Sustrato pedregoso
 - Sustrato fino

La bibliografía específica recoge la necesidad de disponer de espacios con pendientes moderadas para obtener buenos resultados en los trabajos de restauración. Desde los diversos organismos responsables se promueven pendientes inferiores a 30°. No obstante, se ha incluido la situación con pendientes superiores debido a que muchas zonas en fase de restauración vienen reguladas por programas de restauración antiguos donde se aceptaban estas situaciones.

3.2 Planteamientos específicos

3.2.1 La morfología del área a restaurar

La explotación minera a cielo abierto modifica la geomorfología del espacio en explotación (cambio de formas): la red hidrográfica, la pendiente y las vertientes preexistentes son substituidas por nuevas configuraciones con nuevas características. En segundo lugar se ven afectados los procesos que se desarrollan sobre estas formas: erosión y sedimentación de partículas así como toda la dinámica del agua.

En definitiva, no sólo se crean unos espacios degradados, con una morfología nueva y unas dinámicas propias, sino que se crea un espacio singular, disimilar de su entorno. La restauración de estos espacios con mucha frecuencia pasa por la creación de una nueva geomorfología. Esto comporta la estructuración de una red de drenaje adaptada a las nuevas condiciones morfológicas, que sea eficaz y sin riesgos. De la misma forma implica la creación de vertientes geomorfológicamente estables y dotadas de un sustrato de crecimiento para las plantas.

Para la obtención de estos elementos morfológicos es necesario aplicar los criterios constructivos habituales, que por otra parte son bien conocidos por los responsables de las explotaciones. Se pueden sintetizar diciendo que se trata de realizar los trabajos necesarios para alcanzar el objetivo de mantener la seguridad de las personas

en todo momento y en cualquier punto de la explotación. Por razones obvias hay que asumir estos objetivos de seguridad durante la fase funcional y también una vez abandonada la explotación.

Además de estos objetivos de seguridad, la legislación actual obliga a aplicar medidas correctoras de los impactos ambientales que se generan como consecuencia de la explotación. Entre estas medidas se contempla la introducción de la vegetación en los nuevos espacios, condicionada por la estabilidad de las formas construidas, por la semejanza de los nuevos espacios con su entorno (no o poco modificados) y por la existencia de un medio de crecimiento de la vegetación capaz de cumplir con la función de mantenerla.

En este documento se pretende aportar criterios y prácticas que complementan los criterios constructivos de taludes (terraplenes, pedraplenes,...) y de cualquier otra geoforma. Está redactado de forma que pueda ser utilizado, a criterio del técnico responsable de la restauración, para mejorar la integración del área minera en su entorno. Estos criterios no sustituyen las normas de seguridad constructivas. Están pensados como complemento de estas normas y prácticas, para que aplicándolos durante la construcción de taludes, los elementos de la morfología final se adecuen mejor a las necesidades de los trabajos de restauración en general y de la revegetación en particular.

Prácticas generales de construcción y protección aplicables a cualquier tipo de geoforma

La recuperación de la geomorfología, a menudo comporta la necesidad de gestionar volúmenes importantes de material de rechazo que se han de ubicar en el interior de la zona de explotación.

La creación de nuevas formas del relieve se hace de acuerdo con los tres principios generales siguientes:

1. Estabilidad geotécnica máxima, incluyendo el riesgo moderado.
2. Adecuada gestión de las aguas afloradas o pluviales.
3. Protección de las geoformas y control de la erosión como consecuencia de precipitaciones excepcionalmente intensas.

Todo ello debe ser compatible con las exigencias de estabilidad de la cubierta edáfica necesaria para el establecimiento de la vegetación.

Las condiciones de estabilidad geotécnica se pueden observar en la zona circundante a la explotación. Son una buena referencia para el diseño de nuevas geoformas: la presencia y la altura de los taludes naturales, el ángulo de inclinación de las vertientes estables y sin erosión y las características de la red de drenaje preexistente.

La buena gestión del agua aflorada en la explotación es imprescindible para mantener la estabilidad de los taludes próximos y para evitar los movimientos en masa. La red interna de drenaje de la explotación debe recoger esta agua y debe evacuarla de forma segura a la red de drenaje regional. También debe evitarse la entrada en los taludes del agua de escorrentía de las precipitaciones ordinarias, bien sea mediante cunetas perimetrales bien sea con cordones de tierras con la consistencia suficiente.

Las aguas de precipitaciones intensas (por ejemplo las de otoño) generan fenómenos de erosión que degradan los taludes (deslizamientos, cárcavas y surcos) y requieren otro tipo de gestión. Este agua debe ser recogida adecuadamente y canalizada hacia la red general de drenaje. Como consecuencia de la erosión de partículas finas de los taludes, estas aguas se enturbian lo que exige que la red de drenaje esté dotada de balsas de sedimentación para la decantación de los finos antes de evacuarlas a la red general. La red de drenaje debe estar dimensionada tomando como referencia un periodo de retorno de 500 años, o aquello que disponga en cada momento la legislación aplicable o la administración.

3.2.2 Los substratos

Una vez se ha establecido la morfología de las diferentes unidades de la cantera a restaurar, hay que proporcionar un substrato edáfico que permita el desarrollo del tipo de formación vegetal deseado. En determinados casos puede ser suficiente el propio material de rechazo de la cantera, previo un control que determine sus características, pero habitualmente habrá que preparar unos substratos que tengan las propiedades físicas y la capacidad de suministro de nutrientes convenientes para las plantas que se quiere que se desarrollen. Siempre que sea posible, se procurará

el aprovechamiento del suelo natural de la zona obtenido a partir del decapado previo a la explotación (capaceo), conservándolo en buenas condiciones y restituyéndolo como tierra vegetal sobre las superficies restauradas.

Muy a menudo los suelos de las canteras son esqueléticos, muy pedregosos, y pobres en nutrientes. Por lo tanto, la restauración con criterios ecológicos no debe pretender crear sustratos muy fértiles, gruesos o con mucha tierra fina, si se quiere que se desarrolle una vegetación semejante a la natural. Por el contrario, cuando se quiere reestablecer campos de cultivo, crear pantallas verdes, o estabilizar taludes con vegetación, el suelo deberá tener una profundidad y fertilidad suficientes.

Es conveniente aprovechar los materiales de rechazo mineral de la propia explotación siempre que sean adecuados como materiales formadores de suelos. Un paso imprescindible es disponer de una información analítica (ver apartado 4.2) para conocer sus características y poder buscar las enmiendas más apropiadas. Además de los parámetros analíticos, hay que controlar que los materiales de rechazo no contengan residuos como hierros, plásticos, vidrios, neumáticos, escombros, etc. y no estén contaminados por lubricantes, fugas de combustibles, etc.

Para mejorar la fertilidad química y biológica de los sustratos puede ser conveniente añadir pequeñas dosis de materiales orgánicos residuales (lodos de depuradora, compost de diversa procedencia, estiércoles) o restos vegetales procedentes de un desbroce reciente.

En la ficha B1 se explica cómo calcular las proporciones de enmienda que hay que incorporar a un material de rechazo para obtener un sustrato que reúna unas condiciones adecuadas de fertilidad. De acuerdo con el esquema general de esta guía, se han previsto 7 tipologías de sustrato que responden a las situaciones más frecuentes en la restauración de canteras de caliza. Las condiciones que deben reunir los diferentes tipos de sustratos se explican en forma de fichas, donde se dan orientaciones para el control final de la calidad del sustrato. El control se deberá realizar cuando ya se ha colocado el sustrato sobre el terreno.

3.2.3 Las siembras

Las siembras tienen diferentes finalidades. La cubierta vegetal reduce la escorrentía superficial y la erosión. En condiciones susceptibles de presentar procesos erosivos importantes (taludes de gran pendiente con sustratos muy erosionables), las siembras iniciales tienen como objetivo principal la fijación del sustrato. Se suelen utilizar especies de rápido crecimiento, con frecuencia denominadas especies *estárter*, capaces de formar un estrato herbáceo denso con relativa rapidez. Entre estas especies, las gramíneas tienen un papel relevante, ya que son capaces de formar numerosas hojas a ras del suelo y porque enraízan densamente en el suelo. También tienen interés las leguminosas, a causa de su capacidad de utilizar el nitrógeno atmosférico, y por tanto de crecer en sustratos pobres en nutrientes y de mejorarlos. El incremento de la biodiversidad y la instalación de las especies autóctonas que promuevan la evolución de los ecosistemas naturales (sucesión secundaria) debe ser también el objetivo de la revegetación y en consecuencia también de las siembras. Así pues, es importante que las especies *estárter* no limiten el establecimiento de las autóctonas. El uso de especies *estárter* anuales o que persistan poco en las zonas sembradas puede generar cubiertas vegetales iniciales importantes y posteriormente pueden permitir la introducción espontánea o forzada de las especies presentes en los ecosistemas naturales de referencia.

Las propuestas de siembras de este Manual tienen como finalidad promover la diversidad de la vegetación empleando el máximo posible de las especies de los ecosistemas que se pretenden reconstruir, y los resultados se deben evaluar bajo esta perspectiva. Por esto se incluyen métodos y criterios de evaluación específicos para cada fase del proceso de restauración ecológica. Las listas de especies son sugerencias que deben ser contrastadas con las especies recogidas en el programa de restauración aceptado por el organismo de la Administración competente y con los ecosistemas de referencia a reproducir identificados en el estudio inicial de paisaje. Algunas de las especies consideradas son cosmopolitas, presentes en muchas comunidades vegetales, y se han incluido por su capacidad de generar recubrimiento vegetal en condiciones diversas. Otras son más específicas, y se recomiendan en determinados climas, geoformas o sustratos. Se ha intentado que exista siempre una cierta proporción de leguminosas, dada su importante función de fertilización del sustrato, ya mencionada. Se recomienda incorporarlas en las siembras, especialmente en sustratos pobres en nitrógeno. Muchas de las especies propuestas no están reguladas por ningún reglamento técnico de control y certificación

de sus semillas. Se proponen criterios de control de calidad de los lotes para intentar subsanar esta deficiencia.

3.2.4 Las plantaciones

El principal objetivo de las plantaciones en las canteras, en el contexto de la restauración ecológica, es acelerar la sucesión creando la composición, la estructura física y la función del ecosistema de referencia (entendido como el que representa el paisaje del entorno del área a restaurar o el paisaje preexistente). Se asume que esta combinación de estructura y función será capaz de aportar una serie de servicios a la sociedad (depuración del agua, control hidrológico, protección del suelo, etc.). Con frecuencia las comunidades de referencia en el ámbito mediterráneo incluyen especies leñosas, árboles y arbustos, dominando la cubierta vegetal o como grupos de vegetación leñosa dentro de una matriz de herbáceas, con leñosas de reducidas dimensiones (subarbustos) y suelo desnudo.

Los ecosistemas, incluso los aparentemente más sencillos, constituyen una compleja red de interacciones dinámicas: reconstituirlos de forma completa partiendo de cero no es posible. Pero hay medios que pueden facilitar el ensamblaje de diferentes partes del ecosistema y la reorganización del resto. La introducción de plantas leñosas tiene un objetivo doble. Por un lado, recuperar estas especies, con frecuencia emblemáticas y necesarias para el funcionamiento del ecosistema en su conjunto. Por otro, promover su papel como especies clave, que pueden atraer otras especies, y contribuir a restablecer la integridad del ecosistema.

La vegetación mediterránea se caracteriza por su crecimiento relativamente lento y de pauta estacional. La colonización espontánea de las especies leñosas también es lenta, por falta de semillas, por la ausencia de agentes dispersantes de semillas (como algunas aves), o por la rigurosidad del ambiente (suelos de baja calidad y condiciones meteorológicas desfavorables). Con la plantación se pretende acelerar la fase de colonización, introduciendo plantas seleccionadas y creando mejores condiciones para su establecimiento.

Por otro lado, las plantas introducidas deben generar una comunidad funcional que requiera la mínima intervención (en todo caso, un nivel de intervención análogo al del ecosistema de referencia). Por ello, la plantación debe considerar simultáneamente una perspectiva temporal inmediata (que garantice la supervivencia de suficientes plantas y la presencia de suficientes especies) y una visión a largo plazo (representada por un ecosistema sostenible en los términos descritos anteriormente).

Además de una mejor integración paisajística y ecológica, la plantación de especies locales ofrece otras ventajas importantes: son especies adaptadas a las condiciones edáficas y climáticas, y también a los agentes bióticos (insectos polinizadores, herbívoros, micorrizas, plagas, potenciales, etc.), de la zona a recuperar. En consecuencia, son las especies que mejor garantizan una sucesión sostenible de la nueva comunidad vegetal. Las plantaciones también son necesarias para incorporar especies de difícil introducción por siembra.

Los criterios para definir la composición y la densidad de las plantaciones se basan, obviamente, en los sistemas de referencia. Debe favorecerse la diversidad de las especies (tipo funcional, formas de ocupación del espacio, interacción con la fauna) teniendo en cuenta las respectivas respuestas a las condiciones adversas o a perturbaciones naturales como el fuego (capacidad de supervivencia, de competencia, de rebrote, etc.), así como los requerimientos o condicionantes específicos de la zona a restaurar (pedregosidad del sustrato, pendiente). En esta línea, las propuestas de plantación se presentan según los diferentes tipos de situaciones.

A continuación se describen métodos y criterios de evaluación específicos para la plantación de especies leñosas en las canteras. Los listados de especies son sugerencias que deben contrastarse con las especies recogidas en el programa de restauración aceptado por el organismo de la administración competente, y con los ecosistemas de referencia que se desea reproducir. Muchas de las especies que se proponen no están reguladas por ningún reglamento técnico de control y certificación. Para estos casos, se proponen criterios de control de calidad de las plantas basados en la experiencia de viveros forestales y la normativa vigente.

Cabe considerar que la introducción de plantas por siembra y plantación en taludes con fuerte pendiente se puede abordar con una gran variedad de técnicas de bioingeniería que no se tratarán en este manual. Asimismo, no se descarta su posible utilización en las situaciones más difíciles, aunque su coste es mucho más elevado respecto las técnicas que se proponen en esta publicación. Se puede encontrar una referencia a la restauración de taludes con métodos de bioingeniería en el trabajo de Mataix (2003).

3.3 Alternativas

3.3.1 Restauración ecológica



Ficha A1. Morfología

Sin substrato

Morfología de la unidad: Pared

Pendiente muy fuerte ($>70^\circ$)

Terreno muy pendiente, incluso vertical pero nunca formando ángulos inversos.

Incluye los frentes de los bancos de explotación y las paredes de taludes.



Objetivos

- Adecuación de una pared formada durante la explotación de la cantera para que se pueda integrar en su entorno.

Acciones a evitar

- Eliminación excesiva de los bancos de explotación intermedios con el fin de no generar paredes demasiado largas.
- Iniciar los trabajos de revegetación si no hay instalados los sistemas de protección de la pared y los sistemas de gestión del agua necesarios.

Aspectos relacionados con la fase de construcción

- La pared de los taludes, preceptivamente, no podrá tener más de 40 m sin bermas intermedias, a condición de que el frente sea estable y no sobrepase la vertical. No obstante, es muy difícil integrar paredes de talud de más 10 m de altura.
- Pueden haber razones científicas (interés ecológico, geológico o paleontológico), culturales (interés arqueológico), paisajísticas, de seguridad (control de incendios), de accesibilidad (presente o futura) o lúdicas (escalada),... para conservar alguna pared vertical. En este caso será necesario hacer los trabajos que se requieran para adecuar la pared a tal finalidad y garantizar las condiciones de seguridad para su uso.

Estabilidad geotécnica

- La preceptiva, que en este caso incluye el saneamiento de la pared.

Seguridad post explotación

- Es imprescindible haber hecho un buen saneamiento a medida que progresa la obra.
- Es forzoso tomar las medidas de precaución necesarias en cada caso para garantizar la seguridad de personas y bienes y la posible afectación desfavorable a las explotaciones contiguas o al medio; puede ser necesario un cierre perimetral.
- Diseño de una berma (o mota) al pie para la retención de bloques y piedras caídas. La propuesta de diseño depende de la altura de la pared. Algunas relaciones de referencia pueden ser:
 Anchura mínima de berma = $4,5 + 0,2 \cdot H$ (todo en m; H = Altura de la pared)
 Altura mínima de berma = $1 + 0,04 \cdot H$ (todo en m; H = Altura de la pared).
 Pueden aplicarse otros criterios como los de la tabla siguiente:
 Medidas mínimas para la construcción de bermas de retención de caída de bloques (m).

Altura de banco	Ancho de la zona de impacto	Altura de berma	Anchura de berma	Anchura mínima de banco
7,5	1,5	0,8	2	3,5
15	5	1	3	8
30	7	1	3	10

Protección del talud y gestión del agua de precipitaciones intensas

- Si la pared está en el límite de la explotación, es perceptivo evitar la entrada de agua de escorrentía en la explotación con las cunetas de guarda necesarias y adecuadamente distribuidas y conectadas a la red hidrológica general.
- Evitar la caída de agua por la pared sin el adecuado control.

Control de la erosión

- Si el frente de explotación corta un acuífero, será necesario reducir la presión freática para evitar el colapso de las capas susceptibles de disgregarse.

Impacto visual

- Puede ser de interés paisajístico la integración en el entorno de la zona más alta de la pared del talud, reduciendo la pendiente en la parte superior de la pared, en uno o diversos tramos.
- Aportar de forma geotécnicamente estable sustrato de revegetación en la cabecera y en la base de la pared a fin de facilitar la introducción de vegetación.
- Conservar la línea del horizonte puede ayudar a reducir el impacto visual desde las vías de acceso, zonas transitadas o pobladas.
- Será necesario prever la posibilidad de introducir irregularidades que rompan la monotonía y la regularidad de los bancos de explotación, tanto vertical (haciendo paredes verticales sinuosas) como horizontal, especialmente si cortan de forma oblicua la estratificación.
- Se pueden crear pequeñas discontinuidades en la pared que permitan en el futuro el establecimiento de nidos de pájaros y la colonización por parte de plantas espontáneas.

Ir a
B1

Ficha A2. Morfología

Sin substrato (o substrato muy pedregoso, con bloques,...)

Morfología de la unidad: Canchal

Pendiente > 30°

Talud de bloques, piedras y gravas, con predominio de los primeros (piedraplén). Puede estar, o no, adosado a una pared de roca vertical o subvertical.



A. Clemente

Objetivos

- Creación de un canchal de pendiente fuerte (>30°), formado con bloques, piedras y gravas, con predominio de los dos últimos.

Acciones a evitar

- Iniciar los trabajos de revegetación si no están instalados los sistemas de protección de la pared y los sistemas de gestión del agua necesarios.

Aspectos relacionados con la fase de construcción

Dimensiones

- Estabilidad geotécnica que cumpla la legalidad vigente.

Técnica constructiva

- La construcción de pequeños piedraplenes dentro del talud puede romper la uniformidad y mejorar el rendimiento de la restauración.
- La inclinación de la base de la plataforma sobre la cual se construye el talud ha de ser inferior a 20° (recomendación).

Forma del talud. Perfil longitudinal

- Ángulo superior a 30° respecto la horizontal.
- Puede ser mixto: pared + talud

Forma del talud. Perfil transversal

- Es recomendable no hacerlo rectilíneo, sino ondulado, dejando espacios cóncavos que puedan concentrar la escorrentía superficial y conectarlos a la red de drenaje.

Protección del talud y gestión del agua de precipitaciones intensas

Gestión del agua en la explotación

- Establecimiento de balsas de decantación de finos antes de evacuar las aguas a la red de drenaje natural (Fig. 6).
- Construir una red de desagües para la evacuación segura del agua a puntos más bajos de la red de drenaje natural.

Control de entrada de agua de escorrentía al talud

- Construir una red de drenaje perimetral (cuneta perimetral), defensiva del talud, para evitar la entrada de agua de escorrentía superficial. Alternativamente, cordones superiores con rechazos para la misma finalidad;
- Construir desagües en los caminos que eviten la entrada de agua en el talud;

Gestión del agua en el talud

- Este tipo de taludes puede utilizarse de forma estratégica en áreas de antiguos elementos de la red de drenaje con riesgo de que reaparezcan.

Gestión del agua a pie del talud

- El agua puede llegar a la base de la unidad con mucha energía cinética y por lo tanto ser muy erosiva.
- Puede ser recomendable la creación de balsas de decantación de finos a su pie.

Seguridad post explotación

- En necesario tomar las medidas de precaución adecuadas en cada caso, para garantizar la seguridad de las personas y bienes y la no afectación a les explotaciones contiguas ni al medio.
- Instalar indicaciones de peligro, cierre perimetral,... o aquello que la ley disponga en cada momento

Control de la erosión

- Una vez garantizada la estabilidad geotécnica del talud, este material es poco susceptible a la erosión.

Impacto visual

- Para reducir el impacto visual, los taludes deben tener unas dimensiones que sean asimilables a los de su entorno.

Ir a
B1



Ficha B1. Substrato

Substrato en la base

Morfología de la unidad: motas o cordones de tierras.

Motas y cordones de suelo en la base de acantilados rocosos para instalación de pantallas visuales.

Incluye la construcción de taludes muy pedregosos (canchales).



M. Jorba

Objetivos

- Obtención de sustratos adecuados para el desarrollo de la vegetación a modo de pantallas visuales e islas de vegetación en taludes muy pedregosos.

Acciones a evitar

- Abordar las tareas de reposición de sustrato si no existen los sistemas de protección del talud y de gestión del agua de escorrentía correspondientes.
- Incorporar cantidades de enmienda orgánica en exceso que puedan contaminar por lixiviación las aguas superficiales y los acuíferos.
- Almacenar las enmiendas orgánicas, especialmente lodos de depuradora, en sitios no acondicionados, para evitar problemas ambientales y sanitarios.

Condiciones geomorfológicas

- Anchura de base mínima de la mota 2 m.
- Altura cordones: variable, de 1 a 2,5 m.
- Perfil del cordón: triangular isósceles de $< 38^\circ$.
- Perfil de base del pie de monte: triángulo rectángulo.
- La base siempre debe estar sobre una superficie estable.

Materias primas para el sustrato

- Hay que disponer de una analítica básica (ver apartado 4.2).
- Tierras importadas.
- Rechazos moderadamente pedregosos.
- Evitar tierras muy limosas o arenosas.

Enmiendas

- Hay que disponer de los datos analíticos (ver apartado 4.2).
- Restos vegetales de operaciones de desbroce, compost, estiércoles o lodos de depuradora.
- Fertilizantes minerales.

Requerimientos del sustrato (valores finales de la mezcla de materias primas y enmiendas)

- Se recomienda un sustrato de fertilidad media-alta.
- Elementos gruesos: $< 50\%$.
- Materia orgánica: 1 %. La cantidad de materia orgánica añadida no debe representar un incremento superior al 1% de materia orgánica respecto a la tierra fina (fracción $< 2\text{mm}$) del sustrato.
- Salinidad $< 3 \text{ dSm}^{-1}$.

Preparación de las mezclas de materiales minerales y enmiendas orgánicas

- Seguir las indicaciones del apartado de dosificaciones.
- Es importante que las enmiendas queden bien incorporadas por lo que hay que hacer varios volteos (3 como mínimo).
- Se recomienda colocar las mezclas de sustrato en el lugar definitivo en forma de mota o de depósito al pie del frente, a medida que se va preparando.
- Es conveniente preparar la mota a finales de invierno, época en que son poco frecuentes las lluvias intensas que podrían erosionar los montones de tierra.
- Dejar reposar las mezclas un mes antes de realizar las plantaciones.
- Si después de preparar las mezclas no se pueden colocar en el lugar definitivo, se pueden depositar en pilas aisladas que no superen 4 m de altura o en bancos de altura <2,5 m, haciendo volteos periódicos si deben estar almacenadas por un período superior a 1 año.

Colocación del sustrato

- En forma de mota o cordón de tierras de 1 m a 2,5 m de altura.
- En la base de un frente rocoso, altura mínima 2 m, máxima 5 m.
- En caso de riesgo de desprendimientos de piedras del frente, se puede colocar la mota unos metros avanzada con respecto al frente rocoso a modo de barrera protectora (ver ficha A1).
- Hay que tener en cuenta el asentamiento del material antes de la plantación (12 meses de asentamiento).
- Intercalar depósitos de sustrato de 1-3 m³ sobre los taludes muy pedregosos (canchales) para potenciar la instalación de islas de vegetación.

Control de calidad y mantenimiento

Tomar una muestra representativa del sustrato al cabo de 2 años de la construcción de la mota. Cuando se disponga de los resultados analíticos, hacer las correcciones necesarias en función de los resultados.

Dosificaciones

Datos necesarios

- Volumen de sustrato a reponer (m³): Superficie (m²) y espesor (m).
- Densidad aparente del material a enmendar: Toneladas de material / m³ o kg material / m³.
- % Tierra fina (TF < 2 mm) del material a enmendar: kg TF / 100 kg material .
- % Materia orgánica del material a enmendar: kg MO / 100 kg TF.
- % Materia orgánica enmienda: kg MO enmienda seca / 100 kg enmienda seca.
- % Materia seca enmienda: kg enmienda seca / 100 kg enmienda fresca
- Densidad de la enmienda (si se quiere calcular la relación volumétrica).

Procedimiento

1. Estimación de la proporción (%) de enmienda a aportar para aumentar el contenido de MO del sustrato (material) a enmendar, referido a tierra fina

$$\frac{\text{incremento kg MO}}{100 \text{ kg TF}} \times \frac{100 \text{ kg enmienda seca}}{\text{kg MO enmienda seca}} \times 100 = \text{kg enmienda seca} / 100 \text{ kg TF}$$

Se debe aportar enmienda cuando la dosis represente un incremento superior al 0,2%.

2. Cálculo de la dosis de la enmienda (en fresco) que es necesario aportar en el volumen del sustrato a restaurar:

$$\frac{\text{kg enmienda seca}}{100 \text{ kg TF}} \times \frac{\text{kg TF}}{100 \text{ kg material}} \times \frac{\text{kg material}}{\text{m}^3} \times \frac{100 \text{ kg enmienda fresca}}{\text{kg enmienda seca}} \times \text{volumen material}$$

$$= \text{kg enmienda fresca}$$

También se puede calcular la relación volumétrica para preparar la mezcla de sustrato teniendo en cuenta la densidad de la enmienda. Si la relación es $>1/20$ (enmienda/material) se recomienda hacerlo en dos o más etapas.

Ejemplo

- Superficie a restaurar: 5000 m². Espesor de sustrato: 0,4 m.
- Densidad aparente del material de rechazo: 1,7 toneladas / m³ = 1700 kg / m³.
- Peso del material a enmendar: 3400 toneladas (volumen x densidad aparente).
- % Tierra fina del material de rechazo: 32.
- % MO material de rechazo: 0,4.
- % MO que se quiere alcanzar en el sustrato enmendado: 1.
- % MO enmienda (sobre materia seca): 50.
- % Materia seca enmienda: 65 .

$$\frac{(1-0,4) \text{ kg MO}}{100 \text{ kg TF}} \times \frac{100 \text{ kg enmienda seca}}{\text{kg MO enmienda seca}} \times 100 = 1,2 \text{ kg enmienda seca} / 100 \text{ kg TF}$$

$$\frac{1,2 \text{ kg enmienda seca}}{100 \text{ kg TF}} \times \frac{32 \text{ kg TF}}{100 \text{ kg material}} \times \frac{1.700 \text{ kg material}}{\text{m}^3} \times \frac{100 \text{ kg enmienda fresca}}{65 \text{ kg enmienda seca}} \times 2.000 \text{ m}^3$$

= 20 t enmienda fresca a mezclar con 2000 m³ de material de rechazo (3400 toneladas de material de rechazo).

