

# Evaluación y seguimiento de la restauración de zonas afectadas por minería



## EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA RESTAURACIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR MINERÍA

Versión revisada y ampliada del *Protocol per a l'avaluació de la restauració d'activitats extractives*, publicado en junio de 2012.

Autores: Vicenç Carabassa, Oriol Ortiz y Josep Maria Alcañiz

Colaboradores: Esteve Serra, Montserrat Pedra, Jordi Cortina (Universitat d'Alacant), Albert Solé (Estación Experimental de Zonas Áridas-CSIC), Ramon Josa (Universitat Politècnica de Catalunya), David Badia (Universidad de Zaragoza), Montserrat Jorba (Universitat de Barcelona), Rosa Poch (Universitat de Lleida), Miquel Arán (Eurofins), Tomàs Carbó (Carbó Enginyers, SL), Juan Bautista Menéndez (Universitat Politècnica de Catalunya), Joan Pous (UNILAND), Fernando González (ARICEMEX), Xavier Foj, Manuel Juan (KNAUF), Carles Ventura (PROMSA).

© de los autores

© CREAM

© Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, Direcció General de Qualitat Ambiental.

Diseño: Anna Ramon y J. Luis Ordóñez

Depósito legal: B. 18754-2012

ISBN: 978-84-606-8442-8

Junio 2015

# Evaluación y seguimiento de la restauración de zonas afectadas por minería

Vicenç Carabassa<sup>1</sup>, Oriol Ortiz<sup>1,3</sup>, Josep Maria Alcañiz<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> CREAM, Cerdanyola del Vallès 08193, Spain

<sup>2</sup> Univ Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallès 08193, Spain

<sup>3</sup> Escuela Politécnica Superior, Universidad de Zaragoza, Huesca, Spain





## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco de las actividades programadas en el contrato-programa entre la Generalitat de Cataluña y el Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF). Los autores agradecen la colaboración de la Dirección General de Calidad Ambiental de la Generalitat de Cataluña, así como la asesoría técnica y los contactos con las empresas mineras realizados por Esteve Serra y Montserrat Pedra, impulsores de esta iniciativa. La continuidad de estos trabajos ha sido posible gracias al interés de Xavier Carbonell y Josep M. Mestres del Servicio de Seguimiento e Información de Actividades de la mencionada Dirección General de Calidad Ambiental.

Los autores también quieren agradecer a las personas siguientes su participación en el panel de expertos que ha colaborado en el proyecto: Carles Ventura, Tomàs Carbó, Juan Bautista Menéndez, Joan Pous, Fernando González, Xavier Foj, Manuel Juan, Montserrat Jorba, Jordi Cortina, Albert Solé, Ramon Josa, David Badia, Rosa Poch y Miquel Aran.

Así mismo quieren agradecer la colaboración de las siguientes empresas que desinteresadamente nos han abierto las puertas de sus explotaciones durante la prueba piloto: Arcillas y Arenas Refractarias Pàndols; Aricemex, SA; Àrids Alt Urgell; Àrids Bofill, SA; Àrids Germans Curanta, SA; Àrids Uniland; Canteras Canro, SA; Canteras La Ponderosa, SA; Canteras Roca, SL; Carbones de Berga, SA; Carbones de Pedraforca, SA; Carbonífera del Ebro, SA; Ciments Molins, SA; Comercial Lázaro, SA; Iberpotash, SA; Industrial Marmol Export, SA; Knauf; Lafarge Áridos y Hormigones SAU; Mármoles Hermanos Moratonas, SA; Omya Clariana, SA; Pedreres Sáez, SL; Promsa; Reverté Minerals, SA; Sorres i Graves Egara, SA; Suministros de Arcilla, SA; Uniland Cementera, SA y Yesos Ibéricos, SA. Finalmente, agradecen también a todos los directores facultativos, técnicos y otras personas que han colaborado en la prueba piloto: Oriol Roig, Albert Rocamora, Iñaki Lana, Albert Benavent, Belén Prado, Ismael Moreno, Carles Bogunyà, M. Teresa Martín, Pilar López, Vicent Martorell, Antonio Sánchez, Maria Paz García, Carles Verdiell, Joaquín Sánchez, Joan Nieto y Montserrat Monjo.