Relación volumétrica (considerando una densidad de la enmienda = 0,8 toneladas / m³).

20 t enmienda fresca = 25 m³ enmienda fresca

Ir a
C1

Ficha C1. Siembra

Sin sustrato (o sustrato muy pedregoso, con bloques, etc.)

Morfología de la unidad: Pared rocosa o canchal

Pendiente > 45°

Revegetación con especies de fisuras o sustratos pedregosos en superficie, cabecera y pie del talud.



Objetivo

- Promover la instalación de vegetación introducida o espontánea en los microhábitats e irregularidades de la roca favorables, para aumentar la biodiversidad y la integración con el entorno.

Acciones a evitar

- Hacer hidrosiembras en paredes rocosas lisas donde las plantas no pueden enraizar ni perdurar en el tiempo.
- Hacer las hidrosiembras en épocas no favorables.
- Hacer las hidrosiembras si no existen los sistemas de protección superiores (canales o cordones perimetrales) necesarios.

Acciones no admisibles

- Introducir especies exóticas porque pueden competir y desplazar a las especies autóctonas que se pretende potenciar (consultar legislación).

Proceso

Se propone realizar dos tipos de intervención:

1. Revegetación activa sobre la superficie del talud y
2. Revegetación pasiva desde la cabecera.

Superficie del talud

- Aplicación de hidrosiembra localizada a las zonas más favorables del talud, como concavidades y grietas que pueden recoger materiales finos o estratos con materiales poco consolidados potencialmente colonizables por las plantas.
- La hidrosiembra se aplicará en dos fases. La primera aplicación contiene todos los componentes principales (las semillas, los fertilizantes, el sustrato y, eventualmente, los compuestos húmicos) y parte del acolchado (mulch), el fijador y el agua. La segunda aplicación tiene como objetivo cubrir las semillas para favorecer su germinación utilizando una mezcla con el resto de acolchado, fijador y agua.

Cabecera

- Si la accesibilidad, las condiciones edáficas y las condiciones morfológicas son favorables, se recomienda hacer siembras con las mismas especies empleadas en la actuación de superficie para la cabecera del talud. Se pretende fomentar la revegetación del talud mediante las semillas dispersadas desde la cabecera. En este caso, las siembras pueden ser manuales. Después de la siembra es necesario cubrir las semillas para facilitar su germinación.

Composición de las siembras

- **Época de siembra:** septiembre-febrero.
- **Forma de aplicación:** hidrosiembra.
- **Composición especies:** según Tabla C1, incorporando el máximo de especies perennes posibles.
- **Dosis total de semilla:** 350 kg/ha.
- **Acolchado:** 600-1000 kg/ha de fibra corta (madera, paja, coco o similar).
- **Fijador orgánico o inorgánico:** 100-150 kg/ha.
- **Agua:** 25-50 m³/ha.
- **Substrato:** arcillas, turba, tierra vegetal, sustratos de jardinería, etc. en dosis variable según la potencia y las características de la maquinaria utilizada.
- **Fertilizantes inorgánicos (opcional):** 10-60 g/m² de fertilizante NPK (15-30-15).
- **Ácidos húmicos y fúlvicos (opcional):** dosis variable.
- **Alginatos (opcional):** 30-100 l/m².

Control de calidad

Control de calidad de los lotes de semillas según los parámetros del apartado 4.3. Se recomienda no aceptar el material vegetal si el lote no cumple los mínimos de calidad recomendados. La dosis de siembra se podrá adaptar al porcentaje de germinación obtenido.

Resultados mínimos aconsejables (proceso de restauración)

Presencia de algunas plantas de las especies sembradas y/o espontáneas en las paredes o taludes rocosos.

Resultados mínimos aconsejables (final de la garantía)

- Cobertura vegetal al final del período de garantía: un 20% de la cobertura media de las paredes rocosas y canchales naturales del entorno (ver apartado 5 de evaluación).
- Presencia en la cabecera de las especies sembradas (ver apartado 5 de evaluación).

Mantenimiento

- Resiembras en la cabecera si no se cumplen los resultados mínimos recomendados.
- Riegos de mantenimiento en la cabecera si las condiciones meteorológicas después de las siembras no son favorables.

Ir a
E

Tabla C1.

Relación de algunas especies propias de suelos pedregosos y fisurales (*) según el biotipo y el clima.

Especies	Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	Biotipo			Disponibilidad
					Herbáceas	Leñosas		
						Anual	Perenne	
<i>Allium roseum</i>			x	x		x		
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>		x	x			x		
<i>Anthyllis cytisoides</i>	x	x	x				x	a b
<i>Anthyllis vulneraria</i>	x	x	x	x		x		
<i>Asperula aristata</i>	x					x		
<i>Antirrhinum majus</i>			x	x		x		
<i>Brachypodium phoenicoides</i>		x	x	x		x		a b
<i>Brachypodium retusum</i>	x	x	x	x		x		a b
<i>Calendula suffruticosa</i>	x	x			x			
<i>Capparis spinosa</i>	x							
<i>Dipsacus comosus</i>		x			x			
<i>Eryngium dilatatum</i>	x	x				x		
<i>Euphorbia characias</i>		x	x	x			x	b
<i>Euphorbia flavicoma</i> ssp. <i>mariolensis</i>		x	x	x				
<i>Geranium purpureum</i>			x	x	x	x		
<i>Helianthemum apenninum</i>	x	x	x	x		x		
<i>Heteropogon contortus</i>	x	x	x	x		x		
<i>Iberis procumbens</i> ssp. <i>microcarpa</i>		x	x			x		
<i>Jasminum fruticans</i> *		x	x				x	
<i>Lobularia maritima</i>		x	x			x		
<i>Osyris alba</i>		x					x	
<i>Paronychia argentea</i>	x	x	x	x	x			
<i>Phagnalon rupestre</i>	x	x	x	x		x		
<i>Phagnalon saxatile</i> *	x	x	x	x			x	
<i>Phagnalon sordidum</i>	x	x	x	x		x		
<i>Phlomis purpurea</i>	x	x					x	
<i>Polygala rupestris</i>	x		x	x		x		
<i>Reichardia picroides</i>	x		x	x		x		
<i>Sedum acre</i>	x	x	x	x		x		a b
<i>Sedum album</i>	x	x	x	x		x		a b
<i>Sedum dasyphyllum</i>	x	x	x	x		x		a b
<i>Sedum sediforme</i>	x	x	x	x		x		a b
<i>Staezelina dubia</i>	x						x	

a: Disponibilidad en semilla.

b: Disponibilidad en vivero.

Para saber qué especies son propias de la zona que a restaurar, se deben consultar las floras locales. Para Cataluña se puede consultar <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>. Para Portugal se puede consultar http://www.jb.utad.pt/pt/herbario/cons_reg.asp.

Ficha D1. Plantación

Sin sustrato (o sustrato muy pedregoso, con bloques, etc.)

Morfología de la unidad: Pared rocosa o canchal

Pendiente > 45°

Revegetación con especies leñosas en la mota o cordón de la base del talud



Objetivo

- Promover la instalación de vegetación leñosa introducida o espontánea en las motas y cordones para la cobertura (parcial o total) de la pared rocosa o del talud (“pantalla visual”).

Acciones a evitar

- Realizar las plantaciones fuera de la época de plantación recomendada.

Acciones no admisibles

- Introducir especies exóticas porque pueden competir y/o desplazar a las especies autóctonas que se desea potenciar (consultar legislación).

Consideraciones generales

- La plantación se realizará en la base de la pared rocosa con una distribución de especies irregular y en varias filas de amplitud (ver esquemas de plantación).
- Se recomienda que las lianas se planten al lado de la pared rocosa y las leñosas un poco más alejadas; y si es posible plantar también lianas en la cabecera (tutorizándolas para fijarlas a la pared rocosa).

Especificaciones técnicas

- **Época de plantación:** octubre-febrero.
- **Alcorque:** 40 x 40 x 40 cm.
- **Composición de especies:** arbóreas, arbustivas y lianas presentes en la vegetación de referencia, seleccionar de la Tabla D1.
- **Nº de especies:** 2-3 arbóreas, 2-3 arbustivas (preferentemente rebrotadoras de fruto carnoso), 1-2 lianas.
- **Plantas (edad y densidad):**

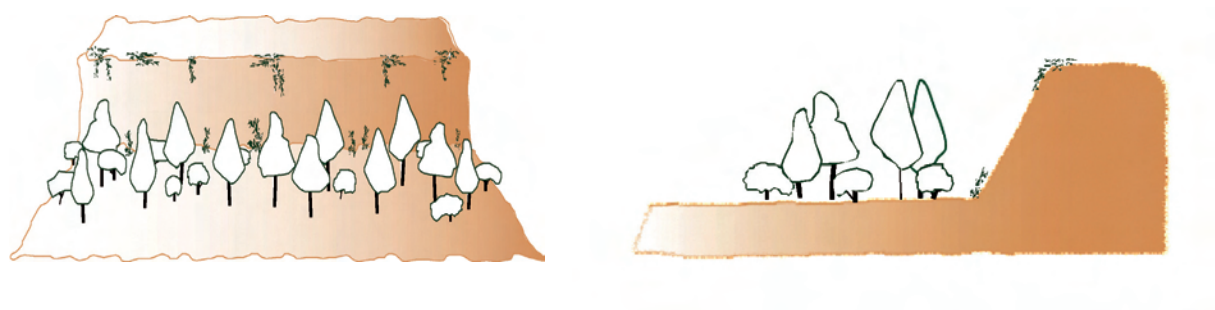
Edad: Entre 1-2 años (ver calidad de planta, apartado 4.4)

Densidad: 1 árbol/3 m lineales; 1 arbustiva/4 m² ; 1 liana/1 m lineal. Estas densidades se deben adaptar según el sistema de referencia (bosque, coscojar, matorral, etc.).

Manipulación de la planta según las recomendaciones descritas en el apartado 4.4.

En el caso de observar mortalidad por herbívoros, colocar protectores de polipropileno, u otro material consistente, ventilados (si se prevé un exceso de insolación, especialmente en medios semiáridos).

Esquemas de plantación



Control de calidad

- Selección de los lotes según los parámetros del apartado 4.4.

Resultados mínimos aconsejables (proceso de restauración)

- 70% supervivencia al cabo de 1 año de la plantación para cada una de las especies plantadas.

Resultados mínimos aconsejables (final de la garantía)

- Incremento de 1-2 m de altura de los árboles.
- Presencia de 2-3 especies leñosas rebrotadoras con frutos carnosos. (arbustos maduros).
- Presencia de nuevas plantas de un 50% de las especies introducidas por siembra y/o plantación, con frecuencias $\geq 0,2$.
- Presencia de plantas de 3-4 especies leñosas del sistema de referencia, no introducidas por siembra o plantación.

Mantenimiento

- Riegos de mantenimiento durante el primer período seco si las condiciones meteorológicas después de las plantaciones no son favorables.
- Reposición de marras después del primer período seco posterior a la plantación.
- Si es posible, poner tutores y fijar las lianas a las paredes.

Ir a
E

Tabla D1.

Relación de algunas especies apropiadas para plantaciones en la base de paredes rocosas según el biotipo y el clima.

Especies	Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	Biotipo		
					Liana	Arbusto	Árbol
<i>Arbutus unedo</i>		x	x	x		x	x
<i>Ceratonia siliqua</i>	x	x	x			x	x
<i>Chamaerops humilis*</i>	x	x	x			x	x
<i>Colutea arborescens</i>		x	x	x		x	
<i>Coriaria myrtifolia</i>		x	x	x		x	
<i>Erica arborea</i>			x	x		x	
<i>Erica multiflora</i>		x	x	x		x	
<i>Genista scorpius</i>		x	x	x		x	
<i>Hedera helix</i>			x	x	x		
<i>Juniperus oxycedrus</i>	x	x	x	x		x	
<i>Juniperus phoenicea</i>	x	x	x	x		x	
<i>Lonicera implexa</i>	x	x	x	x	x		
<i>Myrtus communis</i>		x	x	x		x	
<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>	x	x	x	x		x	x
<i>Periploca laevigata</i> ssp. <i>angustifolia</i>	x					x	
<i>Phillyrea angustifolia</i>	x	x	x	x		x	
<i>Phillyrea latifolia</i>		x	x	x		x	
<i>Pinus halepensis</i>	x	x	x	x			x
<i>Pinus pinea</i>	x	x	x	x			x
<i>Pistacia lentiscus</i>	x	x	x	x		x	
<i>Pistacia terebinthus</i>		x	x	x			x
<i>Quercus coccifera*</i>	x	x	x	x		x	
<i>Quercus faginea*</i>		x	x	x		x	x
<i>Quercus ilex*</i>		x	x	x			x
<i>Retama sphaerocarpa</i>	x	x				x	
<i>Rhamnus alaternus</i>	x	x	x	x		x	
<i>Rhamnus lycioides</i>	x	x				x	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	x	x	x	x		x	
<i>Smilax aspera</i>		x	x	x	x		
<i>Spartium junceum</i>		x	x	x		x	
<i>Viburnum tinus</i>		x	x	x		x	

* se puede sembrar.

Para saber qué especies son propias de la zona que se desea restaurar, se deben consultar las floras locales. Para Cataluña se puede consultar <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>. Para Portugal se puede consultar http://www.jb.utad.pt/pt/herbario/cons_reg.asp.

Ficha E. Mantenimiento

Con sustrato

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: Todas las pendientes

Recomendaciones de mantenimiento (riego, eliminación de especies invasoras o exóticas)



Riegos

Objetivos

- Definir un sistema de riego para taludes en fase de revegetación.

Acciones a evitar

- Sobredimensionar el riego.
- Ahorrar agua en momentos críticos (temperaturas muy elevadas).
- Generar escorrentía superficial durante el riego.
- Utilizar aguas de riego con elevados contenidos de sales solubles.

Actuaciones aconsejadas

- Cuando se realicen siembras, se deben aportar en los 15 días siguientes, de forma natural (lluvia) o de forma asistida, como mínimo el equivalente a una precipitación de 5 l/m² (5 mm).
- Si se mantienen las condiciones de sequía deberán repetirse los riegos con una periodicidad semanal o quincenal, según las temperaturas.
- En el caso de un sustrato con banco de semillas que no requiera siembra, se puede hacer una actuación similar a la que se recomienda para periodos excepcionalmente secos, ya que estas especies suelen estar más adaptadas a las condiciones de aridez.
- En el caso de plantaciones, es importante regar durante el primer período seco después de la plantación, intentando potenciar solo las especies plantadas (riego por goteo o individualizado).

Sistemas de riego

- El objetivo es aplicar el riego con el máximo fraccionamiento y la máxima frecuencia .
- El sistema de riego automatizado por aspersión programable permite aprovechar al máximo las condiciones más favorables para la aplicación del riego (horario y dosis óptimas).
- Alternativamente se aplicará con manguera equipada con un difusor .
- Se procurará obtener el máximo recubrimiento y la máxima homogeneidad en la distribución del agua.

Dosificación

Se hará en función de las necesidades evapotranspirativas y del estado de humedad del suelo.

Como referencia, en el área costera catalana se tomará la dosis de 1 mm (l/m²) diario. Las aplicaciones se pueden hacer con frecuencia diaria o 3 veces por semana (2 mm/día) o semanalmente (5 mm/día).

Condiciones óptimas de aplicación

- Aplicar el agua de riego de forma lo más fraccionada posible.
- Por aspersión con gota fina.
- Aplicación nocturna o vespertina.

Control de especies no deseadas

Objetivos

- Definir las bases para controlar las especies vegetales no deseadas.

Actuaciones recomendadas

- Eliminar periódicamente las especies invasoras y exóticas que puedan comprometer la evolución de la vegetación autóctona hasta que no se observe ningún individuo o presenten un recubrimiento inferior al 10% al final del periodo de garantía. Para identificar las especies exóticas se deben consultar las normativas y legislación existentes. En el caso de especies rizomatosas (como por ejemplo las cañas) se deben eliminar los rizomas del sustrato.
- En el caso de que se observe que alguna especie sea excepcionalmente dominante y pueda limitar el desarrollo de las especies que se desea introducir, se debe controlar mediante siegas periódicas.
- En el caso de que durante los 2-3 años después de la plantación se observe que las herbáceas presentan un gran desarrollo en los alcorques de plantación, se recomienda eliminarlas periódicamente.

Taludes con pendiente superior a 30°

Situación: con sustrato

Substrato pedregoso, inerte
(rechazo o no)
% Fracción < 2mm entre 20-40

Substrato fino, inerte
(rechazo o no)
% Fracción < 2mm superior a 40

Morfología de la unidad

A3

Morfología de la unidad

A4

Creación del sustrato

B2

Creación del sustrato

B3

Siembras

C2

E

Siembras

C3

E

Plantaciones

D2

E

Plantaciones

D2

E

Ficha A3. Morfología

Substrato pedregoso e inerte

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: entre 30° y 37°

Talud con substrato inerte, sin o con pocas semillas (material de rechazo de la explotación o no) y con predominio de elementos gruesos (piedras y gravas). Contenido de tierra fina entre 20 y 40 % (peso/peso).



Objetivos

- Creación de un talud con pendientes superiores a 30°, con substratos pobres en finos obtenidos a partir de materiales de rechazo de la propia explotación, corregidos si es necesario, con materiales externos (ver Dosificaciones, Ficha B1).

Acciones a evitar

- Crear un talud de pendiente superior a 37°.
- Iniciar los trabajos de revegetación si no están instalados los sistemas de protección del talud y los sistemas de gestión del agua necesarios.

Aspectos relacionados con la fase de construcción

Dimensiones

- Estabilidad geotécnica que cumpla la legislación vigente.
- El ángulo de reposo de un rechazo seco de material de mina está entre 34° y 37°. Para los objetivos de diseño se recomienda una pendiente conservativa de 34°, aunque puede llegar a ser mayor. Los valores citados corresponden a la pendiente del talud con base de soporte (ver más adelante).
- En general, la estabilidad debería ser equivalente a la del entorno natural: estabilidad en condiciones de saturación de agua.

Técnica constructiva

- Es necesario aportar al núcleo del talud un material que garantice, por su granulometría, un buen drenaje interno.
- Se debe proceder a establecer una gradación granulométrica y consolidación adecuadas del talud para evitar que los materiales finos del substrato se infiltren en el núcleo del talud y no sean útiles para la vegetación.
- En caso de desmontes con presencia de roca con fisuras, conviene evitar los planos de estratificación o de falla.
- La inclinación de la base de la plataforma sobre la que se construye el talud debe ser < 20°.

Forma del talud. Perfil longitudinal

- Ángulo superior a 30° respecto a la horizontal.
- Puede ser mixto: pared + talud.

Forma del talud. Perfil transversal

- Hay que prever el acceso para realizar las tareas de colocación del substrato los trabajos de revegetación (bermas accesibles a la maquinaria).

Protección del talud y gestión del agua de precipitaciones intensas

Gestión del agua en la explotación

- Establecimiento de balsas de decantación de finos antes de evacuar las aguas a la red de drenaje natural (Fig. 6)
- Construcción de una red de desagües y evacuación segura del agua de escorrentía a puntos más bajos de la red de drenaje natural.

Control de entrada agua de escorrentía al talud

- Construir una red de drenaje perimetral, defensiva del talud, para evitar la entrada de agua de escorrentía superficial con cunetas de guarda de coronación. Alternativamente, cordones de derrubios de protección de los taludes;
- Construir desagües en los caminos que eviten la entrada de agua en el talud;
- Desviar el agua a la entrada de la zona restaurada hacia la red general de drenaje.

Gestión del agua en el talud

- Para taludes largos: Construcción de canales de contorno (si es posible) con una pendiente entre 1 y 5% que drenen el agua.

Gestión del agua a pie de talud

- Conducción del agua a balsas de decantación de finos al pie del talud , si la presencia de finos es del 40% (Fig. 6).

Seguridad post explotación

- Es necesario tomar las medidas de precaución que se requieran en cada caso, para garantizar la seguridad de las personas y bienes y la no afectación a les explotaciones contiguas ni al medio.
- Instalar indicaciones de peligro, cierre perimetral,... o aquello que la ley disponga en cada momento.

Control de la erosión

- Mantenimiento del talud y máximo control de los sistemas de drenaje perimetrales para evitar la entrada de las aguas de escorrentía superficial, especialmente durante el otoño.
- Seguimiento de la aparición de signos de erosión en los taludes (ver apartado 5.1).

Impacto visual

- Puede ser de mucho interés que la geometría del talud no sea uniforme y varíe en altura y en valor de la pendiente, sin superar los límites indicados.
- Para reducir el impacto visual, los taludes deben tener unas dimensiones que sean asimilables a los de su entorno. Se recomienda reducir la longitud máxima de los taludes sea de 10 m.

Figura 6.

Balsas de decantación de finos. Santa Creu d'Olorda.



Ficha B2. Substrato

Substrato pedregoso

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: entre 30° y 37°

Talud con substrato inerte (materiales de rechazo de la explotación o no), sin o con pocas semillas, con predominio de elementos gruesos (piedras y gravas) y contenido de tierra fina entre 20% y 40% (peso/peso).

Objetivos

- Obtención de substratos adecuados para el desarrollo de la vegetación en taludes con material pedregoso.

Acciones a evitar

- Abordar las tareas de reposición de substrato si no hay los sistemas de protección del talud y de gestión del agua correspondientes.
- Preparar substratos de características muy diferentes a los suelos de los sistemas naturales que se quieren reproducir.
- Afinar la superficie final del talud utilizando las puntas (o dientes) del cazo de la excavadora en la misma dirección que la pendiente máxima.

Acciones no admisibles

- Utilizar tierras de importación o materiales de rechazo contaminados con impropios (residuos metálicos, plásticos, escombros, etc.).
- Mezclar cantidades de enmienda orgánica en exceso que puedan contaminar por lixiviación las aguas superficiales y los acuíferos.
- Almacenar las enmiendas orgánicas, especialmente lodos de depuradora, en sitios no acondicionados, para evitar problemas ambientales y sanitarios.

Condiciones geomorfológicas

- Talud de desmonte: roca fisurada y rugosa (evitar planos de estratificación o de falla).
- Talud en piedraplen: materiales heterométricos que no presenten grandes cavidades entre bloques.

Materias primas para el substrato

- Hay que disponer de una analítica básica, ver apartado 4.2.
- Residuos de extracción pedregosos con arcillas intercaladas.
- Rechazo de áridos de trituración que contengan materiales terrígenos.
- Tierras de importación franco-arcillosas para mezclar con residuos pedregosos.

Enmiendas y correcciones

- Hay que disponer de los datos analíticos, ver apartado 4.2.
- Si se aprovechan tierras de decapado de los suelos naturales o agrícolas de la zona, muy a menudo no hace falta aportar enmiendas orgánicas cuando los substratos ya tienen el contenido orgánico suficiente.
- En caso necesario se pueden incorporar restos vegetales, compost o lodos de depuradora siguiendo los criterios indicados en el apartado de dosificación. Las enmiendas orgánicas se tienen que almacenar de forma controlada siguiendo las prescripciones de uso establecidas.

- Si el material mineral (rechazo) no presenta los contenidos de tierra fina mínimos requeridos, hay que hacer una corrección con tierras de granulometría más fina.

Requerimientos del sustrato (valores finales de la mezcla de materias primas y enmiendas)

- No superar los valores de fracciones gruesas establecidos (apartado 4.2).
- Textura franco-arcillosa (evitar exceso de arenas y de limos).
- Si el material procede de suelos forestales o agrícolas, la fertilidad de la mezcla ya suele ser adecuada. En el caso de materiales poco fértiles, la cantidad de materia orgánica añadida no debe representar un incremento superior al 1% de materia orgánica respecto a la tierra fina (fracción < 2mm) del sustrato.
- Salinidad < 3 dSm⁻¹.

Preparación de las mezclas de materiales minerales y enmiendas orgánicas

- Seguir las indicaciones del apartado de dosificaciones. Cuando se utiliza material de rechazo, en el caso que algún macronutriente no alcance los mínimos necesarios con el abono orgánico, se podrá compensar con fertilizantes minerales cuando se aplique la hidrosiembra.
- Es importante que las enmiendas queden bien incorporadas y hay que hacer varios volteos (3 como mínimo).
- Las mezclas obtenidas se pueden almacenar en pilas aisladas que no superen 4 m de altura o en bancos de altura <2,5 m.
- Las zonas temporales de almacenamiento deben estar en puntos no inundables para evitar pérdidas de calidad de las mezclas y contaminación de las aguas.
- Es conveniente preparar las mezclas a finales de invierno, época en que son poco frecuentes las lluvias intensas que podrían afectar a las pilas.
- Hay que dejar reposar las mezclas como mínimo 15 días, pero menos de 6 meses antes de extender las tierras y proceder a la revegetación.

Colocación del sustrato

- Espesor aconsejable: mínimo 20 cm y máximo 40 cm, pero sólo se debe enmendar la capa superficial de 0-20 cm. Tratándose de taludes con pendientes elevadas, se debe redistribuir el sustrato en el talud después de verterlo, desde la cabecera o desde la base. Es conveniente generar espesores de sustrato irregular, reproduciendo las condiciones del suelo natural.
- La pedregosidad elevada del sustrato debe proporcionar una rugosidad superficial que ayudará a reducir la erosión, pero se recomienda generar rugosidad perpendicular a la línea máxima de pendiente.
- Sobre piedraplenes hay que calcular un 10% más de sustrato para compensar el asentamiento y redistribución del material entre las cavidades de las piedras.
- Hay que tener en cuenta el asentamiento del material antes de la plantación (12 meses aproximadamente).

Control de calidad y mantenimiento

- Si se detectan problemas de estabilidad del sustrato o pérdidas por erosión (ver apartado 5.1), hacer reposición localizada. Controlar las posibles caídas de bloques y piedras del sustrato al pie de los taludes, especialmente después de la reposición.
- Tomar una muestra representativa del sustrato antes de iniciar la revegetación y transcurridos 2 años de la reposición o 1 año antes de la finalización del período de garantía (ver apartado 5.2). Cuando se disponga de los resultados analíticos, hacer las correcciones necesarias según el apartado 4.2. Si la corrección debe hacerse cuando existe vegetación instalada, emplear fertilizantes químicos o correcciones localizadas para no malograrla.

Dosificaciones

- Los datos necesarios y el procedimiento se explican en la ficha B1.

Ficha C2. Siembra

Substrato pedregoso

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: entre 30° y 37°

Talud con substrato inerte, sin o con pocas semillas (materiales de rechazo de la explotación o no) y con predominio de elementos gruesos (piedras y gravas) con contenidos de tierra fina entre 20 y 40% (peso/peso).



Objetivo

- Fijación del substrato con especies anuales de crecimiento rápido (siembra 1) e introducción posterior de especies autóctonas de crecimiento más lento (siembra 2).

Acciones a evitar

- Hidrosembrar sin dejar pasar el periodo de reposo recomendado después de incorporar la enmienda orgánica.
- Hidrosembrar en épocas no favorables.
- Hidrosembrar si no existen los sistemas de protección superiores (canales o cordones perimetrales) necesarios.
- Incorporar fertilizantes en la hidrosiembra si el substrato ya está abonado.