Agradecemos también a Rosa Cañizares la revisión idiomática de este manuscrito.

Los autores



# PRÓLOGO

El sector extractivo es un pilar básico en la economía de nuestro país ya que satisface las demandas de la sociedad en cuanto a materias primas para la construcción, la obra pública y otras aplicaciones. Por otro lado, las actividades extractivas, la parte más visible de este sector, producen una serie de impactos ambientales que hay que corregir. En este contexto, la restauración de los terrenos afectados es un aspecto clave para garantizar la transitoriedad de los impactos causados y la recuperación de la calidad ambiental, a la vez que se mejora la percepción del sector por parte de la sociedad. Para lograrlo, hay que diseñar y ejecutar planes de restauración de calidad que permitan recuperar los valores y servicios ambientales perdidos durante la fase de explotación, lo cual no tiene que suponer un mayor gasto económico.

La ecología de la restauración es una disciplina científica emergida durante la década de los 80 que tiene como objeto de estudio la recuperación de los ecosistemas degradados. A lo largo de los últimos veinte años esta disciplina ha evolucionado enormemente permitiendo avanzar de una forma importante en la implementación de lo que se denomina restauración ecológica. Sin embargo, en muchos casos los adelantos en el ámbito científico no se han trasladado a la práctica de la restauración, lo que ha creado un desajuste entre la ciencia y su aplicación. En este contexto la Administración catalana ha sido pionera en el fomento de iniciativas de transferencia de conocimientos, cómo han sido la publicación del Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo (Jorba et al., 2010) y el manual de Utilización de lodos de depuradora en restauración: manual de aplicación en actividades extractivas y terrenos marginales (Alcañiz et al., 2009), entre otros.

El manual que se presenta pretende dar un paso más y vincular en mayor medida la teoría y la práctica de la restauración. Contiene una serie de procedimientos simplificados que permiten evaluar de una forma bastante precisa y objetiva la calidad de una restauración, así como proporcionar pistas sobre la evolución futura de las zonas restauradas. Por lo tanto, se trata de una herramienta de apoyo que pretende facilitar la autoevaluación del trabajo hecho en el ámbito de la restauración de zonas explotadas, permitiendo la corrección de los defectos detectados y optimizando los recursos que se destinan.

El manual para la Evaluación y seguimiento de la restauración de zonas afectadas por minería se ofrece como una oportunidad para que las empresas extractivas puedan asumir el autocontrol y seguimiento de la restauración, con la finalidad de facilitar técnica y económicamente la obligación de la restauración, a la vez que fomenta la integración al medio natural de las zonas recuperadas desde una perspectiva ecológica, dando así valor a los servicios ambientales que nos proporcionan los sistemas naturales restaurados. Por otro lado, se enmarca dentro de la filosofía de eficiencia de la Administración al ser una herramienta que puede facilitar las tareas de revisión, seguimiento y control de la restauración, optimizando la dedicación de los técnicos de la Administración dedicados a estos fines.

**Assumpta Farran i Poca**

Directora General de Calidad Ambiental  
Departamento de Territorio y Sostenibilidad  
Generalitat de Catalunya





# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
2. CONSIDERACIONES PREVIAS	11
2.1 Definición de los objetivos de recuperación: uso final del área restaurada	11
2.2 El modelo o sistema de referencia	12
3. APLICACIÓN DEL PROTOCOLO	14
3.1 Zonificación del área a evaluar	15
3.2 Identificación del área a evaluar	18
3.3 Trabajo de campo y recogida de datos	20
3.4 Caracterización de la zona	21
3.4.1 Rellenos	21
3.4.2 Riesgo geotécnico	22
3.4.3 Red de drenaje	24
3.4.4 Erosión y degradación física	27
3.4.5 Calidad de los sustratos	34
3.4.6 Cubierta vegetal	41
3.5 Caracterización del área	52
3.5.1 Integración paisajística	52
3.5.2 Conectividad ecológica	57
3.5.3 Fauna	59
3.5.4 Acciones antrópicas impactantes	60
3.6 Restauraciones en la Red Natura 2000	64

4. TRANSFORMACIÓN A UNIDADES DE CALIDAD AMBIENTAL	65
5. PONDERACIÓN DE LOS PARÀMETROS DE EVALUACIÓN	90
6. INTERPRETACIÓN GLOBAL DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN	92
7. BIBLIOGRAFÍA	101
8. GLOSARIO	103
ANEXO I. Material necesario para la aplicación del protocolo de evaluación de zonas restauradas	107
ANNEX II. Ficha de identificación de área	109
ANNEX III. Ficha de caracterización de zona restaurada	113
ANNEX IV. Ficha de caracterización de área restaurada	133
ANNEX V. Restauraciones en Red Natura 2000	143
ANNEX VI. Ficha de campo para la caracterización de zonas restauradas	144

# I. INTRODUCCIÓN

**E**l control de calidad de las restauraciones efectuadas en las actividades extractivas debería ser un proceso habitual y continuo, del mismo modo que se controla la calidad de los materiales extraídos. Este proceso, por lo tanto, constituye un aspecto clave ya que de él depende en buena medida el éxito final de la restauración de una actividad extractiva. En este control tienen que participar todos los agentes implicados en la restauración, que deben disponer de los conocimientos y las herramientas suficientes, adecuadas a su ámbito y a sus competencias, para poder intervenir de una forma eficiente en el control y la evaluación ambiental de la restauración.

Una vez que ya ha sido asumido por el sector que la restauración de la superficie explotada es una fase más del proceso extractivo, la consecución de una mejora en la calidad de las restauraciones es un hito que se quiere lograr en los próximos años y que ha quedado reflejado en diferentes documentos del sector como la *Cement Sustainability Initiative*.

Dentro de esta iniciativa, las principales empresas productoras de cemento a escala mundial han publicado códigos de buenas prácticas y guías para mejorar los principales aspectos ambientales en que está involucrado el sector, entre ellos el de la restauración. Un documento de referencia en este ámbito que merece ser citado y que ha contado con el apoyo del sector es el *Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo* (Jorba et. al., 2010), publicado por la Generalitat de Cataluña.

Este manual forma parte del proceso de evaluación ambiental y pretende ser una herramienta al alcance de los responsables de las actividades extractivas, directores facultativos y técnicos vinculados al proceso de restauración, pero que no tienen necesariamente una formación específica en el ámbito de la botánica, la ecología o la restauración ecológica. La facilidad de aplicación del protocolo tiene como objetivo fomentar la implicación en el proceso de evaluación de los profesionales

de las actividades extractivas que llevan a cabo los trabajos de restauración. Por eso, se ha procurado simplificar en este documento los procedimientos de medida, facilitar las explicaciones y la recopilación de la información necesaria para llevar a cabo la evaluación propuesta, así como introducir las pautas para interpretar los resultados obtenidos. Ciertamente, la simplificación de algunas medidas conlleva el riesgo de perder precisión científica en la evaluación de determinados parámetros, pero permite que el protocolo sea aplicable de forma generalizada y pueda ser asumido fácilmente por los técnicos del sector.

La información que se deriva de la aplicación de este manual debe servir para evaluar la calidad de la restauración, detectar posibles carencias o limitaciones, así como riesgos ambientales derivados de la actividad que se ha desarrollado en la zona. La evaluación que se propone tiene varias finalidades, en primer lugar la valoración de los trabajos de restauración efectuados, pero también el establecimiento de medidas correctoras si se considera conveniente y, en último término, disponer de información objetiva y contrastable que permita

valorar si corresponde el retorno de las fianzas depositadas por las empresas extractivas.

El manual es por lo tanto un instrumento que pretende facilitar el seguimiento de la restauración pero, sobre todo, establecer los parámetros básicos que se han de tener en cuenta en la evaluación final de las restauraciones efectuadas en las actividades extractivas, dando así transparencia y objetividad a la evaluación. Además, es un procedimiento que se puede integrar con facilidad a los sistemas de gestión ambiental voluntaria de las empresas de acuerdo con normas internacionales estandarizadas como la ISO 14001 o la EMAS, lo cual puede revertir en ciertas ventajas para las empresas que lo apliquen.