Acciones no admisibles

- Introducir especies exóticas porque pueden competir y/o desplazar a las especies autóctonas que se pretende potenciar (consultar legislación).

Proceso

Para conseguir los objetivos fijados se pueden implementar alternativas diferentes.



Composición y aplicación de las siembras

HIDROSIEMBRA 1. No se aplicará antes de 15 días de la colocación del substrato.

- **Época de siembra:** septiembre-febrero
- **Forma de aplicación:** hidrosiembra en dos fases. La primera aplicación contiene todos los componentes principales (las semillas, parte del acolchado (mulch), parte del fijador y el agua). La segunda aplicación tiene como objetivo

cubrir las semillas para favorecer su germinación, utilizando una mezcla con el resto de acolchado, fijador y agua.

- **Composición especies:** según Tabla C2 incorporando el máximo de especies anuales posibles, preferentemente de crecimiento rápido (estárter).
- **Dosis total de semillas:** 350 kg/ha.
- **Acolchado:** 600-1.000 kg/ha de fibra corta (madera, paja, coco o similar).
- **Fijador orgánico o inorgánico:** 100-150 kg/ha.
- **Agua:** 25-50 m³/ha.
- **Fertilizantes inorgánicos (opcional):** para corregir las deficiencias del sustrato.

HIDROSIEMBRA 2. En el caso de la alternativa I, para poder aplicar la hidrosiembra 2 es necesario que las especies de la hidrosiembra 1 estén en fase de desaparición (el recubrimiento vegetal de la hidrosiembra 1 debe ser inferior al 30%). Como mínimo se aplicará 1 año después de la hidrosiembra 1 pero posiblemente será necesario esperar más tiempo.

- **Época de siembra:** septiembre-febrero.
- **Forma de aplicación:** hidrosiembra en dos fases. La primera aplicación contiene todos los componentes principales (las semillas, parte del acolchado, parte del fijador y el agua). La segunda aplicación tiene como objetivo cubrir las semillas para favorecer su germinación, utilizando una mezcla con el resto de acolchado, fijador y agua.
- **Composición especies:** como mínimo 10-15 especies presentes en la vegetación autóctona de la Tabla C2.

Se recomienda distribuir las especies de la forma siguiente:

- 2-4 gramíneas (1 especie anual como máximo)
- 2-4 leguminosas (1 especie anual como máximo)
- 2-4 herbáceas de cobertura (1 especie anual como máximo)
- 4-7 arbustos y subarbustos

- **Dosis total de semillas:** 350 kg/ha. Se recomienda que la proporción de especies (en nº de semillas) sea la siguiente:

- 50% especies de fijación (gramíneas)
- 25% especies fijadoras de nitrógeno (leguminosas)
- 15% herbáceas de cobertura
- 10% arbustos y subarbustos

(En el caso de algunos arbustos y subarbustos es posible que deban realizarse pretratamientos antes de incorporar las semillas a la mezcla para aumentar su capacidad de germinación).

- **Acolchado:** 600-1.000 kg/ha de fibra corta (madera, paja, coco o similar).
- **Fijador orgánico o inorgánico:** 100-150 kg/ha.
- **Agua:** 25-50 m³/ha.
- **Fertilizantes inorgánicos (opcional):** para corregir las deficiencias del sustrato.

En el caso que la zona a tratar presente actividad de herbívoros importante se puede incorporar algún producto repelente para disminuir la predación.

Control de calidad

- Control de calidad de los lotes de semillas según los parámetros del apartado 4.3. Se recomienda no aceptar el material vegetal si el lote no cumple los mínimos de calidad recomendados aunque se podrá adaptar la dosis de siembra al porcentaje de germinación obtenido.

Resultados mínimos aconsejables (proceso de restauración)

HIDROSIEMBRA 1

- 75% cobertura vegetal durante el 1er año (ver apartado 5 de evaluación).

HIDROSIEMBRA 2

- 60% cobertura vegetal mínima y 70% de cobertura vegetal máxima (ver apartado 5 de evaluación)
- Presencia como mínimo de 2 especies herbáceas propias del sistema de referencia con frecuencias $\geq 0,2$ (ver apartado 5 de evaluación).

Resultados mínimos aconsejables (final de la garantía)

- Presencia del 80% de las especies arbustivas y subarbustivas sembradas (ver apartado 5 de evaluación).

Mantenimiento

- Resiembras si no se cumplen los resultados mínimos recomendados.
- En la medida que sea posible se debería eliminar el exceso de herbáceas alrededor de los arbustos y subarbustos germinados.
- Riegos de mantenimiento si las condiciones meteorológicas después de las siembras no son favorables.

**Ir a
E**

Tabla C2.

Relación de algunas especies propias de taludes, según el clima, biotipo, suelo, característica “estárter”, disponibilidad y función - Recubrimiento (R), Fijación del sustrato (F), Diversidad (D), Fijación de nitrógeno (N), Estructura (E). Disponible en semilla (a), disponible en plantón de vivero (b).

Especies	Función	Clima				Biotipos					Substrato	Estárter	Disponibilidad actual
						herbácea		leñosa					
		Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	Annual	Perenne	Subarbusto	Arbusto	Liana			
<i>Achillea ageratum</i>	R					x				preferente calcáreo, arcilloso, inundable			
<i>Agrostis tenuis</i> (A. capillaris)	F				x	x				silíceo(calcáreo)		a	
<i>Allium roseum</i>	D			x	x	x				pedregoso		a	
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	R, D		x	x		x				indiferente			
<i>Anagallis arvensis/monelli</i>	R		x	x	x	x				indiferente			
<i>Anthyllis cytisoides</i>	N , E	x	x	x				x		preferente calcáreo		a b	
<i>Anthyllis vulneraria</i>	N, R		x	x	x		x			preferente calcáreo			
<i>Antirrhinum majus</i>	D			x	x		x			pedregoso			
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	D, R		x	x	x		x			calcáreo		b	
<i>Arrhenatherum elatius</i>	F			x	x		x			indiferente		a	
<i>Artemisia campestris</i> ssp. <i>glutinosa</i>	R, E		x	x	x			x		indiferente			
<i>Artemisia herba-alba</i>	R	x						x		calcáreo			
<i>Asparagus acutifolius</i>	E, D		x	x	x			x		indiferente			
<i>Asparagus albus</i>	E, D	x	x					x		indiferente			
<i>Asperula aristata</i>	D	x	x				x			pedregoso			
<i>Asphodelus fistulosus</i>	D	x	x	x	x	x*				indiferente			
<i>Asphodelus ramosus</i>	D		x	x			x			indiferente			
<i>Astragalus incanus</i>	R, N		x	x			x			calcáreo			
<i>Astragalus monspessulanus</i>	R, N		x	x	x		x			preferente calcáreo			
<i>Astragalus stella</i>	R, N			x	x	x				calcáreo			
<i>Avena barbata</i>	F	x	x	x	x	x				indiferente			
<i>Avena sterilis</i>	F	x	x	x	x	x				indiferente			
<i>Bellis perennis</i>	R			x	x		x			indiferente			
<i>Bellis silvestris</i>	R			x	x		x			indiferente			
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	F, R		x	x	x		x			indiferente		a b	
<i>Brachypodium retusum</i>	F	x	x	x	x		x			indiferente		a b	
<i>Brachypodium silvaticum</i>	F, D			x	x		x			indiferente			
<i>Bromus hordeaceus</i>	F		x	x	x	x				indiferente			
<i>Bromus inermis</i>	F		x	x	x		x			indiferente		a	
<i>Bromus sterilis</i>	F		x	x	x	x				indiferente			
<i>Bupleurum frutescen</i>	E, D	x	x	x	x			x		indiferente		a b	

Tabla C2.

Especies	Función	Clima				Biotipo					Substrato	Estárter	Disponibilidad actual
		Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúedо	húedо	herbácea		leñosa					
						Anual	Perenne	Subarbusto	Arbusto	Liana			
<i>Calamintha baetica</i>	R	x	x				x				indiferente		
<i>Calendula arvensis</i>	R		x	x		x					indiferente		
<i>Calendula suffruticosa</i>	R	x	x					x			pedregoso		
<i>Capparis spinosa</i>	R	x									pedregoso		
<i>Centaurea melitensis</i>	R		x	x		x					indiferente		
<i>Centaureum erythraea</i>	R		x	x	x	x					calcáreo		
<i>Centranthus calcitrapa</i>	E, D		x	x		x					indiferente		
<i>Centranthus ruber</i>	E, D		x	x	x		x				indiferente		b
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	R		x	x		x					indiferente		a
<i>Cistus albidus</i>	E, D		x	x	x				x		indiferente		a
<i>Cistus clusii</i>	E, D	x	x	x					x		calcáreo		a
<i>Cistus salviifolius</i>	E, D		x	x	x				x		silíceo (indiferente)		a
<i>Clematis flammula</i>	E, D		x	x						x	indiferente		
<i>Clematis vitalba</i>	E, D				x					x	indiferente		
<i>Convolvulus cantabrica</i>	R			x	x		x				calcáreo		
<i>Convolvulus lanuginosus</i>	R		x	x			x				calcáreo		
<i>Convolvulus lineatus</i>	R	x					x				calcáreo		
<i>Coronilla emerus</i>	R, N			x	x				x		preferente calcáreo		
<i>Coronilla juncea</i>	R, N	x	x	x				x			calcáreo	x	a
<i>Coronilla minima</i>	R, N		x	x	x			x			calcáreo	x	
<i>Cynodon dactylon</i>	F	(x)	x	x	x		x				indiferente, tolera la salinidad		a
<i>Cyperus rotundus</i>	F	(x)	x	x	x		x				indiferente		
<i>Dactylis glomerata</i> <i>ssp. glomerata</i>	F		x	x	x		x				indiferente		
<i>Diplotaxis erucoides</i>	R	x	x	x	x	x					indiferente		a
<i>Dipsacus comosus</i>	R		x			x					pedregoso		
<i>Dorycnium hirsutum</i>	N, E, D		x	x	x			x			indiferente		a b
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	N, E, D	x	x	x	x			x			indiferente	x	a b
<i>Echium (tuberculatum)</i> <i>plantagineum</i>	R			x	x		x				indiferente		
<i>Eryngium campestre</i>	R	x	x	x	x		x				indiferente		a
<i>Eryngium dilatatum</i>	R	x	x				x				pedregoso		
<i>Euphorbia characias</i>	E, D	(x)	x	x	x						pedregoso		b
<i>Euphorbia flavicoma</i> <i>ssp. mariolensis</i>	E, D	(x)	x	x	x		x				pedregoso		
<i>Festuca arundinacea</i>	F		x	x	x		x				indiferente		a
<i>Festuca ovina</i>	F			x	x		x				indiferente		a
<i>Foeniculum vulgare</i>	R	x	x	x	x		x				indiferente		a

Tabla C2.

Especies	Función	Clima				Biotipo					Substrato	Estárter	Disponibilidad actual
						herbácea		leñosa					
		Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	Anual	Perenne	Subarbusto	Arbusto	Liana			
<i>Fumana ericoides</i>	E, D	x	x	x	x			x			calcáreo		
<i>Fumana laevipes</i>	E, D	x	x	x				x			calcáreo		
<i>Fumana thymifolia</i>	E, D	x	x	x				x			calcáreo		
<i>Fumaria capreolata</i>	R	x	x	x	x	x					indiferente		
<i>Fumaria parviflora</i>	R	x	x	x	x	x					indiferente		
<i>Galactites tomentosa</i>	R		x	x	x	x					indiferente		
<i>Galium lucidum</i>	R	x	x	x	x		x				indiferente		
<i>Genista hispanica</i>	N, E, D			x	x			x			calcáreo		
<i>Genista scorpius</i>	N, E, D		x	x	x				x		calcáreo		a
<i>Geranium molle</i>	R	x	x	x	x	x					indiferente		
<i>Geranium purpureum</i>	R			x	x	x					pedregoso		
<i>Geranium rotundifolium</i>	R	x	x	x	x	x					indiferente		
<i>Hammada articulata</i>	E	x							x		nitrohalófilo		b
<i>Helianthemum apenninum</i>	E, D	x	x	x	x			x			pedregoso		
<i>Helianthemum marifolium</i>	E, D	x	x					x			pedregoso, calcáreo		
<i>Helianthemum oelandicum</i>	E, D	x	x	x	x			x			pedregoso, calcáreo		
<i>Helichrysum stoechas</i>	E, D	x	x	x	x			x			indiferente		a
<i>Heteropogon contortus</i>	F	x	x	x	x		x				pedregoso		
<i>Holcus lanatus</i>	F			x	x		x				indiferente		
<i>Hordeum murinum</i>	F		x	x	x	x					indiferente		
<i>Hyparrhenia hirta</i>	F	x	x	x	x		x				indiferente		a b
<i>Hyparrhenia sinaica</i>	F	x	x	x	x		x				indiferente		
<i>Hypericum perforatum</i>	R	x	x	x	x		x				indiferente (calcáreo)		a
<i>Inula viscosa</i>	R		x	x	x			x			indiferente		
<i>Jasminum fruticans</i>	E, D		x	x					x		acantilados, fisuras		
<i>Lathyrus clymenum</i>	R, N		x	x	x	x					indiferente		
<i>Lathyrus setifolius</i>	R, N		x	x	x	x					indiferente		
<i>Lavandula latifolia</i>	E, D		x	x	x			x			calcáreo		a b
<i>Lavandula dentata</i>	E, D	x	x					x			calcáreo		
<i>Lithospermum fruticosum</i>	E, D	x	x	x	x			x			calcáreo		
<i>Lobularia maritima</i>	R		x	x			x				indiferente, pedregoso		
<i>Lolium multiflorum</i>	F		x	x	x	x					indiferente	x	
<i>Lolium rigidum</i>	F	x	x	x	x	x					indiferente	x	a
<i>Lotus corniculatus</i>	R, N		x	x	x		x				indiferente	x	a
<i>Lygeum spartum</i>	R	x					x				indiferente		
<i>Matthiola fruticulosa</i>	R	x	x			x	x				pedregoso calcáreo		
<i>Medicago arabica</i>	R, N	x	x	x	x	x					indiferente	x	
<i>Medicago lupulina</i>	R, N		x	x	x	x					indiferente	x	a

Tabla C2.

Especies	Función	Clima				Biotipo					Substrato	Estárter	Disponibilidad actual
						herbácea		leñosa					
		Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	Anual	Perenne	Subarbusto	Arbusto	Liana			
<i>Medicago minima</i>	R, N	x	x	x	x	x					indiferente	x	
<i>Medicago polymorpha</i>	R, N	x	x	x	x	x					indiferente	x	a
<i>Medicago sativa</i>	R, N		x	x	x		x				indiferente	x	a
<i>Medicago truncatula</i>	R, N	x	x	x	x	x					indiferente	x	a
<i>Melica ciliata</i>	F		x	x	x		x				indiferente		
<i>Moricandia arvensis</i>	R	x	x			x					calcáreo	x	a
<i>Ononis natrix</i>	N		x	x	x			x			indiferente		a
<i>Ononis pusilla</i>	N	x	x	x	x			x			indiferente		
<i>Origanum vulgare</i>	E, D		x	x	x			x			indiferente		a
<i>Osyris alba</i>	E, D	x	x						x		pedregoso		
<i>Paronychia argentea</i>	R	x	x	x	x		x				pedregoso		
<i>Phagnalon rupestre</i>	R, D	x	x	x	x			x			pedregoso		
<i>Phagnalon saxatile</i>	R, D	x	x	x	x			x			pedregoso, grietas		
<i>Phagnalon sordidum</i>	R, D		x	x	x			x			pedregoso		
<i>Phleum pratense</i>	F			x	x		x				indiferente		a
<i>Phlomis purpurea</i>	E, D	x	x					x			pedregoso, poco calcáreo		
<i>Piptatherum miliaceum</i>	F	x	x	x	x		x				indiferente		a
<i>Plantago afra</i>	R	x	x	x	x	x					indiferente		a
<i>Plantago albicans</i>	R	x	x	x	x		x				indiferente		a
<i>Plantago lanceolata</i>	R	x	x	x	x		x				indiferente		a
<i>Poa annua</i>	F	x	x	x	x	x					indiferente	x	
<i>Poa pratensis</i>	F		x	x	x		x				indiferente		a
<i>Polygala rupestris</i>	E, D	x	x	x	x		x				pedregoso		
<i>Psoralea bituminosa</i>	N	x	x	x	x		x				indiferente		a
<i>Reichardia picroides</i>	R			x	x		x				pedregoso		
<i>Rubia peregrina</i>	E, D	x	x	x	x		x			x	indiferente		
<i>Ruta chalepensis</i> <i>ssp. angustifolia</i>	E, D		x	x	x			x			indiferente		
<i>Salsola genistoides</i>	E, D	x						x			nitrohalófilo		
<i>Salsola oppositifolia</i>	E, D	x						x			nitrohalófilo		
<i>Salvia officinalis</i> <i>ssp. lavandulifolia</i>	E, D		x	x	x			x			calcáreo		
<i>Sanguisorba minor</i>	R		x	x	x		x				preferente calcáreo		a
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	E, D		x	x	x			x			calcáreo		a b
<i>Santolina rosmarinifolia</i>	E, D			x	x			x			indiferente		
<i>Satureja montana</i>	E, D		x	x				x			calcáreo		
<i>Scrophularia canina</i>	R		x	x	x		x				pedregoso		a b
<i>Sedum acre</i>	R	x	x	x	x		x				pedregoso		a b

Tabla C2.

Especies	Función	Clima				Biotipo					Substrato	Estárter	Disponibilidad actual
		Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	herbácea		leñosa					
						Anual	Perenne	Subarbusto	Arbusto	Liana			
<i>Sedum album</i>	R	x	x	x	x		x				pedregoso		a b
<i>Sedum dasyphyllum</i>	R	x	x	x	x		x				pedregoso		a b
<i>Sedum sediforme</i>	R	x	x	x	x		x				pedregoso		a b
<i>Smilax aspera</i>	E, D	x	x	x	x					x	indiferente		a
<i>Staelina dubia</i>	E, D	x						x			pedregoso		
<i>Stipa offneri</i>	F	x	x	x			x				calcáreo, pedregoso		
<i>Stipa tenacissima</i>	F	x	x				x				indiferente		a
<i>Taraxacum officinale</i>	R			x	x		x				indiferente		
<i>Teucrium chamaedrys</i>	E, D			x	x		x				indiferente		
<i>Teucrium polium</i> ssp. <i>capitatum</i>	E, D	x	x	x	x			x			calcáreo		
<i>Thymra capitata</i>	E, D	x	x					x			calcáreo		a b
<i>Thymus vulgaris</i>	E, D	x	x	x	x			x			preferente calcáreo		a b
<i>Thymus mastichina</i>	E, D	x	x					x			indiferente		a b
<i>Thymus zygis</i>	E, D	x						x			(indiferente) calcáreo		a b
<i>Trifolium fragiferum</i>	R, N		x	x	x		x				(calcáreo)		
<i>Trifolium pratense</i>	R, N				x		x				indiferente	x	a
<i>Trifolium repens</i>	R, N			x	x		x				indiferente	x	a
<i>Trifolium scabrum</i>	R, N	x	x	x	x	x					calcáreo		
<i>Trifolium stellatum</i>	R, N	x	x	x	x						(calcáreo)		a
<i>Ulex parviflorus</i>	E, D	x	x	x	x				x		indiferente		
<i>Verbascum pulverulentum</i>	R		x	x	x	x*					indiferente		a
<i>Verbascum sinuatum</i>	R		x	x	x	x*					indiferente		
<i>Vicia cracca</i>	R, N		x	x	x		x				indiferente		a
<i>Vicia sativa</i>	R, N	x	x	x	x	x					indiferente		a
<i>Vicia villosa</i>	R, N	x	x	x	x	x					indiferente	x	a
<i>Zygophyllum fabago</i>	R	x	x				x				tolera la salinidad		

* Bianual.

Para saber qué especies son propias de la zona que se desea restaurar se deben consultar las floras locales.
 Para Cataluña se puede consultar <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>.
 Para Portugal se puede consultar http://www.jb.utad.pt/pt/herbario/cons_reg.asp

Ir a
D2

Ficha D2. Plantación

Substrato pedregoso o fino

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: entre 30° y 37°

Talud con substrato inerte, sin o con pocas semillas (materiales de rechazo de la explotación o no).

A. Clemente



Objetivo

- Plantación de especies arbustivas y arbóreas autóctonas para integrar ecológicamente la zona en composición y densidad, potenciando la presencia de fauna que promueva la dispersión de semillas.

Acciones a evitar

- Realizar las plantaciones fuera de la época de plantación recomendada.

Acciones no admisibles

- Introducir especies exóticas porque pueden competir y desplazar a las especies autóctonas que se desea potenciar (consultar legislación).

Consideraciones generales

- Se recomienda que el marco de plantación sea irregular y que se organice en masas de composición diversa, simulando la distribución de las plantas que se observa espontáneamente. Estas masas deben incorporar especies de los diferentes estratos de la vegetación nativa (árboles, arbustos, subarbustos y herbáceas).
- En medios semiáridos con precipitaciones inferiores a 400 mm, la cubierta vegetal puede ser discontinua, pero los espacios desprotegidos deben ser de extensión reducida y poco conectados entre ellos.
- Se recomienda que las especies arbóreas se planten al pie y en el centro del talud, donde la profundidad del substrato sea superior.
- Los arbustos y subarbustos se pueden plantar en toda la superficie del talud.

Especificaciones técnicas

- **Época de plantación:** octubre-febrero.
- **Alcorque:** 40 x 40 x 40 cm (la profundidad deberá adaptarse al tamaño del contenedor). Aplicar mulch en el alcorque (grava, restos de madera, mantas orgánicas, etc.) para evitar el desarrollo de las herbáceas alrededor del individuo plantado, o realizar limpiezas periódicas de las herbáceas durante el primer año después de la plantación.

En el caso de que se observe mortalidad o daños por herbivoría, se deben colocar protectores de polipropileno, o de otro material consistente, ventilados si se prevé un exceso de insolación.

- **Composición de especies:** arbóreas, arbustivas y lianas de la Tabla D2. Aunque se recomienda introducir las especies subarbustivas por siembra, algunas están disponibles en vivero (ver Tabla C2, Ficha C2).
- **Nº de especies:** 1-2 arbóreas, 4-5 especies arbustivas (dominantes en la vegetación de referencia, preferentemente especies rebrotadoras de fruto carnoso y/o especies que pueden fijar el substrato) y 1-2 lianas.

- **Plantas (edad y densidad):**

Edad: Entre 1-2 años (ver calidad de planta, apartado 4.4).

Densidad: 1 árbol/16 m² ; 1 arbusto o liana/4 m². Estas densidades se deben adaptar a las del sistema de referencia.

Gestión de la planta según las recomendaciones descritas en el apartado 4.4.

En caso de observar mortalidad por herbívoros, colocar protectores de polipropileno, u otro material consistente, ventilados (si se prevé un exceso de insolación, especialmente en medios semiáridos).

Esquemas de plantación



Control de calidad

- Selección de los lotes según los parámetros del apartado 4.4

Resultados mínimos aconsejables (proceso de restauración)

- 50% supervivencia al cabo de 1 año de la plantación para cada una de las especies plantadas.

Resultados mínimos aconsejables (final del período de garantía)

- Densidad para especies leñosas: 600 árboles/ha y 1200 arbustos/ha. Estas densidades se deben adaptar al sistema de referencia (bosque, coscojal, matorral, etc.). En estas densidades no se consideran los individuos introducidos por siembra.
- Estrato leñoso con una altura de un 40% respecto al sistema de referencia.
- Presencia de 2-3 especies leñosas con frutos carnosos (arbustos maduros).
- Presencia de nuevas plantas para un 50% de las especies introducidas por siembra y/o plantación, con frecuencias $\geq 0,2$.
- Presencia de plantas de 3-4 especies leñosas del sistema de referencia, no introducidas por siembra o plantación.

Mantenimiento

- Riegos de mantenimiento durante el primer período seco si las condiciones meteorológicas después de las plantaciones no son favorables.
- Reposición de las marras después del primer período seco desde la plantación.
- Compatibilizar los pies masculinos y femeninos en las especies dioicas y plantar los individuos necesarios para equilibrar la proporción.

Ir a
E

Tabla D2.

Relación de algunas especies apropiadas para plantaciones en taludes de pendiente > 30°, según el biotipo y el clima.

Especies	Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	Substrato	Biotipo			
						Liana	Subarbusto	Arbusto	Árbol
<i>Acer monspessulanum</i> ¹			x	x	no tolera la sal				x
<i>Anthyllis cytisoides</i>	x	x	x		preferente calcáreo		x		
<i>Arbutus unedo</i> ¹		x	x	x	indiferente			x	x
<i>Asparagus acutifolius</i>			x	x	indiferente	x	x		
<i>Asparagus albus</i>	x	x			indiferente	x	x		
<i>Bupleurum frutescens</i> ¹	x	x	x	x	indiferente		x		
<i>Bupleurum fruticosum</i> ¹		x	x	x	indiferente			x	
<i>Capparis spinosa</i>	x	x	x		pedregoso		x		
<i>Celtis australis</i> ¹		x	x	x	preferente calcáreo				x
<i>Ceratonia siliqua</i>¹	x	x	x		indiferente, no tolera la sal			x	x
<i>Chamaerops humilis</i>	x	x	x		indiferente			x	x
<i>Clematis flammula</i>		x	x	x	indiferente	x			
<i>Clematis vitalba</i>				x	indiferente	x			
<i>Colutea arborescens</i>		x	x	x	indiferente			x	
<i>Coriaria myrtifolia</i>		x	x	x	indiferente			x	
<i>Cornus sanguinea</i>		x	x	x	indiferente			x	
<i>Erica arborea</i>			x	x	silíceo(calcáreo)			x	
<i>Erica multiflora</i>		x	x	x	calcáreo			x	
<i>Erica scoparia</i>		x	x	x	silíceo			x	
<i>Genista scorpius</i>		x	x	x	calcáreo			x	
<i>Genista triacanthos</i>			x	x	silíceo			x	
<i>Globularia alypum</i>		x	x		indiferente			x	
<i>Hedera helix</i>			x	x	indiferente	x			
<i>Juniperus oxycedrus</i> ¹	x	x	x	x	Indiferente, no tolera la sal			x	
<i>Juniperus phoenicea</i> ¹	x	x	x	x	indiferente, no tolera la sal			x	
<i>Lavandula angustifolia</i>		x	x	x	indiferente		x		
<i>Lavandula dentata</i>	x	x			calcáreo		x		
<i>Lavandula latifolia</i> *		x	x	x	calcáreo		x		
<i>Lonicera etrusca</i>			x	x	indiferente	x			
<i>Malus sylvestris</i>				x	indiferente, no tolera la sal				x
<i>Myrtus communis</i>		x	x	x	indiferente			x	
<i>Marrubium vulgare</i>	x	x	x	x	indiferente			x	
<i>Olea europaea var. sylvestris</i>	x	x	x	x	indiferente			x	(x)
<i>Periploca laevigata</i> ssp. <i>angustifolia</i>	x				indiferente		x		
<i>Phillyrea angustifolia</i> ¹	x	x	x	x	calcáreo			x	
<i>Phillyrea latifolia</i> ¹		x	x	x	calcáreo			x	
<i>Pinus halepensis</i> ¹	x	x	x	x	indiferente				x

Especies	Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	Substrato	Biotipo			
						Liana	Subarbusto	Arbusto	Árbol
<i>Pinus pinea</i> ¹	x	x	x	x	indiferente				x
<i>Pistacia lentiscus</i>	x	x	x	x	indiferente			x	(x)
<i>Pistacia terebinthus</i>		x	x	x	indiferente			(x)	x
<i>Prunus spinosa</i>				x	calcáreo			x	
<i>Quercus coccifera</i> ^{**}	x	x	x	x	calcáreo			x	(x)
<i>Quercus faginea</i>^{**}		x	x	x	preferente calcáreo			x	x
<i>Quercus ilex</i> ^{**}	x	x	x	x	indiferente				x
<i>Retama sphaerocarpa</i>	x	x			indiferente			x	
<i>Rhamnus alaternus</i>	x	x	x	x	indiferente (calcáreo)			x	
<i>Rhamnus lycioides</i>	x	x			indiferente (calcáreo)			x	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	x	x	x	x	preferente calcáreo			x	
<i>Rubia peregrina</i>	x	x	x	x	indiferente	x			
<i>Salsola genistoides</i>	x	x			nitrohalófilo			x	
<i>Rubus ulmifolius</i>			x	x	indiferente		x		
<i>Salvia officinalis</i> ssp. <i>lavan-dulifolia</i>		x	x	x	calcáreo		x		
<i>Santolina chamaecyparissus</i>		x	x	x	calcáreo		x		
<i>Santolina rosmarinifolia</i>			x	x	indiferente		x		
<i>Satureja montana</i>	x	x	x		calcáreo		x		
<i>Smilax aspera</i>	x	x	x	x	indiferente	x			
<i>Spartium junceum</i>	x	x	x	x	indiferente			x	
<i>Thymbra capitata</i> [*]	x	x			calcáreo		x		
<i>Thymus vulgaris</i> [*]	x	x	x	x	preferente calcáreo		x		
<i>Thymus mastichina</i> [*]	x	x			indiferente		x		
<i>Thymus zygis</i>	x				calcáreo		x		
<i>Thymelaea hirsuta</i>	x				tolera la sal			x	
<i>Thymelaea tinctoria</i>			x	x	calcáreo			x	
<i>Viburnum tinus</i>		x	x	x	indiferente			x	

¹ Más aconsejable en la base del talud.

En negrita: recomendada para retención del substrato

^{*} Disponible en semilla.

Para saber que especies son propias de la zona que se quiere restaurar, consultar las floras locales.

Para Cataluña se puede consultar <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>.

Para Portugal se puede consultar http://www.jb.utad.pt/pt/herbario/cons_reg.asp.

Ficha A4. Morfología

Talud con substrato fino e inerte

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: entre 30° y < 37°

Talud de fuerte pendiente con substrato que tiene predominio de materiales finos e inertes, con frecuencia de la misma explotación, con un contenido de tierra fina entre 40 y 80 % (peso/peso).



Objetivos

- Creación de un talud con pendientes superiores a 30° y predominio de finos, obtenido a partir de materiales de rechazo de la misma explotación rectificadas si es necesario (ver Ficha B1) con materiales externos.

Acciones a evitar

- Crear un talud con pendiente superior a 37°.
- Iniciar los trabajos de revegetación si no están instalados los sistemas de protección del talud y los sistemas de gestión del agua necesarios.

Aspectos relacionados con la fase de construcción

Dimensiones

- Estabilidad geotécnica que cumpla la legislación vigente.
- En general, la estabilidad debe ser equivalente a la de su entorno natural: estabilidad en condiciones de saturación de agua.
- Con la intención de reducir el impacto visual de los taludes, las medidas del talud deben ser similares a las de su entorno. Se recomienda que la longitud máxima del talud sea de 10 m.

Técnica constructiva

- Es necesario aportar al núcleo un material que garantice, por su granulometría, el buen drenaje interno del talud.
- Se debe proceder a establecer una gradación granulométrica y una consolidación adecuadas del talud para evitar que los materiales finos del substrato se infiltren en el núcleo del talud y no sean útiles para la vegetación.
- Construcción por descarga directa desde la berma o similar.
- La inclinación de la base de la plataforma sobre la que se construye el talud debe ser < 20°.

Forma del talud. Perfil longitudinal

- Ángulo superior a 30° (> 58%) respecto la horizontal.
- Puede ser mixto: Pared+ talud con pendiente fuerte + pendiente media
- Perfil cóncavo.
- Puede tener continuidad longitudinal con un talud de pendiente menor

Forma del talud. Perfil transversal

- Es recomendable no construirlo rectilíneo, sino ondulado, dejando espacios cóncavos que puedan concentrar la escorrentía superficial que se conectará a la red de drenaje.
- Hay que facilitar el acceso para realizar los trabajos de colocación del substrato y revegetación (bermas accesibles a la maquinaria).

Protección del talud y gestión del agua de precipitaciones intensas

Gestión del agua en la explotación

- Construir una red de desagües y evacuación segura del agua hacia puntos de cota más baja de la red de drenaje natural.
- Establecimiento de balsas de decantación de finos antes de evacuar las aguas a la red de drenaje natural (Fig. 6).

Control de entrada de agua de escorrentía al talud

- Construir una red de drenaje perimetral, defensiva del talud, para evitar la entrada, siempre que sea posible de tipo cuneta de guarda de coronación. Alternativamente cordones de derrubios con la misma finalidad.
- Construir desagües de caminos que eviten la entrada de agua al talud.
- Desviar el agua a la entrada de la zona restaurada hacia la red general de drenaje.

Gestión del agua en el talud

- Para taludes cortos: Creación de discontinuidades y pequeños rellanos paralelos a las curvas de nivel, para cortar la longitud del recorrido de la circulación del agua sobre la rampa del talud.
- Para taludes largos: Si es posible, construcción de canales de contorno con una pendiente entre 1 y 5% que drenen el agua.

Gestión del agua a pie de talud

- Balsas de decantación de finos al pie del talud (ver Fig. 35).

Seguridad post explotación

- Es necesario tomar las medidas de precaución que se requieran en cada caso, para garantizar la seguridad de las personas y bienes y la no afectación a las explotaciones contiguas ni al medio ambiente.
- Instalar indicaciones de peligro, cierre perimetral, o aquello que la ley disponga en cada momento.

Control de la erosión

- Mantenimiento y máximo control de los sistemas de drenaje perimetrales para evitar la entrada de las aguas de escorrentía superficial, especialmente durante el otoño.
- Seguimiento de la zona para identificar procesos erosivos por el agua, especialmente por subfusión o *piping*, o por cárcavas (ver apartado 5.1)
- Si hay predominio de gravas (2 mm a 5 mm de diámetro), será necesario comprobar la ausencia de síntomas de erosión durante las lluvias excepcionalmente intensas.

Impacto visual

- Puede ser de mucho interés que la geometría del talud no sea uniforme y varíe en altura y en valor de la pendiente, sin superar el límite indicado.
- Para reducir el impacto visual, los taludes deben tener unas dimensiones que sean asimilables a los de su entorno.
- Se recomienda reducir la longitud máxima de los taludes a unos 10 m de desnivel.

Ir a
B3

Ficha B3. Substrato

Substrato fino

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: entre 30° y 37°

Talud con substrato inerte, sin o con pocas semillas (materiales de rechazo de la explotación o no) y con predominio de elementos finos con contenidos de tierra entre 40-80% (peso/peso).



M. Jorba

Objetivos

- Obtención de substratos adecuados para el desarrollo de la vegetación en taludes con substrato fino.

Acciones a evitar

- Abordar las tareas de reposición de substrato si no existen los sistemas de protección del talud y de gestión del agua correspondientes.
- Utilizar substratos de características muy diferentes a los suelos de los sistemas que se quieren reproducir.
- Afinar la superficie final del talud utilizando las puntas (o dientes) del cazo de la excavadora en la misma dirección que la pendiente máxima.

Acciones no admisibles

- Utilizar tierras de importación o materiales de rechazo contaminados con impropios (residuos metálicos, plásticos, escombros, etc.).
- Mezclar cantidades de enmienda orgánica en exceso que pueden contaminar por lixiviación las aguas superficiales y los acuíferos.
- Almacenar las enmiendas orgánicas, especialmente lodos de depuradora, en sitios no acondicionados, para evitar problemas ambientales y sanitarios.

Condiciones geomorfológicas

- Talud de desmonte: roca fisurada y rugosa (evitar planos de estratificación o de falla).
- Talud en piedraplen: materiales heterométricos que no presenten grandes cavidades entre bloques.

Materias primas para el substrato

- Hay que disponer de una analítica básica, ver apartado 4.2.
- Residuos de extracción margosos, lutitas, calizas margosas.
- Lodos de lavados de áridos (en proporciones moderadas).
- Tierras de importación francas y franco-arenosas.

Enmiendas y correcciones

- Hay que disponer de los datos analíticos (ver apartado 4.2).
- Si se aprovechan tierras de decapado de suelos naturales o agrícolas de la zona, normalmente no hace falta aportar enmiendas orgánicas cuando los substratos ya tienen el contenido orgánico suficiente.

- En caso necesario se puede incorporar restos vegetales, compost o lodos de depuradora siguiendo los criterios indicados al apartado de dosificación.
- Las enmiendas orgánicas se deben almacenar de forma controlada siguiendo las prescripciones de uso establecidas.
- Si el material mineral (rechazo) no presenta los contenidos de pedregosidad requeridos, hay que hacer una corrección con materiales gruesos.

Requerimientos del sustrato (valores finales de la mezcla de materias primas y enmiendas)

- No superar los valores de fracciones gruesas establecidos (apartado 4.2).
- Textura franco-arcillosa (evitar exceso de arenas y de limos).
- Si el material procede de suelos forestales o agrícolas, la fertilidad de la mezcla suele ser ya adecuada. En el caso de materiales poco fértiles, la cantidad de materia orgánica añadida no debe representar un incremento superior al 1% de materia orgánica respecto a la tierra fina (fracción < 2mm) del sustrato.
- Salinidad <3 dSm⁻¹.

Preparación de las mezclas de materiales minerales y enmiendas orgánicas

- Seguir las indicaciones del apartado de dosificaciones. Como son sustratos con granulometría fina, la aportación final de materia orgánica puede ser elevada pero se recomiendan dosis pequeñas para evitar la proliferación de malas hierbas y especies agresivas.
- En el caso de que algún macronutriente no alcance los mínimos necesarios con el abonado orgánico cuando se utiliza material de rechazo, se podrá compensar con fertilizantes minerales cuando se aplique la hidrosiembra.
- Es importante que las enmiendas queden bien incorporadas y hay que hacer varios volteos (3 como mínimo).
- Las mezclas obtenidas se pueden almacenar en pilas aisladas que no superen 4 m de altura o en bancos de altura < 2,5 m.
- Se recomienda colocar las mezclas de sustrato cerca del lugar de destino, en forma de mota o de montón, a medida que se van preparando. Las zonas temporales de almacenamiento deben estar en puntos no inundables para evitar su deterioro y la contaminación de las aguas.
- Es conveniente preparar las mezclas a finales de invierno, época en que son poco frecuentes las lluvias intensas que podrían deteriorar el sustrato.
- Hay que dejar reposar las mezclas como mínimo 15 días, pero menos de 6 meses, antes de extender las tierras.

Colocación del sustrato

- Espesor aconsejable: mínimo 20 cm y máximo de 40 cm pero solo se debe enmendar la capa superficial de 0-20 cm. Dado que la pendiente es elevada, hay que redistribuir el sustrato en el talud después de verterlo desde la cabecera o desde la base. Hay que generar espesores de sustrato irregular reproduciendo las condiciones del suelo natural.
- Sobre piedraplenes hay que calcular un 10% más de sustrato para compensar el asentamiento y redistribución del material entre las cavidades de las piedras.
- Hay que tener en cuenta el asentamiento del material antes de la plantación (12 meses aproximadamente).
- Afinar la superficie final del talud utilizando las puntas (o dientes) de la cuchara de la excavadora en dirección perpendicular a la pendiente.

Control de calidad y mantenimiento

- Si se detectan problemas de estabilidad del sustrato o pérdidas por erosión (ver apartado 5.1), hacer reposición localizada. Controlar las posibles caídas de bloques y piedras del sustrato en las taludes B2, especialmente después de la colocación.
- Controlar las posibles formaciones de costras superficiales que puedan dificultar la germinación de las semillas sembradas, especialmente en sustratos de textura limosa.

- Tomar una muestra representativa del sustrato antes de iniciar la revegetación y transcurridos 2 años de la reposición o 1 año antes de la finalización del período de garantía (ver apartado 5.2). Cuando se disponga de los resultados analíticos, hacer las correcciones necesarias según el apartado 4.2. Si la corrección debe hacerse cuando existe vegetación instalada, emplear fertilizantes químicos o correcciones localizadas para no malograrla

Dosificaciones

- Los datos necesarios y el procedimiento se explican en la ficha B1.

Ir a
C3



Ficha C3. Siembra

Substrato fino

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: entre 30° y 37°

Talud con sustrato inerte, sin o con pocas semillas (materiales de rechazo de la explotación o no) y con predominio de elementos finos con contenidos de tierra fina entre 40 y 80% (peso/peso).



Objetivo

- Fijación del sustrato empleando especies anuales de crecimiento rápido (siembra 1) e introducción posterior de especies autóctonas de crecimiento más lento (siembra 2).

Acciones a evitar

- Hidrosembrar sin dejar pasar el periodo de reposo recomendado después de incorporar la enmienda orgánica.
- Hidrosembrar en épocas no favorables.
- Hidrosembrar si no existen los sistemas de protección superiores (canales o cordones perimetrales) necesarios.
- Incorporar fertilizantes a las hidrosiembras si el sustrato ya ha sido abonado.

Acciones no admisibles

- Introducir especies exóticas porque pueden competir y desplazar a las especies autóctonas que se quieren potenciar (consultar legislación).

Proceso

Para conseguir los objetivos fijados se pueden seguir dos alternativas diferentes:



Composición y aplicación de las siembras

HIDROSIEMBRA 1. No se aplicará antes de 15 días de la colocación del sustrato.

- **Época de siembra:** septiembre-febrero.
- **Forma de aplicación:** hidrosiembra en dos fases. La primera aplicación contiene todos los componentes principales (las semillas, parte del acolchado, parte del fijador y el agua). La segunda aplicación tiene como objetivo cubrir las semillas para favorecer su germinación, utilizando una mezcla con el resto de acolchado, fijador y agua.
- **Composición especies:** según tabla C2 (ficha C2) incorporando el máximo de especies anuales posibles,

preferentemente de crecimiento rápido (estárter).

- **Dosis total de semilla:** 350 kg/ha.
- **Acolchado:** 600-1.000 kg/ha de fibra corta (madera, paja, coco o similar).
- **Fijador orgánico o inorgánico:** 100-150 kg/ha.
- **Agua:** 25-50 m³/ha.
- **Fertilizantes inorgánicos (opcional):** para corregir las deficiencias del sustrato.

HIDROSIEMBRA 2. En el caso de la alternativa I para poder aplicar la hidrosiembra 2 es necesario que las especies de la hidrosiembra 1 estén en fase de desaparición (el recubrimiento vegetal de la hidrosiembra 1 debe ser inferior al 30%). Como mínimo se aplicará 1 año después de la hidrosiembra 1 pero posiblemente será necesario esperar más tiempo.

- **Época de siembra:** setiembre-febrero.
- **Forma de aplicación:** hidrosiembra en dos fases. La primera aplicación contiene todos los componentes principales (las semillas, parte del acolchado, parte del fijador y el agua). La segunda aplicación tiene como objetivo cubrir las semillas para favorecer su germinación, utilizando una mezcla con el resto del acolchado, fijador y agua.
- **Composición especies:** como mínimo 10-15 especies presentes en la tabla C2. Se recomienda distribuir las especies de la forma siguiente:
 - 2-4 gramíneas (1 especie anual como máximo)
 - 2-4 leguminosas (1 especie anual como máximo)
 - 2-4 herbáceas de cobertura (1 especie anual como máximo)
 - 4-7 arbustos y subarbustos
- **Dosis total de semillas:** 350 kg/ha. Se recomienda que la proporción de especies (en nº de semillas) sea la siguiente:
 - 50% especies de fijación (gramíneas)
 - 25% especies fijadoras de nitrógeno (leguminosas)
 - 15% herbáceas de cobertura
 - 10% arbustos y subarbustos

(En el caso de algunos arbustos y subarbustos es posible que se deban realizar pretratamientos antes de incorporar las semillas a la mezcla para aumentar su capacidad de germinación)
- **Acolchado:** 600-1.000 kg/ha de fibra corta (madera, paja, coco o similar)
- **Fijador orgánico o inorgánico:** 100-150 kg/ha.
- **Agua:** 25-50 m³/ha.
- **Fertilizantes inorgánicos (opcional):** para corregir las deficiencias del sustrato.

Si la zona a tratar presenta actividad biológica importante se puede incorporar algún producto repelente para disminuir la predación.

Control de calidad

- Control de calidad de los lotes de semillas según los parámetros del apartado 4.3. Se recomienda no aceptar el material vegetal si el lote no cumple los mínimos de calidad recomendados, aunque se podrá adaptar la dosis de siembra al porcentaje de germinación observado.

Resultados mínimos aconsejables (proceso de restauración)

HIDROSIEMBRA 1

- 90% cobertura vegetal durante el primer año (ver apartado 5 de evaluación).

HIDROSIEMBRA 2

- 70% cobertura vegetal mínima y 80% de cobertura vegetal máxima (ver apartado 5 de evaluación).
- Presencia como mínimo de 2 especies herbáceas propias del ecosistema de referencia (ver apartado 5 de evaluación).

Resultados mínimos aconsejables (final de la garantía)

- Presencia del 80% de las especies arbustivas y subarbustivas sembradas (ver apartado 5 de evaluación).

Mantenimiento

- Resiembras si no se cumplen los resultados mínimos recomendados.
- En la medida que sea posible se debería eliminar el exceso de herbáceas del entorno de los arbustos y subarbustos germinados.
- Riegos de mantenimiento si las condiciones meteorológicas después de las siembras no son favorables

Ir a
E

Ir a
D2



Ficha A5. Morfología

Substrato grueso, inerte o no

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: $< 30^\circ$

Talud con substrato inerte o con muchas semillas (material de rechazo de la explotación o no) y con predominio de elementos gruesos (piedras y gravas) con contenido de tierra fina entre 20-40% (peso /peso).



Objetivos

- Creación de un talud apto para desarrollo de vegetación autóctona y recuperación de los ecosistemas preexistentes o equivalente.

Acciones a evitar

- Iniciar los trabajos de revegetación si no están instalados los sistemas de protección del talud y los sistemas de gestión del agua necesarios.

Aspectos relacionados con la fase de construcción

Dimensiones

- Estabilidad geotécnica que cumpla la legislación vigente.
- En general, la estabilidad debe ser equivalente a la de su entorno natural: estabilidad en condiciones de saturación de agua.

Técnica constructiva

- Es necesario aportar al núcleo un material que garantice, por su granulometría, el buen drenaje interno del talud.

Forma del talud. Perfil longitudinal

- Ángulo inferior a 30° ($< 58\%$) respecto a la horizontal.
- Puede ser mixto: pared + talud.
- Puede instalarse una protección de bloques de piedra en la base para proteger el talud de la circulación de vehículos.
- Si la construcción lo permite, es mejor desarrollar un talud con pendiente longitudinal cóncava, con un tramo inferior largo, para evitar la sedimentación fuera del talud.

Forma del talud. Perfil transversal

- Es recomendable no construirlo rectilíneo, sino ondulado, dejando espacios cóncavos que puedan concentrar la escorrentía superficial que se conectará a la red de drenaje.

Protección del talud y gestión del agua de precipitaciones intensas

Gestión del agua en la explotación

- Construcción de una red de desagües y evacuación segura del agua hacia puntos de cota más baja de la red de drenaje natural (Fig. 6).
- Establecimiento de balsas de decantación de finos antes de evacuar las aguas a la red de drenaje natural (Fig. 6).

Control de entrada agua de escorrentía al talud

- Construir una red de drenaje perimetral defensiva del talud para evitar la entrada de agua de escorrentía superficial, siempre que sea posible de tipo cuneta de guarda de coronación.
- Construir desagües en los caminos que eviten la entrada del agua al talud.
- Desviar el agua a la entrada de la zona restaurada hacia la red general de drenaje.

Gestión del agua en el talud

- En taludes cortos, creación de pequeñas banquetas discontinuas y paralelas a las curvas de nivel para acortar el recorrido del agua encima del talud. Se pueden utilizar para la plantación posterior.
- En taludes largos, canales de contorno con una pendiente entre 1 y 5% para la evacuación del agua.

Gestión del agua al pie del talud

- Balsas de decantación de finos en su pie si abundan los finos (cerca del 40%).

Seguridad post explotación

- En necesario tomar las medidas adecuadas en cada caso, para garantizar la seguridad de las personas y bienes y la no afectación a las explotaciones contiguas ni al medio.
- Instalar indicaciones de peligro, cierre perimetral,... o aquello que la ley disponga en cada momento.

Control de la erosión

- Mantenimiento y máximo control de los sistemas de drenaje perimetrales para evitar la entrada de las aguas de escorrentía superficial, especialmente durante el otoño.
- Seguimiento de la zona para identificar procesos erosivos por el agua (ver apartado 5.1)..
- Si hay predominio de gravas (2 mm a 5 mm de diámetro), será necesario comprobar la ausencia de síntomas de erosión durante las lluvias excepcionalmente intensas.

Impacto visual

- Puede ser de mucho interés que la geometría del talud no sea uniforme y varíe en altura y en valor de la pendiente, sin superar el límite indicado.
- Para reducir el impacto visual, los taludes deben tener unas dimensiones que sean asimilables a los de su entorno.

Ir a
B4



Ficha B4. Substrato

Substrato pedregoso

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: < 30°

Talud con substrato inerte (materiales de rechazo de la explotación) o con muchas semillas (tierra vegetal decapada procedente de la misma explotación o de origen externo) y con predominio de elementos gruesos (piedras y gravas) y contenidos de tierra fina entre 20- 40% (peso/peso).



Objetivos

- Obtención de substratos adecuados para el desarrollo de la vegetación en taludes con substrato pedregoso.

Acciones a evitar

- Abordar las tareas de reposición de substrato si no existen los sistemas de protección del talud y de gestión del agua correspondientes.
- Utilizar substratos de características muy diferentes a los suelos de los sistemas que se quieren reproducir.
- Afinar la superficie final del talud utilizando las puntas (o dientes) del cazo de la excavadora en la misma dirección que la pendiente máxima.

Acciones no admisibles

- Utilizar tierras de importación o materiales de rechazo contaminados con impropios residuos metálicos, plásticos, escombros, etc.)
- Mezclar cantidades de enmienda orgánica en exceso que pueden contaminar por lixiviación las aguas superficiales y los acuíferos.
- Almacenar las enmiendas orgánicas, especialmente lodos de depuradora, en sitios no acondicionados, para evitar problemas ambientales y sanitarios.

Condiciones geomorfológicas

- Talud de desmonte: roca fisurada y rugosa (evitar planos de estratificación o de falla).
- Talud en piedraplén: materiales heterométricos que no presenten grandes cavidades entre bloques.

Materias primas por el substrato

- Hay que disponer de una analítica básica (ver apartado 4.2).
- Residuos de extracción pedregosos con arcillas intercaladas.
- Rechazo de áridos de trituración que contengan materiales terrígenos.
- Tierras de importación franco-arcillosas para mezclar con residuos pedregosos.
- Suelo o tierra vegetal decapada de la misma explotación.

Enmiendas y correcciones

- Hay que disponer de los datos analíticos de las materias primas y de las enmiendas orgánicas (ver apartado 4.2). Las enmiendas orgánicas se deben almacenar de forma controlada siguiendo las prescripciones de uso establecidas.

- Para la corrección de la fertilidad química con enmiendas orgánicas se consideran diferentes situaciones:

A. Suelo forestal o tierra vegetal procedente de la misma explotación. Normalmente estos materiales presentan niveles de fertilidad suficientes y no hace falta aplicar ninguna enmienda orgánica. Si los contenidos no son los requeridos en la tabla 4.2.2., es preferible no mezclar ningún tipo de enmienda importada para no perjudicar al banco de semillas forestales que pueda tener, pero se pueden incorporar restos vegetales de la zona triturados.

B. Rechazo mineral de la misma explotación. Si el material mineral no presenta los contenidos del tierra fina mínimos requeridos hay que hacer una corrección con materiales más finos. En caso necesario, se puede incorporar restos vegetales, compost o lodos de depuradora siguiendo los criterios indicados en el apartado de dosificación.

Requerimientos del sustrato (valores finales de la mezcla de materias primas y enmiendas)

- No superar los valores de fracciones gruesas establecidos (apartado 4.2).
- Textura franco-arcillosa (evitar exceso de arenas y de limos).
- Si el material procede de suelos forestales la fertilidad de la mezcla puede ser ya adecuada. En el caso de materiales poco fértiles, la cantidad de materia orgánica añadida no debe representar un incremento superior al 1% de materia orgánica respecto a la tierra fina (fracción < 2mm) del sustrato.
- Salinidad < 3 dSm⁻¹.

Preparación de las mezclas de materiales minerales y enmiendas orgánicas. Conservación de las pilas

A. Suelo forestal o tierra vegetal procedente de la misma explotación. Se recomienda aplicar estos materiales edáficos lo más pronto posible, evitando períodos de almacenamiento muy largos, superiores a 6 meses. Para preservar la calidad biológica de estos materiales, especialmente de las semillas y de los microorganismos, hay que evitar las pilas superiores a 2 m de altura y que la maquinaria circule por encima, así como ubicar las pilas en zonas con riesgo de encharcamiento.

B. Rechazo mineral de la misma explotación.

- Seguir las indicaciones del apartado de dosificaciones. En el caso que algún macronutriente no alcance los mínimos necesarios con el abono orgánico, se podrá compensar con fertilizantes minerales cuando se aplique la hidrosiembra.
- Es importante que las enmiendas queden bien incorporadas por lo que hay que hacer varios volteos (3 como mínimo) para garantizar la homogeneidad de la mezcla.
- Las mezclas obtenidas se pueden almacenar en pilas aisladas que no superen 4 m de altura, o en bancos de altura < 2,5 m.
- Se recomienda depositar las mezclas cerca del lugar definitivo, en forma de mota o de pilas, a medida que se van preparando. Las zonas temporales de almacenamiento deben estar en sitios sin riesgo de encharcamiento para evitar su deterioro y la contaminación de las aguas.
- Es conveniente preparar las mezclas a finales de invierno, época en que son poco frecuentes las lluvias intensas que podrían deteriorar las pilas.
- Hay que dejar reposar las mezclas como mínimo 15 días pero menos de 6 meses antes de realizar la revegetación.

Colocación del sustrato

- Espesor aconsejable: mínimo 20 cm y máximo 40 cm pero sólo se debe enmendar la capa superficial de 0-20 cm. Si no se dispone de suficiente suelo forestal o tierra vegetal de la propia explotación para obtener este espesor, se recomienda distribuirlo a modo de parches encima del sustrato obtenido en el caso **B**.
- Es necesario repartir el sustrato en el talud después de verterlo. Hay que generar espesores de sustrato irregular reproduciendo las condiciones del suelo natural. Se debe evitar que la maquinaria circule por encima del sustrato colocado. Es recomendable que la maquinaria sea de tipo oruga para evitar compactaciones excesivas del sustrato.