## 2. Consideraciones previas

### 2.1 Definición de los objetivos de recuperación: uso final del área restaurada

Las alternativas de recuperación de los terrenos afectados por una actividad extractiva van desde la restauración estrictamente ecológica hasta el uso recreativo, pasando por la transformación a zona productiva agrícola o silvícola, entre otras opciones. De todas maneras, la concreción del uso final de la zona está supeditada a los objetivos de recuperación fijados en el Plan de Restauración, previamente aprobado por la Administración, que debe estar de acuerdo con los planes territoriales y urbanísticos de aquella zona.

Este protocolo sólo es aplicable en aquellos casos en que la restauración persiga el objetivo de integración de la zona al entorno natural, es decir, con una visión ecológica y paisajística. Por lo tanto, quedan fuera del alcance de este protocolo otros tipos de recuperación posibles.

Sin embargo, y a pesar de lo mencionado anteriormente, es frecuente que la rehabilitación como campos de cultivo de una zona explotada de una actividad extractiva sea coherente con la integración paisajística e incluso ecológica, más que con la finalidad de producción agrícola. Esta situación se puede dar cuando, por ejemplo, la recuperación como espacio agrícola pretende la creación de determinados hábitats necesarios para el mantenimiento de especies de la fauna amenazadas, lo cual, en determinados casos, puede ir en contra de los criterios de productividad agrícolas estricta. Por lo tanto, para la aplicación de este protocolo es importante tener claro el objetivo perseguido por la restauración y no fijarse únicamente en el tipo de cubierta vegetal presente en el momento de evaluar los resultados.

En el supuesto de que se hayan definido diferentes tipos de usos finales en el área explotada, habrá que hacer una evaluación separada para cada uno de ellos.

## 2.2 El modelo o sistema de referencia

Una vez definidos los objetivos de recuperación del espacio afectado por la extracción, o de forma simultánea a este proceso, hay que establecer qué formaciones vegetales, hábitats o modelos de paisaje se tomarán como referencia para desarrollar el proyecto de restauración. De hecho, estos modelos o referencias ya deberían estar especificados en el Plan de Restauración aprobado.

Según define la Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER), una restauración se puede considerar ecológica cuando contribuye a la recuperación de un ecosistema que ha sido destruido, alterado o degradado. Partiendo de esta definición, una opción sería tomar como referencia para la restauración el medio natural del entorno de la cantera, aunque no sea el primigenio, siempre que esté en un estado de conservación bueno y cumpla las principales funciones ecosistémicas que le corresponden (regulación hídrica, reciclaje de nutrientes, fijación de car-

bono, conservación de la biodiversidad, etc.). Sin embargo, existen determinados casos en que la actividad extractiva se desarrolla en un lugar con baja calidad ambiental (zonas periurbanas, terrenos industriales, marginales, etc.). En esta situación, una restauración ecológica debe pretender mejorar la calidad ambiental del lugar, tratando también de atender a las demandas que puedan surgir de las entidades del territorio, lo cual contribuirá sin duda a la aceptación social de la actividad extractiva y del proyecto de restauración que se propone. En este sentido se han desarrollado actualmente algunas iniciativas que involucran en el proceso de diseño, e incluso en la ejecución del Plan de Restauración, a entidades vecinales, organizaciones ecologistas, escuelas, etc. La concreción del modelo o sistema de referencia en el Plan de Restauración es un punto clave del proceso, puesto que de una selección correcta del modelo dependerá, cuando se ejecute, la coherencia de la restauración en su contexto ecológico y paisajístico, la aceptación y participación de los agentes sociales de la zona y, en último término, el éxito final de la restauración.