- La pedregosidad elevada del sustrato debe proporcionar una rugosidad superficial que ayudará a reducir la erosión, pero se recomienda generar rugosidad perpendicular a la línea máxima de pendiente.
- Sobre piedraplenes se debe calcular un 10% más de sustrato para compensar el asentamiento y redistribución del material entre las cavidades de las piedras.
- Hay que tener en cuenta el asentamiento del material antes de realizar la plantación (12 meses aproximadamente).

Control de calidad y mantenimiento

- Si se detectan problemas de estabilidad del sustrato o pérdidas por erosión (ver apartado 5.1), hacer reposición localizada.
- Tomar una muestra representativa del sustrato antes de iniciar la revegetación y transcurridos 2 años de la reposición o 1 año antes de la finalización del período de garantía (ver apartado 5.2). Cuando se disponga de los resultados analíticos, hacer las correcciones necesarias según el apartado 4.2. Si la corrección debe hacerse cuando existe vegetación instalada, emplear fertilizantes químicos o correcciones localizadas para no malograrla.

Dosificaciones

- Los datos necesarios y el procedimiento se explican en la ficha B1.

Ir a
C4



Ficha C4. Siembra

Sustrato pedregoso

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: < 30°

Talud con sustrato inerte (materiales de rechazo de la explotación) o con muchas semillas (tierra vegetal decapada procedente de la misma explotación o de origen alóctono) y con predominio de elementos gruesos (piedras y gravas) con contenidos de tierra fina entre 20-40% (peso/peso).



Objetivo

- Generar una cubierta vegetal para fijar el sustrato con especies autóctonas herbáceas y leñosas.

Acciones a evitar

- Sembrar sin dejar pasar el período de reposo recomendado después de incorporar la enmienda orgánica.
- Sembrar en épocas no favorables.
- Sembrar si no existen los sistemas de protección superiores (canales o cordones perimetrales) necesarios.

Acciones no admisibles

- Introducir especies exóticas porque pueden competir y desplazar a las especies autóctonas que se quieren potenciar (consultar legislación).
- A.** Si se ha utilizado suelo forestal o tierra vegetal de la misma explotación se recomienda no sembrar para promover el desarrollo de las semillas que incorpora el sustrato. Si el suelo forestal o la tierra vegetal de la misma explotación sólo se ha aplicado en pequeñas superficies, se evitará sembrar encima.

Ir a
D3

Si después de un período lluvioso no se observan germinaciones importantes y no se obtiene el resultado mínimo requerido, se deben realizar siembras complementarias siguiendo las instrucciones del caso **B**.

- B.** Si se ha utilizado sustrato obtenido a partir de rechazo se deben aplicar siembras (entre septiembre y febrero) y pueden ser:
- **Hidrosiembra en dos fases.** La primera aplicación contiene todos los componentes principales (las semillas, parte del acolchado, parte del fijador y agua). La segunda aplicación tiene como objetivo cubrir las semillas para favorecer su germinación, utilizando una mezcla con el resto de acolchado, fijador y agua.
 - **Siembra manual.** Es importante realizar una homogeneización previa de la mezcla de semillas. Después de la aplicación se recomienda cubrir las semillas removiendo los primeros centímetros de sustrato.

Composición de las siembras

HIDROSIEMBRA. No se aplicará antes de 15 días de la colocación del sustrato.

- **Composición especies:** como mínimo 10-15 especies presentes en la vegetación autóctona de la Tabla C2 (ficha C2). Se recomienda distribuir las especies de la forma siguiente:
2-4 gramíneas (1 especie anual como máximo)

- 2-4 leguminosas (1 especie anual como máximo)
- 2-4 herbáceas de cobertura (1 especie anual como máximo)
- 4-7 arbustos y subarbustos

- **Dosis total de semillas:** 250 kg/ha. Se recomienda que la proporción de especies (en nº de semillas) sea la siguiente:

- 15% especies de fijación (graminoides)
- 50% especies fijadoras de nitrógeno (leguminosas)
- 25% herbáceas de cobertura
- 10% arbustos y subarbustos

- Para obtener la dosis de cada especie dentro de la mezcla es necesario conocer el nº de semillas del lote. En la tabla 4.3.1 se facilitan unos valores orientativos para algunas especies, aunque se recomienda obtener este parámetro del mismo suministrador (ver apartado 4.3, control de calidad).
- En el caso de algunos arbustos y subarbustos posiblemente sea necesario realizar pre-tratamientos antes de incorporar las semillas a la mezcla para aumentar su capacidad de germinación. Se pueden solicitar las especificaciones del pre-tratamiento al distribuidor.
- **Acolchado:** 600-1000 kg/ha de fibra corta (madera, paja, coco o similar)
- **Fijador orgánico o inorgánico:** 100-150 kg/ha.
- **Agua:** 25-50 m³/ha.
- **Fertilizantes inorgánicos (opcional):** para corregir las deficiencias del sustrato
 - En el caso que la zona a tratar presente actividad de herbívoros importante se puede incorporar algún producto repelente para disminuir la predación.

SIEMBRA MANUAL (la mateixa composició de les hidrosembres)

- Se recomienda aplicar mulch (paja, restos vegetales triturados, etc.) después de cubrir las semillas para favorecer las condiciones de germinación.

Control de calidad

- Control de calidad de los lotes de semillas según los parámetros del apartado 4.3. Se recomienda no aceptar el material vegetal si el lote no cumple los mínimos de calidad recomendados, aunque se puede adaptar la dosis de siembra al porcentaje de germinación observado.

Resultados mínimos aconsejables (proceso de restauración)

- 50% cobertura vegetal mínima y 70% de cobertura vegetal máxima (ver apartado 5 de evaluación).
- Presencia como mínimo de 2 especies herbáceas del sistema de referencia (ver apartado 5 de evaluación).

Resultados mínimos aconsejables (final de la garantía)

- En el caso **A**, presencia de 3-6 especies arbustivas y subarbustivas del sistema de referencia (sin considerar las especies introducidas por plantación), ver apartado 5 de evaluación.
- En el caso **B**, presencia del 80% de las especies arbustivas y subarbustivas sembradas al final del período de garantía, ver apartado 5 de evaluación.

Mantenimiento

- Resiembras si no se cumplen los resultados mínimos recomendados.
- En la medida que sea posible se debe eliminar el exceso de herbáceas en el entorno de los arbustos y subarbustos germinados.
- Riegos de mantenimiento si las condiciones meteorológicas después de las siembras no son favorables.

Ir a
E

Ir a
D3

Ficha D3. Plantación

Substrato pedregoso o fino

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: < 30°

Talud con substrato inerte o con propágulos obtenido con materiales de rechazo de la explotación o no.



M. Jorba

Objetivo

- Plantación de especies arbustivas y arbóreas autóctonas para integrar ecológicamente la zona en composición y densidad, potenciando la presencia de fauna que promueva la dispersión de semillas.

Acciones a evitar

- Realizar las plantaciones fuera de la época de plantación recomendada

Acciones no admisibles

- Introducir especies exóticas porque pueden competir y/o desplazar a las especies autóctonas que se quiere potenciar (consultar legislación).

Consideraciones generales

- Se recomienda que el marco de plantación sea irregular y que se organice en masas de composición diversa, simulando la distribución de las plantas que se dan espontáneamente. Estas masas deben incorporar especies de los diferentes estratos de la vegetación nativa (árboles, arbustos, subarbustos y herbáceas).
- En medios semiáridos con precipitaciones inferiores a 400 mm, la cubierta vegetal puede ser discontinua, pero los espacios desprotegidos deben ser de extensión reducida y poco conectados entre ellos.

Especificaciones técnicas

- **Época de plantación:** octubre-febrero.
- **Alcorque:** 40 x 40 x 40 cm (la profundidad se deberá adaptar al tamaño del contenedor). Colocar mulch en el alcorque (grava, restos de madera, mantas orgánicas, etc.) para evitar el desarrollo de las herbáceas alrededor del individuo plantado o realizar eliminaciones periódicas de las herbáceas durante el primer año después de la plantación.
 - Si se observa mortalidad por herbivoría, colocar protectores de polipropileno, u otro material consistente, y ventilados (si se prevé un exceso de insolación, especialmente en medios semiáridos).
- **Composición de especies:** arbóreas, arbustivas y alguna liana de la Tabla D3. Se recomienda introducir las especies subarbustivas por siembra, aunque algunas especies están disponibles en vivero (ver Tabla C2, ficha C2) y se pueden plantar.
- **Nº de especies:** 2-3 arbóreas, ≥ 4 arbustivas y subarbustivas, que sean dominantes en la vegetación de referencia, preferentemente especies rebrotadoras de fruto carnoso.
- **Plantas (edad y densidad):** Edad: Entre 1-2 años. (ver calidad de planta, apartado 4.4). Densidad: 1 árbol/16 m²; 1 arbusto o subarbusto/4 m². Estas densidades se deben adaptar a las del sistema de referencia.

Esquemas de plantación



Control de calidad

- Selección de los lotes según los parámetros del apartado 4.4

Resultados mínimos aconsejables (proceso de restauración)

- 50% supervivencia al cabo de 1 año de la plantación para cada una de las especies plantadas.

Resultados mínimos aconsejables (final del período de garantía)

- Densidad de especies leñosas al final del período de garantía: 800 árboles/ha y 1500 arbustos/ha. Estas densidades se deben adaptar al sistema de referencia (bosque, coscojar, matorral, etc. En esta densidad no se incluyen los individuos introducidos por siembra).
- Estrato leñoso con una altura de un 40% respecto al sistema de referencia.
- Presencia de 2-3 especies leñosas con frutos carnosos (arbustos maduros).
- Presencia de nuevas plantas de un 50% de las especies introducidas por siembra y/o plantación, con frecuencias $\geq 0,2$.
- Presencia de plantas de 3-4 especies leñosas del sistema de referencia, no introducidas por siembra o plantación.

Mantenimiento

- Riegos de mantenimiento durante el primer período seco si las condiciones meteorológicas después de las plantaciones no son favorables.
- Reposición de las marras después del primer período seco posterior a las plantaciones.
- Contar los pies masculinos y femeninos de las especies dioicas y plantar los individuos necesarios para equilibrar la proporción.

Ir a
E

Tabla D3.

Relación de algunas especies apropiadas para plantaciones en taludes de pendiente < 30°, según el biotipo y clima.

Especies	Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	Substrato	Biotipo			
						Liana	Subarbusto	Arbusto	Árbol
<i>Acer monspessulanum</i>			x	x	no tolera la sal				x
<i>Anthyllis cytisoides</i>	x	x	x		preferente calcáreo		x		
<i>Arbutus unedo</i>		x	x	x	indiferente			x	x
<i>Asparagus acutifolius</i>			x	x	indiferente	x	x		
<i>Asparagus albus</i>	x	x			indiferente	x	x		
<i>Bupleurum frutescens</i>	x	x	x	x	indiferente		x		
<i>Bupleurum fruticosum</i>		x	x	x	indiferente			x	
<i>Capparis spinosa</i>	x	x	x		pedregoso		x		
<i>Celtis australis</i>		x	x	x	preferente calcáreo				x
<i>Ceratonia siliqua</i>	x	x	x		indiferente, no tolera la sal			x	x
<i>Chamaerops humilis</i>	x	x	x		indiferente			x	x
<i>Clematis flammula</i>		x	x	x	indiferente	x			
<i>Clematis vitalba</i>				x	indiferente	x			
<i>Colutea arborescens</i>		x	x	x	indiferente			x	
<i>Coriaria myrtifolia</i>		x	x	x	indiferente			x	
<i>Cornus sanguinea</i>		x	x	x	indiferente			x	
<i>Erica arborea</i>			x	x	silícico (calcáreo)			x	
<i>Erica multiflora</i>		x	x	x	calcáreo			x	
<i>Erica scoparia</i>		x	x	x	silícico			x	
<i>Genista scorpius</i>		x	x	x	calcáreo			x	
<i>Genista triacanthos</i>			x	x	silícico			x	
<i>Globularia alypum</i>		x	x		indiferente			x	
<i>Hedera helix</i>			x	x	indiferente	x			
<i>Juniperus oxycedrus</i>	x	x	x	x	Indiferente, no tolera la sal			x	
<i>Juniperus phoenicea</i>	x	x	x	x	indiferente, no tolera la sal			x	
<i>Lavandula angustifolia</i>		x	x	x	indiferente		x		
<i>Lavandula dentata</i>	x	x			calcáreo		x		
<i>Lavandula latifolia*</i>		x	x	x	calcáreo		x		
<i>Lonicera etrusca</i>			x	x	indiferente	x			
<i>Lonicera implexa</i>	x	x	x	x	indiferente	x			
<i>Malus sylvestris</i>				x	indiferente, no tolera la sal				x
<i>Myrtus communis</i>		x	x	x	indiferente			x	
<i>Marrubium vulgare</i>	x	x	x	x	indiferente			x	
<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>	x	x	x	x	indiferente			x	(x)

Especies	Semiárido	Seco-subhúmedo	Subhúmedo	Húmedo	Substrato	Biotipo			
						Liana	Subarbusto	Arbusto	Árbol
<i>Periploca laevigata</i> ssp. <i>angustifolia</i>	x				indiferente		x		
<i>Phillyrea angustifolia</i>	x	x	x	x	calcáreo			x	
<i>Phillyrea latifolia</i>		x	x	x	calcáreo			x	
<i>Pinus halepensis</i>	x	x	x	x	indiferente				x
<i>Pinus pinea</i>	x	x	x	x	indiferente				x
<i>Pistacia lentiscus</i>	x	x	x	x	indiferente			x	(x)
<i>Pistacia terebinthus</i>		x	x	x	indiferente			(x)	x
<i>Prunus spinosa</i>				x	calcáreo			x	
<i>Quercus coccifera</i>	x	x	x	x	calcáreo			x	(x)
<i>Quercus faginea</i>		x	x	x	preferente calcáreo			x	x
<i>Quercus ilex</i>	x	x	x	x	indiferente				x
<i>Retama sphaerocarpa</i>	x	x			indiferente			x	
<i>Rhamnus alaternus</i>	x	x	x	x	indiferente (calcáreo)			x	
<i>Rhamnus lycioides</i>	x	x			indiferente (calcáreo)			x	
<i>Rosmarinus officinalis</i>	x	x	x	x	preferente calcáreo			x	
<i>Rubia peregrina</i>	x	x	x	x	indiferente	x			
<i>Salsola genistoides</i>	x	x			nitrohalófilo			x	
<i>Rubus ulmifolius</i>			x	x	indiferente		x		
<i>Salvia officinalis</i> ssp. <i>lavandulifolia</i>		x	x	x	calcáreo		x		
<i>Santolina chamaecyparissus</i>		x	x	x	calcáreo		x		
<i>Santolina rosmarinifolia</i>			x	x	indiferente		x		
<i>Satureja montana</i>	x	x	x		calcáreo		x		
<i>Smilax aspera</i>	x	x	x	x	indiferente	x			
<i>Spartium junceum</i>	x	x	x	x	indiferente			x	
<i>Thymbra capitata</i> *	x	x			calcáreo		x		
<i>Thymus vulgaris</i> *	x	x	x	x	preferente calcáreo		x		
<i>Thymus mastichina</i> *	x	x			indiferente		x		
<i>Thymus zygis</i>	x				calcáreo		x		
<i>Thymelaea hirsuta</i>	x				tolera la sal			x	
<i>Thymelaea tinctoria</i>			x	x	calcáreo			x	
<i>Viburnum tinus</i>		x	x	x	indiferente			x	

* Disponible en semilla.

Para saber qué especies son propias de la zona que se quiere restaurar, se deben consultar las floras locales. Para Cataluña se puede consultar <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>. Para Portugal se puede consultar http://www.jb.utad.pt/pt/herbario/cons_reg.asp.

Ficha A6. Morfología

Substrato fino

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: $< 30^\circ$

Talud con substrato inerte con predominio de finos (más de 40%, peso/peso) adosados o no a pared de roca vertical o subvertical y que puede estar entre bermas.

El ángulo de la pendiente se refiere al ángulo de cada talud asociado a un banco una vez esté asentado.



M. Jorba

Objetivos

- Creación de un talud apto para el desarrollo de vegetación autóctona y recuperación de los ecosistemas preexistentes o equivalentes.

Acciones a evitar

- Iniciar los trabajos de revegetación si no están instalados los sistemas de protección de la pared y los sistemas de gestión del agua necesarios.

Aspectos relacionados con la fase de construcción

Dimensiones

- Estabilidad geotécnica que cumpla la legislación vigente .
- En general, la estabilidad debería de ser equivalente a la del entorno natural: estabilidad en condiciones de saturación de agua.

Técnica constructiva

- Aportación al núcleo de material que garantice, por su granulometría, el buen drenaje interno del talud.

Forma del talud. Perfil longitudinal

- Ángulo inferior a 30° ($< 58\%$) respecto a la horizontal.
- Puede instalarse una protección de bloques de piedra en la base para protección frente la circulación de camiones.
- Si la construcción del talud lo permite, es mejor desarrollar un talud con pendiente longitudinal cóncava, con un tramo inferior largo, para evitar la sedimentación.

Forma del talud. Perfil transversal

- Es recomendable no hacerlo rectilíneo, sino ondulado, dejando espacios cóncavos que puedan concentrar la escorrentía superficial y conectarla a la red de drenaje. Especialmente si se han cortado puntos de emergencia de aguas.

Protección del talud y gestión del agua de precipitaciones intensas

Gestión del agua en la explotación

- Construcción de una red de desagües y evacuación segura del agua hacia puntos de cota más baja de la red de drenaje natural.
- Establecimiento de balsas de decantación de finos antes de evacuar las aguas a la red de drenaje natural (Fig. 6).

Control de entrada agua de escorrentía al talud

- Construir una red de drenaje perimetral, defensiva del talud para evitar la entrada de agua de escorrentía superficial. Alternativamente, cordones de derrubios en la cabecera del talud para su protección; construir desagües en los caminos que eviten la entrada del agua al talud; desviar el agua antes de su entrada en la zona restaurada hacia la red general de drenaje.

Gestión del agua en el talud

- En taludes muy largos y accesibles, construcción de bermas, con contrapendiente hacia el interior y pendiente longitudinal para desagüe lateral; canales de contorno con una pendiente entre 1 y 5% para evacuar las aguas; creación de pequeños bancos discontinuos paralelos a las curvas de nivel, para cortar la longitud de circulación del agua sobre la rampa del talud.
- En taludes cortos: creación de rugosidad discontinua transversal a la pendiente; con creación de concavidades que retengan el agua, siempre paralela a las curvas de nivel, para facilitar la evacuación lenta del agua; Creación de rugosidad transversal a la pendiente continua, si la pendiente lo permite pasar un cincel arrastrado por oruga por la superficie final en dirección paralela a las curvas de nivel

Gestión del agua al pie del talud

- Red de desagüe y reconducción del agua hacia puntos más bajos de la red de drenaje natural; concatenación de balsas de decantación de finos al pie del talud.

Seguridad post explotación

- Es necesario tomar las medidas de precaución adecuadas a cada caso, para garantizar la seguridad de las personas y bienes y la no afectación a las explotaciones contiguas ni al medio.
- Instalar indicaciones de peligro, cierre perimetral, o aquello que la ley disponga en cada momento.

Control de la erosión

- Mantenimiento y máximo control de los sistemas de drenaje perimetrales para evitar la entrada de las aguas de escorrentía superficial, especialmente durante el otoño.
- Seguimiento de la zona para identificar procesos erosivos por el agua, especialmente por subfusión o *piping*, o por cárcavas (ver apartado 5.1).
- Esto es especialmente importante si la granulometría del material pertenece a alguno de los tipos siguientes:
 - Limos o arenas con límite plástico bajo
 - Arena fina limosa
 - Arcillas limosas con límite plástico bajo
 - La mayoría de arenas finas poco clasificadas
- En los rellanos de plantación y en general en todo el talud, controlar la aparición de fenómenos de subfusión y *piping* en general.
- Si hay predominio de gravas (2 mm a 5 mm de diámetro), será necesario comprobar la ausencia de síntomas de erosión durante las lluvias excepcionalmente intensas.

Impacto visual

- Puede ser de mucho interés que la geometría del talud no sea uniforme y varíe en altura y en valor de la pendiente, sin superar el límite indicado.
- Para reducir el impacto visual, los taludes deben tener unas dimensiones que sean asimilables a los de su entorno.
- Se recomienda reducir la longitud máxima de los taludes a 10 m de desnivel

Ir a
B5

Ficha B5. Substrato

Substrato fino

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: < 30°

Talud con substrato inerte (materiales de rechazo de la explotación) o con muchas semillas (tierra vegetal decapada procedente de la misma explotación o de origen externo) y con predominio de elementos finos. Contenidos de tierra fina entre 40-80 % (peso/peso).



Objetivo

- Obtención de substratos adecuados para el desarrollo de la vegetación en taludes con substrato fino.

Acciones a evitar

- Abordar las tareas de reposición de substrato si no existen los sistemas de protección del talud y de gestión del agua correspondientes.
- Utilizar substratos de características muy diferentes a los suelos de los sistemas naturales que se quieren reproducir.
- Afinar la superficie final del talud utilizando las puntas (o dientes) del cazo de la excavadora en la misma dirección que la pendiente máxima.

Acciones no admisibles

- Utilizar tierras de importación o materiales de rechazo contaminados con impropios (residuos metálicos, plásticos, escombros, etc.).
- Mezclar cantidades de enmienda orgánica en exceso que pueden contaminar por lixiviación las aguas superficiales y los acuíferos.
- Almacenar las enmiendas orgánicas, especialmente lodos de depuradora, en sitios no acondicionados, para evitar problemas ambientales y sanitarios.

Condiciones geomorfológicas

- Talud de desmonte: roca fisurada y rugosa (evitar planos de estratificación o de falla).
- Talud en piedraplen: Materiales heterométricos que no presenten grandes cavidades entre bloques.

Materias primas por el substrato

- Hay que disponer de una analítica básica, (ver apartado 4.2.).
- Residuos de extracción.
- Materiales terrígenos de importación de origen diverso (suelos agrícolas, capaceos y excavaciones provenientes de la construcción, etc.). Textura franca o franco-arenosa.
- Suelo o tierra vegetal decapada de la misma explotación.

Enmiendas y correcciones

- Hay que disponer de los datos analíticos de las materias primas y de las enmiendas orgánicas, ver apartado 4.2. Las enmiendas orgánicas se deben almacenar de forma controlada siguiendo las prescripciones de uso establecidas.

- Para la corrección de la fertilidad química con enmiendas orgánicas se consideran diferentes situaciones:

A. Suelo forestal o tierra vegetal procedente de la misma explotación. A menudo estos materiales presentan niveles de fertilidad suficientes y no hace falta aplicar ninguna enmienda orgánica. Si los contenidos no son los requeridos en la tabla 4.2.2., es preferible no mezclar ningún tipo de enmienda para no perjudicar al banco de semillas forestales que pueda tener.

B. Rechazo mineral de la explotación. En caso necesario, se pueden incorporar restos vegetales, compost o lodos de depuradora siguiendo los criterios indicados al apartado de dosificación para corregir su fertilidad.

C. Materiales terrígenos externos. A menudo tienen un origen agrícola y su fertilidad es suficiente, o bien las dosificaciones de corrección suelen ser pequeñas.

Requerimientos del sustrato (valores finales de la mezcla de materias primas y enmiendas)

- Se recomienda que como mínimo haya un 20 % de elementos gruesos (piedras y gravas).
- Textura franco-arcillosa (evitar exceso de limos).
- En el caso de materiales poco fértiles, la cantidad de materia orgánica añadida no debe representar un incremento superior al 1% de materia orgánica respecto a la tierra fina (fracción < 2mm) del sustrato.
- Salinidad < 4 dSm⁻¹.

Preparación de las mezclas de materiales minerales y enmiendas orgánicas. Conservación de las pilas

A. Suelo forestal o tierra vegetal procedente de la misma explotación. Se recomienda aplicar estos materiales edáficos lo más pronto posible, evitando períodos de almacenamiento muy largos, no superiores a 6 meses. Para preservar la calidad biológica de estos materiales, especialmente de los propágulos y microorganismos, hay que evitar las pilas superiores a 2 m de altura y que la maquinaria circule por encima, así como ubicar los acopios en zonas con riesgo de encharcamiento.

B. Rechazo mineral de explotación. Seguir las indicaciones del apartado de dosificaciones. Como se trata de sustratos finos, las aportaciones de enmiendas pueden ser relativamente grandes pero para evitar un exceso de desarrollo de malas hierbas y especies agresivas, la dosis de enmienda orgánica debería ser pequeña. En el caso que algún macronutriente no alcance los mínimos necesarios con el abono orgánico, se podrá compensar con fertilizantes minerales cuando se aplique la hidrosiembra.

- Es importante que las enmiendas queden bien incorporadas y hay que hacer varios volteos (3 como mínimo) para garantizar la homogeneidad de la mezcla.
- Las mezclas obtenidas se pueden almacenar en pilas aisladas que no superen 4 m de altura, o en bancos de altura < 2,5 m.
- Se recomienda depositar las mezclas cerca del lugar definitivo, en forma de mota o de pila, a medida que se van preparando. Las zonas temporales de almacenamiento deben estar en lugares sin riesgo de encharcamiento para evitar pérdidas de calidad de las mezclas.
- Es conveniente preparar las mezclas a finales de invierno, época en que son poco frecuentes las lluvias intensas que podrían deteriorar las pilas.
- Hay que dejar reposar las mezclas como mínimo 15 días pero menos de 6 meses antes de realizar la revegetación.

C. Materiales terrígenos externos. Se seguirán las mismas recomendaciones que en B.

Colocación del sustrato

- Espesor aconsejable: mínimo 20 cm y máximo 40 cm pero se recomienda enmendar solo los 0-20 cm superficiales. Si no se dispone de suficiente suelo forestal o tierra vegetal de la propia explotación para obtener este espesor, se recomienda distribuirlo a modo de parches encima del sustrato obtenido en el caso B o C.

- Es necesario repartir el sustrato en el talud después de verterlo. Hay que generar espesores de sustrato irregulares reproduciendo las condiciones del suelo natural. Se debe evitar que la maquinaria circule por encima del sustrato colocado. La maquinaria debe ser tipo oruga por evitar compactaciones excesivas del sustrato.
- Se recomienda generar rugosidad perpendicular a la línea de máxima pendiente.
- Sobre piedraplenes hay que calcular un 10% más de sustrato para compensar el asentamiento y redistribución del material entre las cavidades de las piedras.
- Hay que tener en cuenta el asentamiento del material antes de realizar la plantación (12 meses aproximadamente).

Control de calidad y mantenimiento

- Si se detectan problemas de estabilidad del sustrato o pérdidas por erosión (ver apartado 5.1), hacer reposición localizada.
- Tomar una muestra representativa del sustrato antes de iniciar la revegetación y transcurridos 2 años de la reposición o 1 año antes de la finalización del período de garantía (ver apartado 5.2). Cuando se disponga de los resultados analíticos, hacer las correcciones necesarias según el apartado 4.2. Si la corrección debe hacerse cuando existe vegetación instalada, emplear fertilizantes químicos o correcciones localizadas para no malograrla.

Dosificaciones

Los datos necesarios y el procedimiento se explican en la ficha B1.