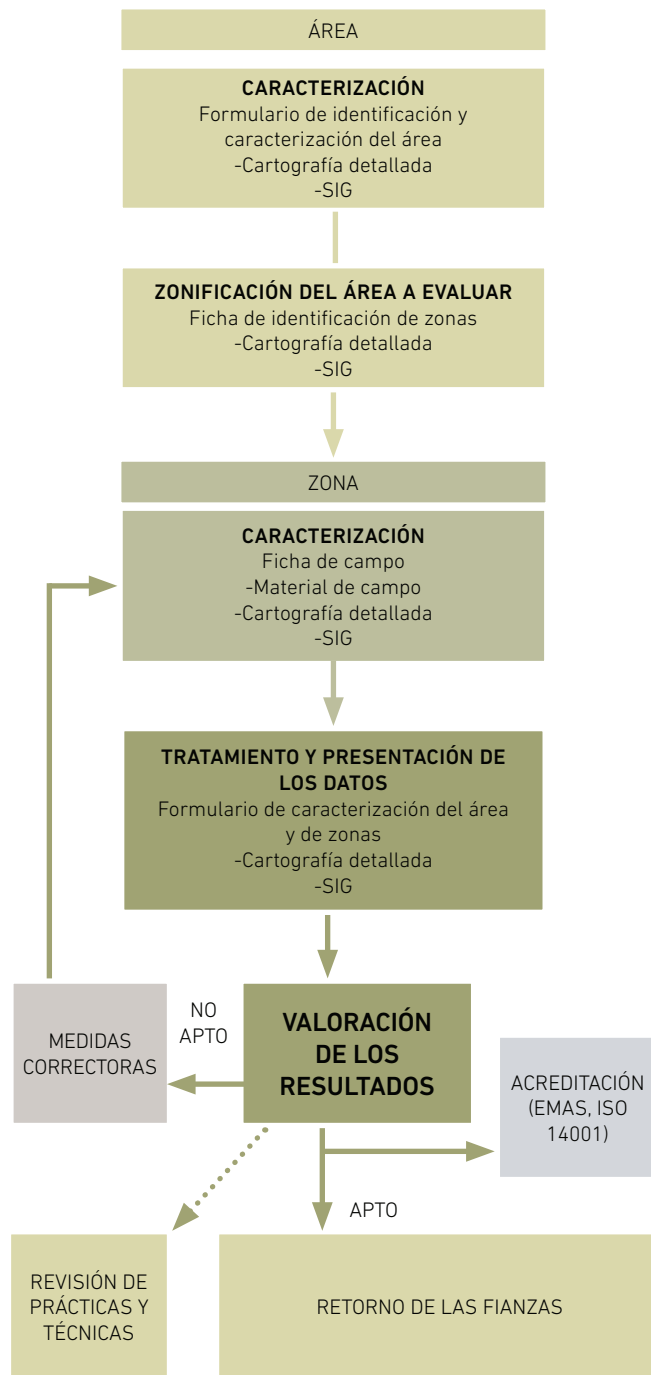
Una vez seleccionados y definidos los sistemas de referencia que se pretenden recrear en las zonas a restaurar, hay que caracterizarlos. El manual que se presenta contiene un apartado específico sobre sistemas de referencia, donde se recogen los aspectos básicos que hay que conocer y detallar. Además, los resultados de las medidas de estos parámetros básicos de la zona modelo se usarán para comparar y evaluar la calidad de la restauración, por lo cual es importante fijarlos en la fase de definición del proyecto o, como mínimo, al inicio de los trabajos de restauración.

En el *Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo* (Jorba et. al., 2010) se puede encontrar más información referente al proceso de selección del modelo o referencia y a su caracterización.

### 3. Aplicación del protocolo

Este protocolo está diseñado principalmente para que sea aplicado una vez han finalizado los trabajos de restauración y en la fase final del periodo de garantía, antes del retorno de las fianzas. Sin embargo, al estar estructurado en bloques temáticos, permite que también sea utilizado en diferentes fases del proceso de restauración. Por lo tanto, además de evaluar el resultado final de la restauración, el protocolo puede servir de herramienta de control de calidad de las diferentes etapas del proceso, para evaluar las actuaciones parciales realizadas o valorar la conveniencia de incorporar medidas correctoras adicionales.

En la figura 1 se muestra un esquema de los diferentes pasos o etapas a seguir en la aplicación del protocolo. Seguidamente se describen de forma exhaustiva estos pasos así como los procedimientos asociados a cada uno de ellos. En el anexo II y siguientes se pueden consultar los formularios que se han preparado para facilitar la recogida de la información necesaria. Se recomienda utilizar una copia de la ficha de campo y de los formularios para poder seguir con más facilidad las explicaciones que siguen.



**Figura 1.** Etapas a seguir en la aplicación del protocolo de evaluación de la restauración de actividades extractivas. En minúscula se indican los formularios y recursos necesarios para su aplicación.



### 3.1 Zonificación del área a evaluar