Ir a
C5

Ficha C5. Siembra

Sustrato fino

Morfología de la unidad: Talud

Pendiente: < 30°

Talud con sustrato inerte (materiales de rechazo de la explotación) o con muchas semillas (tierra vegetal decapada procedente de la misma explotación o de origen alóctono) y con predominio de elementos finos con contenidos de tierra fina entre 40 y 80% (peso/peso).



Objetivo

- Generar una cubierta vegetal para fijar el sustrato con especies autóctonas herbáceas y leñosas.

Acciones a evitar

- Sembrar sin dejar pasar el período de reposo recomendado después de incorporar la enmienda orgánica.
- Sembrar en épocas no recomendadas.
- Sembrar si no existen los sistemas de protección superiores (canales o cordones perimetrales) necesarios.

Acciones no admisibles

- Introducir especies exóticas porque pueden competir y/o desplazar a las especies autóctonas que se quieren potenciar (consultar legislación).

Proceso

- A.** Si se ha utilizado suelo forestal o tierra vegetal de la misma explotación se recomienda no sembrar, para promover el desarrollo de las semillas que incorpora el sustrato. Si el suelo forestal o la tierra vegetal de la misma explotación sólo se ha aplicado en pequeñas superficies, se evitará sembrar encima.

Ir a
D3

Si después de un período lluvioso no se observan germinaciones importantes y no se obtiene el resultado mínimo requerido, se deben realizar siembras complementarias siguiendo las instrucciones del caso **B**.

- B.** Si se ha utilizado sustrato obtenido a partir de materiales terrígenos alóctonos de origen agrícola o de zonas revegetadas se recomienda no realizar ninguna siembra inicial. Estos materiales pueden contener un banco de semillas propio, con frecuencia de malas hierbas, que puede hacer fracasar las siembras. Se recomienda dejar pasar como mínimo 1 año para que estas especies, la mayoría anuales, hayan completado su ciclo biológico. Se prevé que estas especies vayan desapareciendo paulatinamente después de este período inicial, aunque hay especies que pueden persistir más. Cuando el recubrimiento sea aproximadamente del 50%, se pueden aplicar las siembras según las recomendaciones del apartado **C**. Habitualmente estas especies presentan su desarrollo máximo en primavera. Si después del período primaveral no se observan germinaciones, se debe prever algún tipo de protección del suelo hasta poder realizar las siembras descritas en el apartado **C** en el período favorable (por ejemplo aplicación de mulch superficial).

C. Si se ha utilizado sustrato creado a partir de rechazo deben realizarse siembras (entre septiembre y febrero) y pueden ser:

- **Hidrosiembra en dos fases.** La primera aplicación contiene todos los componentes principales (las semillas, parte del acolchado, parte del fijador y agua). La segunda aplicación tiene como objetivo cubrir las semillas para facilitar su germinación, utilizando una mezcla con el resto de acolchado, fijador y agua.
- **Siembra manual.** Es importante haber realizado una homogeneización previa de la mezcla de semillas. Después de la aplicación se recomienda cubrir las semillas removiendo los primeros centímetros de sustrato.

Composición de las siembras

HIDROSIEMBRA. No se aplicará antes de 15 días desde la colocación del sustrato.

- **Composición especies:** como mínimo 10-15 especies presentes en la vegetación autóctona de la Tabla C2 (Ficha C2). Se recomienda distribuir las especies de la forma siguiente:

2-4 graminoides (1 especie anual como máximo)

2-4 leguminosas (1 especie anual como máximo)

2-4 herbáceas de cobertura (1 especie anual como máximo)

4-7 arbustos y subarbustos

- **Dosis total de semillas:** 250 kg/ha. Se recomienda que la proporción de especies (en nº de semillas) sea la siguiente:

15% especies de fijación (graminoides)

50% especies fijadoras de nitrógeno (leguminosas)

25% herbáceas de cobertura

10% arbustos y subarbustos

- Para obtener la dosis de cada especie es necesario conocer el nº de semillas del lote. En la tabla 4.3.1 se facilitan unos valores orientativos para algunas especies, aunque se recomienda obtener este parámetro del mismo subministrador (ver apartado 4.3, de control de calidad).
- En el caso de algunos arbustos y subarbustos es posible que se deban realizar pretratamientos antes de incorporar las semillas a la mezcla para aumentar su capacidad de germinación. Se deben solicitar las especificaciones del pretratamiento al distribuidor.
- **Acolchado:** 600-1.000 kg/ha de fibra corta (madera, paja, coco o similar).
- **Fijador orgánico o inorgánico:** 100-150 kg/ha.
- **Agua:** 25-50 m³/ha.
- **Fertilizantes inorgánicos (opcional):** para corregir las deficiencias del sustrato.

En el caso que la zona a tratar presente actividad de herbívoros importante se puede incorporar algún producto repelente para disminuir la predación.

SIEMBRA MANUAL (La misma composición de las hidrosiembras)

- Se recomienda aplicar mulch después de cubrir las semillas para facilitar las condiciones de germinación. Posibles materiales a emplear son la paja, restos forestales triturados, etc.

Control de calidad

- Control de calidad de los lotes de semillas según los parámetros del apartado 4.3. Se recomienda no aceptar el material vegetal si el lote no cumple los mínimos de calidad recomendados, aunque se podrá adaptar la dosis de siembra al porcentaje de germinación obtenido.

Resultados mínimos aconsejables (proceso de restauración)

- 50% cobertura vegetal mínima y 70% de cobertura vegetal máxima, (ver apartado 5 de evaluación).
- Presencia como mínimo de 2 especies presentes en el ecosistema de referencia, (ver apartado 5 de evaluación).

Resultados mínimos aconsejables (final de la garantía)

- En el caso **A**, presencia de 3-6 especies arbustivas y subarbustivas del sistema de referencia (sin considerar las especies introducidas por plantación) (ver apartado 5 de evaluación).
- En el caso **B**, presencia del 80% de las especies arbustivas y subarbustivas sembradas al final del período de garantía (ver apartado 5 de evaluación).

Mantenimiento

- Resiembras si no se cumplen los resultados mínimos recomendados.
- Si es posible, se debe eliminar el exceso de herbáceas del entorno de arbustos y subarbustos germinados.
- Riegos de mantenimiento si las condiciones meteorológicas después de las siembras no son favorables.

Ir a
E

Ir a
D3

3.3.2 Uso agrícola



Bancales o Taludes con pendiente inferior a 8°



Morfología de la unidad

A7

Creación del sustrato

B6

Ficha A7. Morfología

Substrato fino o poco pedregoso

Morfología de la unidad: bancal

Pendiente: $< 8^\circ$

Talud o bancal con suelo rico en finos (contenido de tierra fina $> 40\%$), adosado o no a pared de roca



Objetivos

- Creación de banales para uso agrícola de acuerdo con las prácticas propias de la zona.

Acciones a evitar

- Creación de banales demasiado estrechos y/o largos o con taludes de bancal fácilmente erosionables.
- Crear nuevas zonas agrícolas en lugares no adecuados.
- Crear depresiones dentro del bancal que faciliten el estancamiento del agua de riego o de lluvia.
- No prever vías de acceso para poder realizar los trabajos de preparación.

Aspectos relacionados con la fase de construcción

Dimensiones

- Estabilidad geotécnica que cumpla la legislación vigente.
- Para reducir el impacto visual, es mejor que los banales tengan unas dimensiones parecidas a las de su entorno.

Técnica constructiva

- Aportación al núcleo de material que garantice, por su granulometría, el buen drenaje interno del bancal.

Forma del bancal. Perfil longitudinal

- Ángulo inferior a 8° , hasta un máximo de 11° , alternativamente se puede dar una forma escalonada con banquetas de talud estable frente la erosión y la degradación.
- Preparar y nivelar posteriormente para darle forma de una pendiente continua y sin irregularidades.
- Dar una ligera convexidad en la parte más alta para asegurar el drenaje hacia la parte inferior del bancal.

Forma del bancal. Perfil transversal

- Es recomendable no hacerlo rectilíneo, sino ligeramente ondulado, dejando espacios cóncavos que puedan concentrar la escorrentía superficial y conectarlo a la red de drenaje.
- Construir un canal de drenaje de agua de escorrentía para la protección del margen con desguace lateral.

Protección del talud y gestión del agua de precipitaciones intensas

Gestión del agua en l'explotación

- Construcción de una red de desagües para la evacuación segura del agua hacia puntos de cota más baja de la red de drenaje natural.
- Establecimiento de balsas de decantación de finos antes de evacuar las aguas a la red de drenaje natural (Fig. 6).

Control de entrada agua de escorrentía al talud

- Construir una red de drenaje perimetral, defensiva del talud para evitar la entrada de agua de escorrentía superficial. Alternativamente, cordones de derrubios de protección de los taludes.
- Construir desagües en los caminos que eviten la entrada del agua al bancal.
- Desviar el agua, antes de su entrada en la zona restaurada, hacia la red general de drenaje.

Gestión del agua en el bancal

- Recogida lateral del agua generada a partir de las zonas convexas del bancal .

Gestión del agua al pie del bancal

- Establecimiento de balsas de decantación de finos antes de evacuar las aguas a la red de drenaje natural.

Seguridad post explotación

- En necesario tomar las medidas de precaución necesarias en cada caso, para garantizar la seguridad de las personas y bienes y la no afectación a les explotaciones contiguas ni al medio .
- Asegurar vías de acceso una vez finalizada la explotación minera.

Control de la erosión

- Control de la erosión especialmente los procesos de *piping* si el material aportado es muy fino, ver Ficha A 6.

Impacto visual

- Para reducir el impacto visual, los taludes deben tener unas dimensiones que sean asimilables a los de su entorno.
- Hacer una siembra inicial de leguminosas tan pronto como sea posible.

Ir a
B6



Ficha B6. Substrato

Substrato fino

Morfología de la unidad: bancal

Pendiente: $< 11^\circ$

Bancales con substrato de buena calidad en superficies estables, sin subsidencias, situados en zonas no inundables donde el subsuelo no contenga residuos contaminantes (vertederos de residuos no inertes) para el establecimiento de cultivos compatibles con la integración paisajística.



Objetivos

- Obtención de substratos finos de buena calidad destinados a uso agrícola.

Acciones a evitar

- Abordar las tareas de reposición de substrato si no existen los sistemas de gestión del agua de escorrentía.
- Utilizar tierras o materiales de rechazo muy pedregosos.

Acciones no admisibles

- Espesor insuficiente de substrato.
- Utilizar tierras o materiales de rechazo contaminados.
- Mezclar cantidades de enmienda orgánica en exceso que pueden contaminar por lixiviación las aguas superficiales y los acuíferos.
- Almacenar las enmiendas orgánicas, especialmente lodos de depuradora, en sitios no acondicionados, para evitar problemas ambientales y sanitarios.

Condiciones geomorfológicas

- Plataforma o bancal.
- Talud suave cultivable (pendiente $< 8^\circ$).

Materias primas para el substrato

- Tierras propias (decapado) o de importación de buena calidad, con bajo contenido de elementos gruesos.
- Aprovechamiento de tierras procedentes de suelos agrícolas.
- Excluir tierras con escombros o contaminadas.
- Se desaconseja la utilización de materiales de rechazo, excepto si son de muy buena calidad.

Enmiendas y correcciones

- Si es necesario se pueden incorporar restos vegetales triturados, estiércoles, compost o lodos de depuradora en la dosis adecuada. Hay que aplicar la normativa específica sobre limitaciones en base al contenido de metales pesados en compost o lodos de depuradora. Si se aprovechan tierras de decapado de suelos naturales de la zona, o procedentes de suelos agrícolas, es posible que no sea necesario aportar enmiendas orgánicas.

Requerimientos del sustrato (valores finales de la mezcla de materias primas y enmiendas)

- Véase recomendaciones en la tabla 4.2.2.
- Excluir sustratos con > 50% de elementos gruesos. No debe haber bloques o piedras que puedan interferir con la maquinaria agrícola.
- Como la finalidad es agrícola, habrá que tener en cuenta que los requerimientos de fertilidad están en función del cultivo que se implante y las aportaciones son anuales. Si el material procede de suelos forestales o antiguos campos de cultivo, la fertilidad inicial de la mezcla suele ser mejor, pero habrá que controlar también la salinidad de la tierra utilizada (Salinidad < 3 dS/m⁻¹).
- Si el sustrato tiene una granulometría fina (texturas franco-limosas y arcillosas o más finas), es preferible que el contenido de materia orgánica de la mezcla sea alto. Si se utiliza una cierta proporción de material de rechazo en la preparación del sustrato, hay que corregir las deficiencias de nutrientes con abonos orgánicos.

Preparación de las mezclas de materiales minerales y enmiendas orgánicas. Conservación de las pilas

- Seguir las indicaciones del apartado de dosificaciones de la ficha B1.
- Es necesario no sobrepasar los límites indicados en la tabla 4.2.2 para suelos agrícolas, considerando que las aportaciones anuales de nitrógeno y fósforo disponibles no deben superar los requerimientos anuales de los cultivos. Si se utilizan lodos de depuradora se aconseja seguir las indicaciones de los manuales específicos (Junta de Saneamiento, 1993; Alcañiz et al., 2007).
- Es importante que las enmiendas queden bien incorporadas y hay que hacer varios volteos (3 como mínimo) por garantizar la homogeneidad de la mezcla.
- Las mezclas obtenidas se pueden almacenar en pilas que no superen 4 m de altura o en bancos de altura < 2,5 m.
- Se recomienda depositar las mezclas cerca del lugar de destino, en forma de mota o de pila, a medida que se van preparando. Las zonas temporales de almacenamiento deben estar en sitios sin riesgo de encharcamiento, para evitar pérdidas de calidad de las mezclas.
- Es conveniente preparar las mezclas a finales de invierno, época en que son poco frecuentes las lluvias intensas que podrían deteriorar el sustrato.
- Hay que dejar reposar las mezclas como mínimo 15 días pero menos de 6-8 meses antes de la extensión de las tierras.

Colocación del sustrato

- Espesor aconsejable: 50 cm, pero sólo se debe enmendar la capa superficial de 20-30 cm de profundidad. En este caso, la enmienda orgánica y los fertilizantes también se pueden distribuir directamente sobre la superficie del terreno, una vez hecha la reposición de las tierras y, a continuación, incorporarlos con un arado u otro utensilio agrícola hasta conseguir una buena mezcla. Se recomienda realizar varias pasadas.

Control de calidad y mantenimiento

- Tomar una muestra representativa del suelo después de la primera cosecha. Cuando se disponga de resultados analíticos, realizar las correcciones necesarias en función de los resultados y con criterios agronómicos.
- Si se riega hay que controlar la calidad del agua utilizada, evitando las salinidades elevadas (CE < 1 dS/m⁻¹) y la acumulación de sodio. Si se añaden purines, compost o lodos de depuradora se deben hacer analíticas de control cada diez años.

Dosificaciones

- Los datos necesarios y el procedimiento se explican en la ficha B1.

3.3.3 Uso forestal

B6



Taludes con pendiente inferior a 11°

Morfología de la unidad

A8

Creación del substrato

B7

Implementación II - El proceso de restauración

83



Ficha A8. Morfología

Substrato fino o poco pedregoso

Morfología de la unidad: talud

Pendiente: $< 11^\circ$

Talud con suelo rico en materiales finos (contenido de tierra fina $> 40\%$), adosado o no a pared de roca.



Objetivos

- Creación de bancales para uso forestal de acuerdo con las prácticas propias de la zona.

Acciones a evitar

- Iniciar los trabajos de revegetación si no hay instalados los sistemas de protección de la pared y los sistemas de gestión del agua necesarios.
- No prever vías de acceso para poder gestionar las parcelas.

Aspectos relacionados con la fase de construcción

Dimensiones

- Estabilidad geotécnica que cumpla la legislación vigente.

Técnica constructiva

- Aportación al núcleo de material que garantice, para su granulometría, el buen drenaje interno del talud.

Forma del bancal. Perfil longitudinal

- Ángulo inferior a 8° , hasta un máximo de 11° . Alternativamente se le puede dar forma escalonada con banquetas de margen estable frente a la erosión y la degradación
- Ligera convexidad en la parte más alta para asegurar el drenaje hacia la parte inferior del bancal.

Forma del bancal. Perfil transversal

- Es recomendable no hacerlo rectilíneo, sino ondulado, dejando espacios cóncavos que puedan concentrar la escorrentía superficial y conectarlo a la red de drenaje.

Protección del talud y gestión del agua de precipitaciones intensas

Gestión del agua en l'explotación

- Construcción de una red de desagües y traslado seguro del agua a puntos más bajos de la red de drenaje natural.
- Establecimiento de balsas de decantación de finos antes de evacuar las aguas a la red de drenaje natural (Fig. 6).

Control de entrada agua de escorrentía al talud

- Construir una red de drenaje perimetral, defensiva del talud para evitar la entrada de agua de escorrentía superficial. Alternativamente, cordones de derrubios de protección de los taludes.
- Construir desagües de caminos que eviten la entrada de agua en el talud.
- Desviar el agua a la entrada de la zona restaurada hacia la red general de drenaje.

Gestión del agua en el talud

- Recogida lateral del agua generada a partir de las zonas convexas del bancal

Gestión del agua al pie del talud

- Construir balsas de decantación de finos al pie del talud.

Seguridad post explotación

- Es necesario tomar las medidas de precaución necesarias en cada caso para garantizar la seguridad de las personas y bienes y la no afectación a las explotaciones contiguas ni al medio.
- Instalar indicaciones de peligro, cierre perimetral, o aquello que la ley disponga en cada momento.

Control de la erosión

- Control de la erosión, especialmente de los procesos de *piping* si el material aportado es muy fino (ver Ficha A-6).
- Seguimiento de la estabilidad de los márgenes de los bancales.

Impacto visual

- Para reducir el impacto visual es mejor que los bancales tengan unas dimensiones asimilables a las de su entorno.

Ir a
B7

Ficha B7. Substrato

Substrato poco pedregoso

Morfología de la unidad: talud

Pendiente: < 11°

Talud con substrato de buena calidad en superficies estables, poco erosionables, para el establecimiento de explotaciones forestales compatibles con la integración paisajística.

Objetivos

- Obtención de substratos de buena calidad para explotación forestal.

Acciones a evitar

- Abordar las tareas de reposición de substrato si no hay los sistemas de protección del talud y de gestión del agua de escorrentía.

Acciones no admisibles

- Incorporar cantidades de enmienda orgánica en exceso que pueden contaminar por lixiviación las aguas superficiales y los acuíferos.
- Almacenar las enmiendas orgánicas, especialmente lodos de depuradora, en sitios no acondicionados, para evitar problemas ambientales y sanitarios.

Condiciones geomorfológicas

- Talud suave de desmonte: roca fisurada y rugosa (evitar planos de estratificación o de falla).
- Talud suave en piedraplén: Materiales heterométricos que no presenten grandes cavidades entre bloques.

Materias primas para el substrato

- Hay que disponer de la analítica básica indicada en la tabla 4.2.1.
- Excluir tierras con escombros o contaminadas.
- Suelo natural procedente de decapado de pedregosidad moderada.
- Residuos de extracción margosos, lutitas, calizas margosas
- Lodos de lavado de áridos (en proporciones moderadas).
- Tierras de importación francas y franco-arenosas.
- Si los materiales disponibles son muy finos, es conveniente incorporar una cierta proporción de materiales pedregosos para facilitar la infiltración.

Enmiendas y correcciones

- Hay que disponer de los datos analíticos (tabla 4.2.1.).
- En el caso de utilizar material de rechazo, puede ser conveniente incorporar restos vegetales triturados, compost o lodos de depuradora.
- Si se aprovechan tierras de decapado de suelos naturales de la zona o procedentes de suelos agrícolas, muy a menudo no hará falta aportar enmiendas orgánicas, si los substratos ya tienen los contenidos orgánicos necesarios.

Requerimientos del sustrato (valores finales de la mezcla de materias primas y enmiendas)

- Ajustar los parámetros del sustrato dentro de los valores de la tabla 4.2.2.
- Si el material procede de suelos forestales o antiguos campos de cultivo, la fertilidad inicial del sustrato suele ser adecuada. En el caso de materiales poco fértiles, la cantidad de materia orgánica añadida no debe representar un incremento superior al 1% de materia orgánica respecto a la tierra fina (fracción < 2mm) del sustrato. Si el sustrato tiene una granulometría fina, el contenido de materia orgánica de la mezcla puede ser mayor.
- Es aconsejable favorecer la macroporosidad del sustrato mediante la incorporación de restos vegetales o gravas.
- $CE < 3 \text{ dS/m}^{-1}$.

Preparación de las mezclas de materiales minerales y enmiendas orgánicas.

Conservación de las pilas

- Seguir las indicaciones del apartado de dosificaciones.
- Es importante que las enmiendas queden bien incorporadas por lo que conviene hacer varios volteos (3 como mínimo) para garantizar la homogeneidad de la mezcla.
- Las mezclas obtenidas se pueden almacenar en pilas que no superen 4 m de altura o en bancos de altura <2,5 m.
- Es conveniente preparar las mezclas a finales de invierno, época en que son poco frecuentes las lluvias intensas que podrían deteriorar el sustrato.
- Hay que dejar reposar las mezclas como mínimo 15 días pero menos de 6-8 meses antes de la revegetación.

Colocación del sustrato

- Espesor aconsejable: 50 cm pero sólo se debe enmendar la capa superficial de 20-30 cm de profundidad.
- El sustrato puede tener una pedregosidad superficial moderada que ayudará a frenar la erosión.

Control de calidad y mantenimiento

- Tomar una muestra representativa del sustrato antes de iniciar la revegetación y transcurrido un 1 año de la reposición o 1 año antes de la finalización del período de garantía (ver apartado 5.2). Cuando se disponga de los resultados analíticos, hacer las correcciones necesarias según el apartado 4.2. Si la corrección debe hacerse cuando existe vegetación instalada, emplear fertilizantes químicos o correcciones localizadas para no malograrla.

Dosificaciones

- Los datos necesarios y el procedimiento se explican en la ficha B1.

4. Control de calidad

4.1 Control de la morfología

El control de las buenas prácticas en la construcción de la morfología de la zona restaurada se hará sobre dos tipos de elementos: a) pendientes y taludes y b) funcionamiento del drenaje y evolución de la erosión.

Aunque durante el primer año posterior a la construcción del talud debe esperarse la aparición de pequeñas grietas, fracturas, movimientos rotacionales (incluidos pequeños deslizamientos), caídas de bloques y piedras, debe tenerse presente todo lo que indiquen las normativas sobre seguridad. Se deben hacer inspecciones para identificar los lugares de riesgo, localizarlos y hacer su seguimiento periódico para evaluar su evolución. Es necesario recurrir a los manuales específicos de minería y/o de construcción de terraplenes y ajustarse a las indicaciones establecidas para estos casos.

En lo que se refiere al funcionamiento del drenaje y evolución de la erosión, también hay que realizar su seguimiento. Este seguimiento hay que hacerlo en primer lugar en los taludes, verificando la no aparición de síntomas de erosión significativos: erosión laminar (*sheet erosion*), en regueros (*rill erosion*) o cárcavas (*gully erosion*), o por el contrario su identificación aguas abajo, mediante la aparición de acumulaciones excesivas de sedimentos finos en la base de los taludes. El adecuado emplazamiento y eficacia de las balsas de sedimentación se verificará por la presencia de los finos retenidos. Los procesos de erosión deben disminuir de forma progresiva con el tiempo, de manera que al cabo de un año aproximadamente (o dos o tres ciclos de lluvia intensa, por ejemplo de otoño) el proceso de acumulación de finos en las balsas debe ser prácticamente nulo.

4.2 Especificaciones de calidad de los substratos

Para controlar la calidad de los substratos se necesita disponer de una información analítica según una metodología estándar. Los principales parámetros a analizar en los materiales utilizados como substratos y enmiendas se indican en la tabla 4.2.1.

Tabla 4.2.1

Parámetros importantes a analizar y métodos analíticos para su determinación en materiales de rechazo, tierras importadas, enmiendas o abonos empleados, y en el substrato de restauración. Grado de importancia: + aconsejable; ++ necesario; +++ imprescindible. (*) Únicamente en lodos de depuradora, compost y tierras de importación de dudosa calidad. ^a : Se debe medir en volúmenes grandes. ^b : Total en enmiendas.

Parámetro	Materiales de rechazo y suelos restaurados		Métodos analíticos	
			Enmiendas orgánicas	Métodos analíticos
Materia seca (humedad)			+++	Secado hasta 105° C
Granulometría				
Elementos gruesos	+++	++		Tamizado
Textura (< 2mm)	+++	++		Tamizado y sedimentación
Densidad aparente	++	++		Cubicado ^a
pH	++	++	+	Cubicado
Salinidad	++	++	++	Extracto acuoso 1:5
Carbonatos	++	++	++	CE extracto pasta saturada
Materia orgánica	+++	++		CE extracto acuoso 1:5
Nitrógeno total		+	+++	Calcímetro Bernard
Fósforo asimilable ^b		+	++	Walkley & Black
Potasio asimilable ^b		+	++	Kjeldahl
Metales pesados		++(*)	++	Kjeldahl
			+++(*)	Olsen
				Extracción acetato amónico
				Tratamiento ácido cenizas
				Tratamiento ácido cenizas

Metodología: *Métodos oficiales de análisis*. Dirección General de Política Alimentaria, 1993-94. Vol. 3.; Norma UNE EN 13346 (2001) i Norma UNE EN 13650 (2002).

La tabla 4.2.2 facilita la interpretación de los análisis y propone unos valores límite para cada parámetro que se considera importante. En la ficha B1 se explica cómo calcular las proporciones de enmienda que hay que incorporar a un material de rechazo para obtener un substrato que reúna unas condiciones adecuadas de fertilidad.

Tabla 4.2.2.

Requerimientos de los materiales, sustratos, tierras importadas y enmiendas orgánicas. Los valores son recomendados, excepto los indicados en la legislación establecida.

	Material Rechazo		Sustratos enmendados (a)		Compost (b)	Lodos EDAR (c)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo			
Granulometría (%)*							
250-75 mm	-	25	-	25	-	-	-
75-2 mm	-	75	-	75	-	-	-
< 2 mm	20	-	20	-	-	-	-
< 0,002 mm**	5	-	5	-	-	-	-
Textura	Clases francas		Clases francas		-	-	-
Densidad aparente (t/m ³)	-	1,8	-	1,8	0,6 - 0,8***	1***	
Carbonatos totales (%)	-	60	-	60	-	-	
pH (1:2,5)	6	8,7	5,5	8,7	-	5,5 - 9	
MO % (añadida por la enmienda)	-	-	0,8	(+)	> 35 (SMS)	< 80 (SMS)	
Grado estabilidad MO (% MO)	-	-	-	-	> 35***	> 30***	
N total (%)	-	-	0,05	0,3	-	-	
Fósforo asimilable (mg/kg)	-	-	10	50	-	-	
Potasio asimilable (mg/kg)	-	-	50	-	-	-	
Salinidad, CE (dS/m a 25° C)	-	4	-	3	-	-	
Humedad (%)	-	-	-	-	30 - 40	< 80	
C/N	-	-	-	-	< 20	-	
Cadmio (mg/kg, SMS)	-	1,5	-	1,5 (a)	3	10	40
Cobre (mg/kg, SMS)	-	100	-	100 (a)	400	1.000	1.750
Níquel (mg/kg, SMS)	-	70	-	70 (a)	100	300	400
Plomo (mg/kg, SMS)	-	100	-	100 (a)	200	750	1200
Cinc (mg/kg, SMS)	-	200	-	200 (a)	1.000	2.500	4.000
Mercurio (mg/kg, SMS)	-	1	-	1 (a)	2,5	10	25
Cromo (mg/kg, SMS)	-	100	-	100 (a)	300	1.000	1.500

(a) Valores máximos para metales pesados si se enmienda con lodos según Documento de trabajo UE sobre lodos 2000 ENV-E-3/LM para sustratos con pH > 7.

(b) Según normativa RD 824 2005. Si la enmienda se utiliza con finalidad agrícola, la dosis de enmienda (compost) con los límites de los metales pesados debe ser <5 T ms/ha/año. Las enmiendas (compost) deben cumplir otros requisitos como máximos de contaminantes orgánicos y caracterización microbiológica.

(c) Si se utilizan lodos EDAR se recomienda seguir las indicaciones de seguridad del manual específico (*Utilització de fangs de depuradora en restauració: manual d'aplicació en activitats extractives i terrenys marginals*, ACA, 2008), pero sin superar los valores aconsejados en esta tabla. Columna izquierda: concentración máxima de metales pesados en los lodos recomendada por el Documento de trabajo UE sobre fangos 2000 ENV-E-3/LM. Columna derecha: concentración máxima de metales pesados permitida en lodos en aportaciones para suelos agrícolas según Real Decreto 1310/1990. Para Portugal, hay que consultar los límites de metales pesados en fangos de depuradora y en suelo a la Portaria 176/96.

* Hay que evitar materiales muy isométricos

** En la tierra fina.

*** Valores orientativos o recomendados (los % están referidos a la materia orgánica).

(+) Las aportaciones de MO no deben representar un incremento superior al 1% respecto a la tierra fina del sustrato.

4.3 Especificaciones de calidad de las semillas

Certificaciones y etiquetas

Muchas de las especies usadas en restauración son plantas forrajeras. El Reglamento técnico de control y certificación de semillas y plantas forrajeras regula estas especies y detalla los requisitos que deben cumplir sus semillas. Algunas de estas especies están recomendadas en esta guía (ver Tablas C1 y C2). Pero gran parte de las especies de la Tabla 4.3.1 no están reguladas por ninguna normativa de calidad y suelen obtenerse por recolección en áreas naturales, siempre que no se trate de plantas protegidas o de recolección regulada.

Para las especies con categoría certificada y comercial debe asegurarse que las etiquetas incluyan la información exigida en el Reglamento Técnico (nº de control, peso del envase, especie, % de germinación, pureza, etc.).

Para las especies recolectadas es importante disponer de la siguiente información sobre el lote, que el suministrador debería hacer constar en la etiqueta:

- Referencia del lote
- Especie, subespecie, variedad
- Región o dominio de procedencia
- Material procedente de vivero
- Materia autóctono o alóctono
- Campaña de recolección
- Cantidad
- Fecha de los análisis
- Pureza específica %
- Capacidad germinativa (%) en semillas no latentes
- Peso de 1000 semillas
- Conservación

Características del lote

Para las especies certificadas y comerciales, la calidad del lote debe estar garantizada por el suministrador.

Para el resto de especies, si el suministrador no puede facilitar la información de las características del lote mencionadas más arriba, es aconsejable realizar unos controles de calidad previos antes de adquirir y/o utilizar el material. Entre los parámetros más importantes debe mencionarse el análisis de pureza, la capacidad germinativa y el peso de 1000 semillas. Esta información puede utilizarse para realizar cálculos más precisos de las dosis de siembra.

En la Tabla 4.3.1 se recoge esta información para algunas de las especies recomendadas en esta guía. Dado que la mayoría de las especies no están reguladas por ninguna normativa de calidad, la información aportada es bibliográfica. Dicha información debe considerarse orientativa ya que puede existir mucha variabilidad entre lotes distintos.

El análisis de pureza determina la cantidad de semillas puras que contiene una muestra, expresada en peso. El peso de 1000 semillas se obtiene pesando 4 submuestras de 100 semillas tomadas al azar del lote, y se expresa como nº de semillas por gramo o como peso de 1000 semillas.

Tabla 4.3.1.
Características orientativas de algunas de las especies recogidas en esta guía.

Especies	Pureza mínima % en peso (1)	% germinación (1)	Nº semillas/g (1)
<i>Acer monspessulanum</i>	95	70-80	15
<i>Agrostis tenuis</i>	90	75	15.000-20.000
<i>Anthyllis cytisoides</i>	95		600
<i>Arbutus unedo</i>	45-65	60-90	330-700
<i>Arrhenatherum elatius</i>	85	90	220
<i>Brachypodium phoenicoides</i>			330

Tabla 4.3.1.

Especies	Pureza mínima % en peso (1)	% germinación (1)	Nº semillas/g (1)
<i>Brachypodium retusum</i>			330
<i>Bromus hordeaceus</i>	90	80	530
<i>Bromus inermis</i>	98	80	250
<i>Bromus sterilis</i>	90	80	475
<i>Bupleurum fruticosum</i>	95		45
<i>Bupleurum fruticosum</i>	95	65-75	45
<i>Buxus sempervirens</i>	95	60	77
<i>Capparis spinosa</i>		70-90	80-160
<i>Celtis australis</i>	95-98	60-80	7
<i>Ceratonia siliqua</i>	95-98	70-80	6
<i>Chamaerops humilis</i>			1,5
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	95	65-70	750
<i>Cistus albidus</i>	95		1.000
<i>Cistus clusii</i>			1.000
<i>Cistus salviifolius</i>	95		1.000
<i>Colutea arborescens</i>	90	70-80	85
<i>Coronilla emerus</i>	95		200
<i>Coronilla juncea</i>	95		150
<i>Coronilla minima</i>	95		140
<i>Crataegus monogyna</i>	98	60	9,5-13
<i>Cynodon dactylon</i>	97 (90)	85 (70)	4.000
<i>Dactylis glomerata</i> ssp. <i>glomerata</i>	90	80	1.300
<i>Diploaxis erucoides</i>	90-95	65	4.000
<i>Dorycnium hirsutum</i>	95	50-60	250
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	95		200
<i>Erica arborea</i>	95		100.000
<i>Erica multiflora</i>	40-70	20-40	> 1.000
<i>Eryngium campestre</i>		85	300
<i>Festuca arundinacea</i>	95	80	500
<i>Festuca ovina</i>	85	75	1.350
<i>Foeniculum vulgare</i>	95		75
<i>Genista scorpius</i>	95		200
<i>Hedera helix</i>	95		40
<i>Helichrysum stoechas</i>		90	5.000-10.000
<i>Hypericum perforatum</i>	95	70	9.000
<i>Juniperus oxycedrus</i>	95-98	30	11-36
<i>Juniperus phoenicea</i>	90-95	40	32-50
<i>Lavandula latifolia</i>	95	60-70	1.000
<i>Lobularia maritima</i>			2.200
<i>Lolium multiflorum</i>	96	75	450
<i>Lolium rigidum</i>	96	80	500
<i>Lonicera implexa</i>			100-110
<i>Lonicera etrusca</i>			100-110
<i>Lotus corniculatus</i>	95	90 (75)	850
<i>Malus sylvestris</i>	90	60	25

Tabla 4.3.1.

Especies	Pureza mínima % en peso (1)	% germinación (1)	Nº semillas/g (1)
<i>Marrubium vulgare</i>	95	30	1.000
<i>Medicago arabica</i>			650
<i>Medicago lupulina</i>	97	80	650
<i>Medicago minima</i>	97	80	250
<i>Medicago sativa</i>	97	80	425
<i>Medicago truncatula</i>	97	80	150
<i>Moricandia arvensis</i>	95		2.000
<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>			5
<i>Onobrychis viciifolia</i>	95	75	
<i>Ononis natrix</i>		95	110
<i>Origanum vulgare</i>	95	60	7.500
<i>Phillyrea angustifolia</i>	95	40-60	25-112
<i>Phleum pratense</i>	95	80	2.600
<i>Pinus halepensis</i>	95-98	80-85	50-100
<i>Pinus pinea</i>		80-90	0,9-2
<i>Piptatherum miliaceum</i>	94	85	2.000
<i>Pistacia lentiscus</i>	95-98	40-80	30-85
<i>Pistacia terebinthus</i>	95-98	40	17-25
<i>Plantago afra</i>	95	70	900
<i>Plantago albicans</i>			200
<i>Plantago lanceolata</i>	95	80-85	850
<i>Poa annua</i>	85	75	2.800
<i>Poa pratensis</i>	85	75	4.000
<i>Prunus spinosa</i>	95-98	60-90	6-20
<i>Psoralea bituminosa</i>		95	45 (150)
<i>Quercus coccifera</i>		60-80	0,2 -0,4
<i>Quercus ilex</i>	98-100	80-90	0,28
<i>Retama sphaerocarpa</i>	98	75	13
<i>Rhamnus alaternus</i>	95	50-70	20-50
<i>Rhamnus lycioides</i>	95	60	21
<i>Rosmarinus officinalis</i>	95	30-50	1.000
<i>Rubus ulmifolius</i>	95		1.000
<i>Salvia officinalis</i> ssp. <i>lavandulifolia</i>	95	80 (99)	140 (300)
<i>Sanguisorba minor</i>	95	75	85

* Especies sujetas al Reglamento técnico de control y certificación de semillas y plantas forrajeras.

En negrita: valores del Reglamento Técnico de control y certificación de semillas y plantas forrajeras.

(1) APAT [ed.]. *Seed propagation of mediterranean trees and shrubs*. 2003.

Bases Ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana. Banc de llavors forestals. Conselleria de Medi Ambient. Comunitat Valenciana, 2001.

NTJ 08H. Implantación del material vegetal: Hidrosiembras. Normas Tecnológicas de jardinería y paisajismo. Colegio Oficial de ingenieros técnicos agrícolas y peritos agrícolas de Cataluña, 1996.

Las normas ISTA (Internacional Seed Testing Association) recogen las condiciones más adecuadas para conseguir la germinación máxima para cada especie (sustrato, luz, temperatura); se recomienda realizar los ensayos en 4 repeticiones de 100 semillas. Para obtener la capacidad germinativa del lote, se calcula la media de las 4 réplicas al final del periodo de germinación. De todas formas, algunas de las especies propuestas no están citadas en las normas ISTA.

4.4 Especificaciones de calidad de planta

Las prioridades de la restauración de canteras pueden ser múltiples, por lo que la calidad de planta debería ajustarse a las mismas. Por ejemplo, cuando la restauración considere la posibilidad futura de aprovechamiento de madera, la selección de materiales de origen y cultivo en vivero debería primar aquellos brinzales que muestren las características más adecuadas para estos fines (e.g., tallos erectos, no ramificados, tasas de crecimiento elevadas), características que pueden ser secundarias si la restauración tiene otras prioridades (por ejemplo, desarrollo rápido de una cubierta protectora, o pantalla visual, en cuyo caso la ramosidad sería de interés). Desgraciadamente, la industria viverística actual no ha llegado, en la mayoría de casos, a este nivel de control de calidad. Por ello, más que recomendaciones específicas sobre esta cuestión, es conveniente que el responsable de la restauración tenga en cuenta sus objetivos a la hora de seleccionar, rechazar o producir una partida de planta.

Una característica que se debe cumplir en prácticamente todos los casos es que los brinzales deben mostrar una buena capacidad de establecimiento bajo las adversas condiciones del campo. Excepción a esta norma sería cuando características de los brinzales no relacionadas o relacionadas inversamente con su capacidad de resistir los primeros años en el campo sean de interés (por ejemplo, cuando se pretende introducir genotipos locales de difícil establecimiento). Aunque resulta difícil proponer un patrón de planta de calidad válido para todas las especies y condiciones de plantación, algunas generalizaciones pueden ayudar a mejorar el éxito de esta última. Para ello, resulta útil basar las decisiones en la legislativa existente sobre calidad cabal y comercial de material vegetal de reproducción (ver apartado legislación y normativas). Algunas recomendaciones útiles en el marco de la restauración de canteras de caliza son las siguientes:

1. Evitar plantas que presenten alguna de estas características (en más de un 5% de la partida, en el caso de adquisición de planta ajena).
2. Salvo en contadas excepciones, es conveniente emplear brinzales de 1 o 2 savias. En caso de utilizar plantas de más edad y dimensiones, prestar particular atención a la conformación del sistema radical, pues su establecimiento, siempre difícil, dependerá en buena medida del volumen y conformación de las raíces.
3. Evitar plantas que se alejen de las recomendaciones morfológicas incluidas en las normativas sobre calidad cabal y comercial de material de reproducción (ver Tablas 4.4.1-4.4.3).

Tal como se ha comentado anteriormente, algunas características de la calidad cabal y comercial, como la rectitud de los tallos o la escasa ramosidad, serán o no deseables en función de la función a corto y largo plazo de la especie seleccionada.

Características a evitar en al menos 95% de la partida	Figura
Heridas distintas a las de una eventual poda, incluidas heridas producidas por arranque.	-
Ausencia de yemas susceptibles de generar un brote apical.	-
Sistema radicular escaso o deformado (por ejemplo, con raíces espiraladas, o formando una espiral a lo largo de las paredes del contenedor)	4.4.1 4.4.5
Signos de desecación, recalentamiento, enmohecimiento, podredumbre o daños causados por organismos nocivos.	-
Plantas con una proporción de raíces: parte aérea desequilibrada (por ejemplo, con un exceso de follaje respecto al volumen de raíces; ver Tabla 4.4.3).	4.4.2 4.4.3 4.4.4 4.4.6
Plantas ahiladas (con reducido diámetro del tallo respecto a la altura y la acumulación de follaje) y de tallos poco lignificados, con poca capacidad para sostenerse por sí solos (ver Tablas 4.4.1 y 4.4.3).	4.4.3 4.4.4
Coloraciones foliares que denoten desequilibrios nutricionales (clorosis, necrosis).	4.4.7 4.4.8
Plantas a raíz desnuda	-

Para producir este tipo de planta se pueden utilizar protocolos muy diversos. Algunas recomendaciones generales para requerir a los viveristas sobre este aspecto:

Descripción técnica	Finalidad
Garantizar el origen de las semillas o propágulos utilizados en la obtención de planta.	Garantía de material de calidad y evitar introducción de especies o variedades no deseadas.
Cultivar la planta en un ambiente similar al que va a estar destinada, y en ningún caso cultivar en zonas litorales brinzales destinados a ser plantados en zonas sometidas a heladas.	Obtener plantas aclimatadas al lugar de destino.
Utilizar contenedores forestales de un volumen preferiblemente superior a 200 cm ³ , y nunca inferior a 175 cm ³ , con costillas en paredes laterales, y sistemas para forzar el repicado. Su profundidad debe superar los 15 cm, siendo recomendables los contenedores profundos (>20 cm), especialmente para plantas con raíz pivotante como las encinas (ver Fig. 4.4.2, 4.4.3, 4.4.6, 4.4.7, 4.4.8).	Evitar espiralamiento (enroscamiento) de la raíz, el revirado, y el enraizamiento fuera del contenedor. Permitir una conformación del sistema radical que no comprometa su desarrollo posterior. Crear una reserva adecuada de agua y nutrientes.
Utilizar un sustrato con un buen equilibrio entre macroporos, que aportan aireación, y microporos, capaces de retener agua, estable y que favorezca el enraizamiento en todo su volumen. La turba se utiliza como base en muchas mezclas de sustratos, junto con fibra de coco, vermiculita, corteza compostada, etc. (por ejemplo, turba rubia encalada y fertilizada + fibra de coco, en una proporción 50:50 en volumen). Los sustratos elaborados a base de compost se han mostrado eficaces en muchos casos, contribuyendo a la reutilización de materia orgánica.	Crear un microambiente favorable para el crecimiento de las raíces, y que permita aportar agua y nutrientes durante la fase de vivero, y el período posterior a la plantación en el campo.
Exponer los brinzales al sol directo tan pronto como sea posible durante la fase de cultivo en vivero (a las pocas semanas de que germinen las semillas).	Aclimatar los brinzales a estas condiciones.
Aplicar riego adecuado (su frecuencia y volumen dependerá del sustrato, las condiciones climáticas y la transpiración de la planta), hasta algunas semanas antes de llevar la planta al campo. En ese momento, reducir la frecuencia o volumen de riego de manera que los brinzales se preparen morfológica y fisiológicamente para el estrés post-transplante.	Permitir el desarrollo de una planta sana, con abundantes reservas, y promover mecanismos morfo-fisiológicos de aclimatación a la sequía.
Las labores de manejo de la planta requieren especial cuidado, particularmente cuando ésta es transportada al campo. Evitar la desecación de la planta, o la pérdida de sustrato durante el trasiego. Saturar el sustrato de agua inmediatamente antes de la plantación, por ejemplo, por inmersión prolongada de todo el cepellón.	Evitar situaciones de estrés que puedan reducir las reservas de la planta y su capacidad para establecerse, en este período crítico.
Plantar tras una preparación profunda del terreno (por ejemplo, casillas de 40 x 40 x 40 cm de profundidad), creando un alcorque de no menos de 50 cm de diámetro interior y paredes de 20 cm de alto. Introducir la planta recta, de manera que todo el cepellón y la base del tallo queden enterrados, comprobando que el suelo alrededor de la planta está firme (que no cede ante un leve estiramiento), y que no quedan bolsas de aire que pudieran desecar las raíces. Colocar 3 piedras alrededor de la planta formando un castillete. Evitar cualquier daño a la planta durante este proceso.	Asegurar un contacto íntimo raíces-suelo, que el sistema radical queda bien enterrado y, por tanto, menos sensible a la desecación de la superficie del suelo, creando un microclima favorable.

Tabla 4.4.1.

Patrones de altura del tallo y diámetro del cuello de la raíz óptimos, según la Orden de la Generalitat Valenciana (DOGV 2780 16/05/1996). Características orientativas de algunas de las especies recogidas en esta guía.

Especie	Módulo de alturas (cm)			Diámetro del cuello de la raíz (mm)
	Plantas 1 savia		Plantas 2 savias	
	mínimo	máximo	máximo	mínimo
<i>Pinus halepensis</i>	10	15	20	2,5
<i>Pinus nigra</i>	08	12	15	2,0
<i>Pinus pinaster</i>	10	15	20	2,5
<i>Pinus pinea</i>	10	16	20	3,0
<i>Pinus sylvestris</i>	08	12	16	2,0
<i>Quercus ilex</i>	10	16	22	3,5
<i>Quercus coccifera</i>	10	15	20	3,0
<i>Quercus faginea</i>	15	20	25	3,5
<i>Quercus pyrenaica</i>	10	16	20	3,0
<i>Quercus suber</i>	15	20	25	3,5
<i>Juniperus</i> sp.	06	12	15	1,5
<i>Taxus baccata</i>	06	12	15	1,5
<i>Tetraclinis articulata</i>	06	12	15	2,0

Tabla 4.4.2.

Edad y morfología recomendada de brinzales de especies forestales mediterráneas, según R.D. 289/2003.

Especie	Edad máxima (nº. savias)	Altura mínima (cm)	Altura máxima (cm)	Diámetro mínimo del cuello de la raíz (mm)
<i>Pinus halepensis</i>	1	8	25	2
	2	12	40	3
<i>Pinus nigra</i>	1	8	15	2
	2	10	20	3
<i>Pinus pinaster</i>	1	7	30	2
	2	15	45	3
<i>Pinus pinea</i>	1	10	30	3
	2	15	40	4
<i>Pinus sylvestris</i>	1	8	15	2
	2	10	20	3
<i>Quercus ilex</i>	1	8	30	2
	2	15	50	3
<i>Quercus suber</i>	1	13	60	3
<i>Quercus faginea</i>	1	6	30	2
	2	10	50	3
<i>Quercus pyrenaica</i>	1	6	30	2
	2	10	50	3

Tabla 4.4.3.
 Edad y morfología recomendada de brinzales de especies forestales mediterráneas, según Navarro et al. (2006).
 H: altura del tallo, D: diámetro del cuello de la raíz, PA: peso seco de la parte aérea, PR: peso seco de la parte subterránea.

Especie	Edad (nº savias)	Altura mínima (cm)	Altura máxima (cm)	Diámetro mínimo del cuello de la raíz(mm)	H:D (cm mm ⁻¹)	PA:PR (g g ⁻¹)
<i>Pinus halepensis</i>	1	15	30	3-4	5-7	1,5-2,0
<i>Pinus pinea</i>	1	20	30	3,5-4,5	5-7	2,0-2,5
<i>Quercus ilex</i>	1	20	30	4-5	4-7	0,6-1
<i>Ceratonia siliqua</i>	1-2	6	10	2-3	2-3	1-2
<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>	1	30	50	4-5	7-12	2-4
<i>Quercus coccifera</i>	1	20	-	> 4	4-5	0,5-0,9
<i>Pistacia lentiscus</i>	1	15	30	3-5	4-7	0,9-2
<i>Lavandula stoechas</i>	1-2	25	30	2-4	7-15	0,9-2

Fig. 4.4.1.
 Sistemas radicales adultos de pino. El superior muestra un crecimiento en espiral de las raíces como consecuencia del uso de bolsas de plástico en vivero. Ambos ejemplares proceden del vivero El Serranillo (DG Biodiversidad, MMA, Guadalajara).

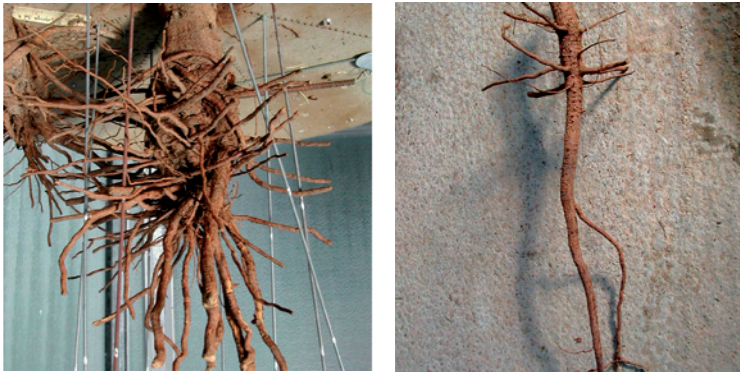


Fig. 4.4.2.
 Brinzales de *Pinus halepensis* de 1 savia (foto derecha), y 3 savias (foto izquierda). La calidad de las plantas de más edad no es aceptable en una plantación. (Foto: Jorge Monerris).

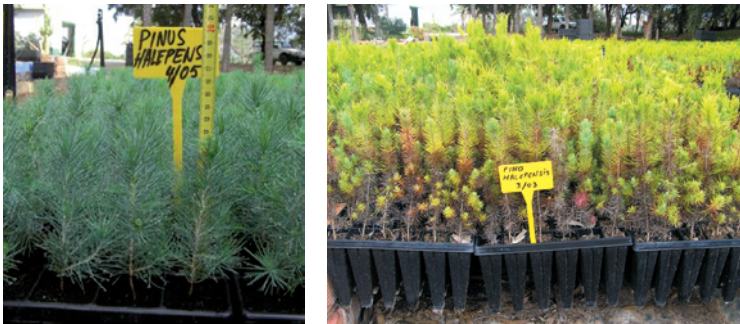


Fig. 4.4.3.

Brinzales de albaida (*Anthyllis cytisoides*).) mostrando un excesivo crecimiento de la parte aérea (Foto: Jorge Monerris).



Fig. 4.4.4.

Pino carrasco (*Pinus halepensis*) mostrando un exceso de biomasa aérea, tallos excesivamente esbeltos, y un sistema radical espiralado (no se aprecia en la imagen), por lo que resultan poco recomendables para la repoblación (Foto: Jorge Monerris).



Fig. 4.4.5.

Las bolsas de plástico no son recomendables como envase. En caso de no tener otra alternativa, es imprescindible que el sustrato sea de buena calidad y fácilmente enraizable en todo su volumen.



Fig. 4.4.6.

Brinzales de *Quercus coccifera* (izquierda) y *Pistacia lentiscus* (derecha) mostrando una aceptable proporción entre biomasa aérea y subterránea, y una buena colonización del sustrato. (Foto: Román Trubat).



Fig. 4.4.7.

Brinzales de *Tetraclinis articulata* mostrando los efectos de diferentes regímenes nutricionales. De izquierda a derecha: fertilizante de liberación lenta, fertilización completa, fertilización subóptima, deficiencia de micronutrientes, endurecimiento nutricional, y deficiencias de fósforo y nitrógeno. (Foto: Román Trubat).



Fig. 4.4.8.

Las coloraciones amarillas, rojas, o glaucas suelen estar generadas por estrés. En general, se recomienda evitar partidas con plantas con estas características. Aquí se muestran coloraciones amarillentas producidas por daños por heladas en *Pinus pinaster* (izquierda), y clorosis en *Quercus ilex* (derecha) y *Quercus suber* (centro) provocada por deficiencias nutricionales.



5. Criterios y métodos de evaluación

5.1 Corto plazo: resultados mínimos aconsejables durante el proceso de restauración

5.1.1 Morfología, estabilidad y erosión

Durante el primer año es de esperar que se produzcan fenómenos de asentamiento de los taludes. El principal control que hay que practicar es la observación de la aparición de grietas y fisuras, pequeños deslizamientos o cualquier otra indicación de movimientos rotacionales, especialmente si ha sido un año húmedo o se han aplicado riegos de soporte. La profundidad de las grietas (si es asequible su control), es un indicador de la posible gravedad del problema. Hay que monitorizar la caída de piedras y/o bloques de paredes y taludes muy verticales. En su caso habrá que tomar las medidas que se crean oportunas para evitar riesgos a las personas.

Se deberá dedicar una atención especial al funcionamiento del sistema general de drenaje: funcionalidad de los canales de protección de los taludes (cunetas de guarda), de recogida de agua y de drenaje hacia el sistema general. También será necesario observar la funcionalidad de las balsas de sedimentación de finos. Si se han utilizado cordones de material sobrepuesto como protección en la cabecera de los taludes, será necesario revisar periódicamente su estado y en caso necesario reponerlos y/o reconstruirlos.

Otro tema objeto de seguimiento será la aparición de regueros de erosión de tamaños diferentes. La erosión del material es selectiva de forma que al pie de los taludes aparecen acumulados los finos arrastrados.

Para evaluar este proceso de erosión se recomienda contar el número de canales o regueros de más de 5 cm de profundidad a lo largo del talud y calcular el número equivalente por cada 100 m de recorrido perpendicular a la línea de máxima pendiente o el número de canales /m². Este parámetro permitirá ver si la erosión aumenta a lo largo del tiempo. Conviene anotar también la profundidad, anchura y la longitud media de los regueros para ver si aumentan.

Es importante realizar estos controles periódicamente durante los primeros años y especialmente después de periodos lluviosos. Si se observa la reaparición o incremento de los regueros, se deberá revisar los canales de las bermas o cunetas superiores, resembrar y/o fertilizar zonas de terreno con escasa vegetación, o aplicar mulch localizado en las zonas desprotegidas. Si los regueros son de grandes dimensiones habrá que restituir el suelo perdido en estos puntos. Siempre que sea posible, se actuará localmente para evitar malograr la cubierta vegetal en los lugares donde se desarrolla satisfactoriamente.

Es conveniente observar si se ha formado una costra en superficie que dificulte la germinación de las plantas, especialmente cuando el sustrato sea rico en limos o arena muy fina. En este caso, las imágenes tomadas para controlar el recubrimiento vegetal (ver apartado siguiente) también pueden servir para medir la formación de costras y formas de erosión laminares.

También pueden aparecer canales de subfusión verticales (*piping*) que pueden evolucionar hacia la formación de embudos (conos). Se desarrollan en lugares donde abundan los materiales muy finos (por ejemplo *filler*) en el núcleo del talud o cuando el núcleo del talud no está suficientemente compactado. Esto se observa con frecuencia en las zonas de plantación y en el emplazamiento de los puntos con riego localizado. En este caso la actuación de mantenimiento a realizar es la aportación de materiales de relleno, preferiblemente arcillosos o francos.

Figura 5.1.1.1.

Ejemplo de Subfusión



5.1.2 Substrato

Para la caracterización inicial de las pilas de materiales terrígenos o de rechazo, hay que homogeneizar previamente toda la pila antes de coger las muestras. Las muestras se deben coger de diferentes puntos al azar en las pilas, tanto en la superficie como del interior. Como mínimo se cogerán unas 10 muestras de cada pila y se obtendrá una muestra compuesta sobre la que se realizará la analítica. La cantidad de muestra dependerá de la granulometría de cada material (tabla 5.1.2.1). Cuando la muestra compuesta se haya homogeneizado convenientemente, se recogerán unos 5 kg para su caracterización física y química.

Tabla 5.1.2.1.

Cantidad mínima de muestra según el diámetro máximo de los elementos gruesos presentes en el material

Diámetro máximo de los elementos gruesos (mm)	Peso mínimo de muestra (kg)
< 10	1
15	3
20	5
25	10
40	15
50	20
60	25
80	30
100	35
150	50
200	70
250	100

Se prestará especial atención a la caracterización de los materiales potencialmente contaminantes (lodos de depuradora, compost de lodos o de residuos sólidos urbanos...) utilizados habitualmente como enmiendas orgánicas (ver tabla 4.2.2).

Una vez se han realizado las mezclas y se ha extendido el sustrato sobre el terreno, se recomienda realizar un control de calidad del sustrato antes de iniciar la revegetación para posibilitar las correcciones necesarias que se deriven de este control. Una parte de la evaluación se puede hacer en la misma actividad extractiva.

El espesor final de suelo repuesto se puede obtener observando las eventuales formas de erosión (regueros profundos) o se puede medir clavando una barra de hierro hasta tocar el sustrato rocoso, en 10 puntos al azar por cada 1000 m² restaurados. También se pueden hacer pequeños hoyos con una azada que permitan ver la capa de sustrato y medir el espesor. Hay que alcanzar el espesor mínimo indicado en cada ficha según la tipología de la zona restaurada.

Para obtener una muestra representativa del sustrato para su análisis físico y químico, hay que observar la posible heterogeneidad del terreno, subdividiéndolo en áreas de apariencia homogénea. En cada área de apariencia muy homogénea cogeremos una muestra compuesta del suelo. Un procedimiento sencillo consiste en hacer un recorrido dentro de cada zona homogénea tomando una muestra del suelo cada 5 - 10 m (o un número determinado de pasos). Las muestras se ponen dentro de un saco y, cuando se han recogido todas, se mezclan bien y se extrae una submuestra de unos 5 kg (más cantidad si la tierra es muy pedregosa) para llevarla a analizar. El número de puntos de muestreo o porciones dentro de cada zona homogénea nunca será inferior a una por cada 200 m².

Para recoger la tierra es preferible utilizar una sonda edafológica, pero también se puede utilizar una azada, procurando tomar siempre el mismo volumen del suelo en toda la profundidad en que se clave la azada. Con estas herramientas se

toma muestra superficial entre 0 y 20 cm aproximadamente. Las muestras se deben guardar en bolsas bien etiquetadas. En el caso de que la tierra estuviese húmeda, es recomendable extenderla unos días sobre papel absorbente en un lugar ventilado. Una vez secas se pueden enviar a alguno de los laboratorios especializados. Se recomienda determinar los parámetros habituales de fertilidad para suelos agrícolas, concretamente, granulometría, pH, salinidad, carbonatos totales, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo y potasio asimilables, es decir los parámetros indicados en la tabla 4.2.1.

Los resultados analíticos de los substratos deben estar dentro de los valores establecidos en la tabla 4.2.2.

Si se detectan problemas como resultado de los controles anteriores, se actuará lo antes posible. En caso de que se detecte un espesor de substrato insuficiente, se valorará la conveniencia de aplicar una cantidad suplementaria de forma localizada o general. Si los problemas son la falta de algún nutriente esencial, se pueden hacer aportaciones localizadas de abonos que corrijan la deficiencia.

Posteriormente se recomienda realizar un segundo control dos años después de la reposición, o como muy tarde un año antes de la finalización del período de garantía. Se seguirá el mismo proceso descrito anteriormente. En caso de ser necesario aplicar correcciones, siempre que sea posible se actuará localmente, para evitar malograr la cubierta vegetal en los lugares donde se desarrolla satisfactoriamente. De todos modos, esta situación puede comportar la repetición de las operaciones de siembra y/o plantación.

5.1.3 Vegetación herbácea y leñosa

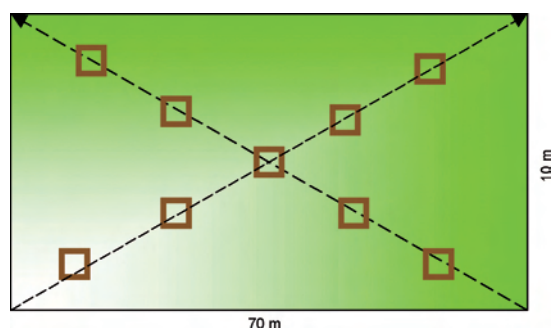
5.1.3.1 Evaluación del recubrimiento vegetal

Para evaluar el recubrimiento vegetal se propone un método fotográfico para que pueda ser aplicable por los mismos responsables de las explotaciones.

Se propone realizar un itinerario fotográfico siguiendo las dos diagonales de la zona a evaluar (fig. 5.1.3.1). El intervalo entre fotografías puede ser de 20 m aproximadamente que se pueden medir mediante pasos (1 paso puede representar aproximadamente 1m).

Fig. 5.1.3.1.

Localización del punto de control del recubrimiento vegetal en una superficie. Los cuadrados representan los puntos donde se pueden localizar aproximadamente las fotografías. Las fotografías deben ser ortogonales a la superficie (Fig. 5.1.3.2) y se recomienda utilizar un marco de 0,50x0,50 m para garantizar que se evalúa la misma superficie en todas las fotografías.



En el caso que no sea posible realizar fotografías ortogonales (por ejemplo en el caso de taludes rocosos o acantilados), se recomienda que se realicen siempre en el mismo punto y en condiciones de luminosidad parecidas todas las evaluaciones (Fig. 5.1.3.3). Si las superficies fotografiadas están alejadas, el uso de objetivos “zoom” puede facilitar la evaluación del recubrimiento.

Se recomienda realizar el muestreo en el otoño del segundo año después de la plantación, una vez pasado el período seco (cuando muchas plántulas mueren). Para las herbáceas se recomienda realizar el muestreo en primavera.

Fig. 5.1.3.2.

Delimitación de la superficie del control fotográfico del recubrimiento vegetal.



Fig. 5.1.3.3.

Zonas de muestreo de la superficie para el control fotográfico del recubrimiento vegetal en taludes rocosos o acantilados.



La evaluación del recubrimiento se puede realizar con cualquier programa que pueda contabilizar la superficie según un determinado rango de color pero también se puede obtener una aproximación visual por ejemplo contando los cuadrados de un retículo con plantas (vegeu la figura 5.1.3.4).

Fig. 5.1.3.4.

Evaluación visual del recubrimiento vegetal en fotografías obtenidas en la superficie de estudio.



50 cuadrados con plantas*100 / 100
cuadrados observados= 50 %



65 cuadrados con plantas*100 / 100
cuadrados observados= 65 %

Fig. 5.1.3.5.

Ejemplo de recubrimiento regular pero discontinuo.



El recubrimiento total se obtendrá calculando el promedio de los valores de las diferentes fotografías realizadas para cada fecha.

Se recomienda que el recubrimiento sea regular aunque no sea continuo (Fig. 5.1.3.5) y no deben existir superficies superiores a 5 m² sin vegetación.

Estos seguimientos se deben realizar en los momentos de mayor desarrollo de la vegetación y como mínimo se recomienda hacerlos en la primavera y en el otoño. Se recomienda que estos seguimientos sean anuales durante el período de garantía. Si los recubrimientos no llegan a los mínimos aconsejados en cada situación contemplada en las fichas, es necesario aplicar siembras totales o parciales en las superficies no revegetadas.

5.1.3.2 Evaluación de la diversidad vegetal (herbáceas o leñosas)

Una forma simple para avaluar la diversidad vegetal es contar el número de especies distintas presentes en las áreas de muestreo (de unos 5m²). Cuanta más heterogénea sea el área a avaluar, más cuadrados de muestreo serán necesarios; 2-3 cuadrados de 5m² /100m² puede ser una densidad de muestreo adecuada para la mayoría de los casos.

Para cada cuadrado se debe registrar la presencia de las especies, siguiendo el ejemplo que se presenta a continuación. En este ejemplo se consideran separadamente las especies sembradas y las espontáneas, para poder

avaluar el éxito de las siembras y de la regeneración de las especies plantadas (y también de las espontáneas llegadas del entorno o del banco de semillas del sustrato).

Un primer indicador de la diversidad es el número total de especies identificadas o la media del número de especies localizadas por cuadrado. Esta información servirá para ver el éxito de las siembras tanto de herbáceas como de leñosas. Si se comparan estas especies con las de la zona de referencia podemos tener un primer indicador de calidad de la restauración.

Pero esto no es suficiente, ya que la abundancia de cada especie puede variar mucho. Para obtener información más detallada sobre la diversidad, y utilizando la misma tabla, se calcula la frecuencia de cada una de las especies.

Ejemplo:

Muestreo de las especies leñosas (individuos no plantados) en 5 cuadrados (de 5m²), representando un área de 200 m². En este caso, se han encontrado un total de 10 especies (todas las especies sembradas, 2 de las 3 plantadas y 4 de espontáneas). La especie sembrada 3 y la especie plantada 7 presentan las frecuencias más elevadas.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Frecuencia
Sembradas						
Especie 1	P	P	A	A	A	0,4
Especie 2	P	A	A	A	P	0,4
Especie 3	P	P	P	P	P	1,0
Especie 4	A	A	P	A	A	0,2
Total (sembradas)	3	2	2	1	2	
Plantadas						
Especie 5	P	P	A	A	A	0,4
Especie 6	A	A	A	A	A	0,0
Especie 7	P	P	P	P	P	1,0
Total (plantadas)	2	2	1	1	1	
Espontáneas						
Especie a	P	A	A	P	P	0,6
Especie b	P	A	A	P	A	0,6
Especie c	A	P	P	A	A	0,4
Especie d	A	P	P	A	P	0,6
Total (espontáneas)	2	2	2	2	3	

A: ausente.

P: presente.

5.1.3.3 Evaluación de la supervivencia (plantaciones)

La supervivencia de las plantaciones es un indicador muy importante del éxito de la restauración, y se puede evaluar de forma sencilla. Se pueden utilizar transectos fijos de unos 10 m de longitud (por ejemplo 4 transectos/400 m²), a lo largo de los cuales se deben contar los individuos plantados de cada especie que se encuentren a una distancia de 0,5 m del transecto.

El primer verano después de la plantación suele ser el período más crítico para la supervivencia de las leñosas instaladas. Por este motivo, se recomienda que la primera monitorización se realice en el otoño siguiente. En el segundo otoño el recuento de individuos vivos también puede ser necesario, especialmente si después del primer verano se han repuesto las marras. A partir del tercer año la probabilidad de supervivencia de las plantas es elevada y no es necesario continuar este seguimiento.

En cada muestreo se deben recorrer los mismos transectos y contar el número de individuos plantados vivos. Para cada especie, la proporción entre el número de plantas vivas y el total inicialmente marcado corresponde a la supervivencia (media de los valores obtenidos en todos los transectos).

5.2 Medio plazo: resultados mínimos aconsejables al final del período de garantía (al cabo de 8-10 años del inicio de la restauración ecológica)

Los proyectos de restauración ecológica deben sentar las bases y los elementos necesarios para desencadenar la recuperación espontánea del ecosistema de referencia a largo plazo. A medio plazo, una vez garantizados los resultados de la fase inicial de establecimiento, que incluye la estabilidad de los taludes y el control de los procesos erosivos, la calidad del proyecto de restauración se manifiesta en el grado de evolución del ecosistema respecto al ecosistema de referencia de las áreas circundantes no alteradas. De esta forma se garantiza la integración ecológica y paisajística de la cantera restaurada. Los indicadores, por tanto, se referirán al grado de madurez de la comunidad creada y a su dinámica espontánea.

La metodología para evaluar la calidad del proyecto de restauración utilizará en general los mismos métodos descritos para la evaluación a corto plazo (ver sección 5.1).

Criterio de desarrollo sucesional y biodiversidad:

- Presencia de al menos el 50% de las especies leñosas características de la comunidad de referencia.
- Ausencia significativa de especies exóticas (menos de un 10% de recubrimiento).
- Presencia de aves nidificantes (como indicador de recuperación de la cadena trófica).
- Presencia y diversidad de fauna en general, tanto edáfica como epigea.

Criterio de dinámica sucesional:

- Maduración sexual de los arbustos y matas característicos de la comunidad de referencia, con presencia de plantones regenerados espontáneamente (al menos del 25 % de las especies presentes).
- Llegada de otras especies de la comunidad de referencia.

Criterio de estructura vertical de la comunidad:

- Configuración de un estrato arbustivo alto – arbóreo de más de 1,5 m de altura, que supere el estrato de hierbas y matas.

5.2.1 Evaluación de la altura del estrato leñoso

Para evaluar el crecimiento en altura se deben medir las plantas inicialmente (durante el primer año después de la plantación) y al final del período de garantía. Se deben considerar tres estratos: arbóreo, arbustivo y subarbustivo/herbáceo. La altura se obtiene desde la superficie del suelo, verticalmente hasta la rama más alta del estrato que se está considerando. Para obtener unos valores promedios de la vegetación, se debe muestrear en diferentes puntos de la zona a evaluar; la densidad de muestreo deberá ser mayor cuanto más heterogénea sea la zona. Se pueden utilizar transectos como los explicados en el apartado 5.1.3.3, tomando medidas cada 2-3 m).

Las medidas se deben realizar tanto en la zona restaurada como en el sistema de referencia, con la misma intensidad de muestreo.

5.2.2 Evaluación de la densidad de leñosas

La densidad de leñosas se determina por recuento de individuos (separando especies arbóreas de las arbustivas) en áreas de muestreo (2-3 círculos de 400/500 m²) de la zona restaurada y del sistema de referencia.

5.2.3 Diversidad de leñosas (individuos no plantados)

La evaluación de la diversidad de leñosas espontáneas al final del período de garantía se puede realizar con el mismo procedimiento descrito al apartado 5.1.3.2. En este caso será más aconsejable realizar el muestreo en la primavera, para facilitar la identificación de las diferentes especies (se espera que el número de leñosas presentes sea superior que en los primeros años, y que las plantas sean mayores). También es especialmente importante la determinación de la frecuencia de cada especie.

Igualmente se debe realizar la evaluación del sistema de referencia y se debe comparar con los valores obtenidos en la zona restaurada.

El muestreo debe servir también para identificar especies exóticas (si se han desarrollado en la zona recuperada) y especies con frutos carnosos que atraen aves frugívoras.

Legislación y normativas

Unión Europea

- Directiva 1996/61/CE del Consejo, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.
- Directiva 1999/105/CE del Consejo, de 22 de diciembre de 1999, sobre la comercialización de materiales forestales de reproducción (DO L 11 de 15.1.2000). Pág.: 17.
- Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y para la cual se modifica la Directiva 2004/35/CE.
- Comisión Europea. *Working document on sludge. 3rd draft*. ENV. E. 3/LM. Bruselas, 27 de abril de 2000.

Estatal española

- Decreto 1009/1968, de 2 de mayo por el que se modifica el articulado sobre minas y zonas reservadas a favor del estado, a que se refiere el capítulo III del título IV del reglamento general para el régimen de la minería. Ref. 1009/1968. Ministerio de Industria. (BOE 123 de 22/5/1968). Páginas 7368 – 7371
- Ley 22/1973, de 21 de julio, de minas.
- Real decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el reglamento general para el régimen de la minería. Ref. 2857/1978 Ministerio de Industria y Energía (BOE n. 295 de 11/12/1978) páginas: 27847 – 27856
- Real decreto 2994/1982, de 15 de octubre, sobre restauración del espacio natural afectado por actividades mineras. Ref. 1982/2994. Ministerio de Industria y Energía (BOE n. 274 de 15/11/1982) páginas: 31246 – 31247
- Real decreto 1116/1984, de 9 de mayo, sobre restauración del espacio natural afectado por las explotaciones de carbón a cielo abierto y el aprovechamiento racional de estos recursos energéticos. Ref. 1984/13316 ministerio de industria y energía (BOE n. 141 de 13/6/1984) páginas: 17194 – 17195
- Real decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el reglamento general de normas básicas de seguridad minera. Ref. 1985/10836. Ministerio de industria y energía. (BOE 140 de 12/6/1985). Páginas 17869-17877
- Ley 12/1985, de 13 de junio, de espacios naturales.
- Orden de 16 de abril de 1990 por la que se aprueban las instrucciones técnicas complementarias del capítulo VII del reglamento general de normas básicas de seguridad minera. Ref. 1990/09859. Ministerio de industria y energía (BOE n. 103 de 30/4/1990). Páginas: 11702 – 11709 (itc)
- Real decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario. BOE 1 de noviembre de 1990.
- Real decreto 289/2003, de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción. (BOE núm. 58, de 8 de marzo de 2003).
- Real decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre. Productos fertilizantes. BOE nº 171, 19 de julio de 2005.
- Reglamento Técnico de Control y Certificación de Semillas y Plantas Forrageras

Autonómica

- Llei 12/1981, de 24 de desembre, per la qual s'estableixen normes addicionals de protecció dels espais d'especial interès natural afectats per activitats extractives (DOGC núm. 189 de 31.12.1981).
- Decret 343/1983, de 15 de juliol, sobre normes de protecció del medi ambient d'aplicació a activitats extractives (DOGC núm. 356 de 19.8.1983). Pág.: 2.110-2.112.
- Ordre de 13 de juny de 1984, sobre normes per a l'elaboració dels plans d'explotació i de restauració d'espais naturals afectats per les explotacions de carbó a cel obert i l'aprofitament racional d'aquests recursos energètics.
- Llei 29/1985, de 2 d'agost, d'aigües (BOE núm. 189 de 8.8.1985).
- Reial decret 849/1986, d'11 d'abril, pel qual s'aprova el Reglament del domini públic hidràulic, que desenvolupa els títols preliminars I, IV, V, VI i VII de la Llei 29/1985, de 2 d'agost, d'aigües (BOE núm. 103 de 30.4.1986).
- Ordre de 6 de juny de 1988, de desplegament parcial del Decret 343/1983, de 15 de juliol, sobre normes de protecció del medi ambient d'aplicació a les activitats extractives.
- Decret 67/1991, de 8 d'abril, pel qual s'assignen competències i funcions al Departament de Medi Ambient (DOGC núm. 1.430 de 15.4.1991).
- Llei 6/1988, de 30 de març, forestal de Catalunya (DOGC núm. 978 de 15.4.1988).
- Decret 114/1988, de 7 d'abril, d'avaluació d'impacte ambiental (DOGC núm. 1.000 de 3.6.1988).
- Decret 202/1994, de 14 de juny, pel qual s'estableixen els criteris per a la determinació de les fiances relatives als programes de restauració d'activitats extractives (DOGC núm. 1.931 de 8.8.1994).
- Decret legislatiu 14/1994, de 26 de juliol, pel qual s'adequa la Llei 12/1981, de 24 de desembre, pel qual s'estableixen normes addicionals de protecció dels espais d'especial interès natural afectats per activitats extractives (DOGC núm. 1.928 d'1.8.1994).
- Ordre de 19 de febrer de 1997, de la Conselleria d'Agricultura i Medi Ambient, per la qual s'estableixen les normes relatives a la procedència i els patrons de qualitat dels materials que s'utilitzen per a fins forestals al territori de la Comunitat Valenciana (DOGV núm. 2.946 de 6.3.1997).
- Llei 3/1998, de 27 de febrer, de la intervenció integral de l'Administració ambiental (DOGC núm. 2.598 de 13.3.1998).
- Decret 50/2005, de 29 de març, pel qual es desplega la Llei 4/2004, d'1 de juliol, reguladora del procés d'adequació de les activitats existents a la Llei 3/1998, de 27 de febrer, i de modificació del Decret 220/2001, de gestió de les dejeccions ramaderes (DOGC núm. 4.353 de 31.3.2005).
- Ordre 10 de setembre del 2007, de la Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, per la qual s'aproven mesures per al control de les espècies vegetals exòtiques invasores a la Comunitat Valenciana (DOCV núm. 5.611 de 2.10.2007).

Portuguesa

- DL nº 227/82 de 14 de Junho, que reformula e reunifica a legislação sobre pedreiras; estabelece a obrigatoriedade de recuperação paisagística das pedreiras após a exploração.
- Portaria nº 176/96 (2ª série), que estabelece os valores limite de concentração de metais pesados nos solos, nas lamas destinadas à fertilização, bem como as quantidades de metais pesados que podem ser introduzidos nos solos cultivados.
- DL nº 565/99 de 21 de Dezembro, que regulamenta a introdução intencional ou acidental de espécies não indígenas em Portugal continental e nas suas bacias hidrográficas.
- DL nº 69/2000 de 3 de Maio, que estabelece o regime jurídico da avaliação do impacto ambiental dos projectos públicos e privados susceptíveis de produzirem efeitos significativos no ambiente. (transposição da Directiva 85/337/CEE e da Directiva 97/11/CE). (parcialmente alterado pelo DL nº 197/2005).
- DL nº 198-A/2001 de 6 de Julho, que estabelece o regime jurídico da concessão do exercício da actividade de recuperação ambiental das áreas mineiras degradadas.
- DL nº 270/2001 de 6 de Outubro, que estabelece o regime jurídico de pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras), visando melhorar o desempenho ambiental da indústria extractiva. (parcialmente alterado pelo DL nº 340/2007).

Bibliografia

- ALCAÑIZ, J. M.; ORTIZ, O.; CARABASSA, V. *Manual de restauració d'activitats extractives amb fangs de depuradora*. Agència Catalana de l'Aigua [ed.], Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, 2007. 96 p. <http://mediambient.gencat.net/cat/el_medio/natura/extractives/rest_fangs>
- ALMEIDA, F.; MIRA, J.; DUARTE, M. *Guia Recuperação de Áreas Degradadas*. PNSAC-ICN, 2005. ISBN 972-775-156-3.
- *Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana*. Banc de llavors Forestal. Conselleria de Medi Ambient, Comunitat Valenciana [ed.], 2001.
- BARHHISEL R. I.; DARMODY, R. G.; DANIELS, W. L. *Reclamation of drastically disturbed lands*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of American, SSSA. Madison WI, USA, 2000. (Agronomy series; núm. 41) 1082 p.
- CORTINA, J.; PEÑUELAS, J. L.; PUÉRTOLAS, J.; SAVÉ, R.; VILAGROSA, A. *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Biodiversidad. Ente Autónomo Parques Naturales, 2007.
- EVANS, K. G. *Methods for assessing mine site rehabilitation design for erosion impact*. Australian Journal of Soil Research, 2000. 38:231-247.
- GARCÍA-FAYOS, P.; GULIAS, J.; MARTÍNEZ, J.; MARZO, A.; MELERO, J. P.; TRAVESET, A.; VEINTIMILLA, P.; VERDÚ, M.; CERDAN, V.; GASQUE, M.; MEDRANO, H. *Bases ecológicas para la recolección, almacenamiento y germinación de semillas de especies de uso forestal de la Comunidad Valenciana*. València: Banc de llavors Forestals. Conselleria de Medi Ambient, Generalitat Valenciana, 2001.
- *Recomanacions tècniques per a la restauració i condicionament dels espais afectats per activitats extractives*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Direcció General de Política Territorial, 1987. 422 p.
- *Guia general per al control de les males herbes*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, 2000. 217 p.
- HUGHES, D. [et al.]. *Reclamation planning in hard rock quarries. Draft report*. Dept. of Civil and Structural Engineering University of Sheffield, 2004.
- *Normas Internacionales para el ensayo de semillas*. ISTA, 1999.
- JIMÉNEZ PERIS, F. J. *Viveros forestales para producción de planta a pie de repoblación*. Madrid: MAPA IRYDA, 1994. Hojas Divulgadoras Núm. 6/93 HD.
- *Experiencias de aplicación de semillado directo para la restauración forestal*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente [ed.], 2002. (Manuales de Restauración Forestal; núm. 1)
- *Manual d'aplicació al sòl dels fangs de depuració*. Junta de Sanejament. Departament de Medi Ambient [ed.], 1993.
- *Métodos oficiales de Análisis*. M.A.P.A. Madrid: Dirección General de Política Alimentaria, 1993-94. Vol. 3.
- MATAIX, C. «Técnicas de revegetación de taludes». A: REY BENAYAS, J. M.; ESPIGARES PINILLA, T.; NICOLAU IBARRA, J. M. [ed.]. *Restauración de ecosistemas mediterráneos*. AEET. Universidad de Alcalá, 2003. (Colección Aula Abierta 20)
- Norma UNE-EN 13346. *Caracterización de lodos. Determinación de elementos traza y de fósforo. Métodos por extracción con agua regia*. Asociación Española de Normalización y Certificación. Ed. AENOR, 2001.
- Norma UNE-EN 13650. *Mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Extracción de elementos solubles en agua regia*. Asociación Española de Normalización y Certificación. Ed. AENOR, 2002.
- NORMAN, D.; WAMPER, P.; THROOP, A.; SCHNITZER, F.; ROLOFF, J. *Best management practices for reclaiming surface mines in Washington and Oregon*. Oregon Dept. of Geology and Mineral Industries, 1997.
- NTJ 08H. *Implantació del material vegetal: hidrosembres*. Normes Tecnològiques de jardineria i paisatgisme. Col·legi Oficial d'Enginyers Tècnics Agrícoles i Pèrits Agrícoles de Catalunya, 1996.
- PEÑUELAS, J. L.; OCAÑA, L. *Cultivo de plantas forestales en contenedor*. Madrid: MAPA Mundi-Prensa, 2000.
- RUANO MARTÍNEZ, J. R. *Viveros forestales. Manual de cultivo y proyectos*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2003.
- SHIRAZI, M.; BOERSMA, L.; JOHNSON, C. B. *Particle-size distributions: comparing texture systems, adding rock and predicting soil properties*. Soil Science Society of American Journal, 2001. 65:300-310.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. *The SER International Primer on Ecological Restoration*. 2a ed. www.ser.org i Tucson: Society for Ecological Restoration International, 2004.
- TOY, T. J.; HADLEY, R. F. *Geomorphology and reclamation of disturbed lands*. Orlando: Academic Press, Inc., 1987. 480 p.

Entidades participantes en el proyecto ecoquarry:



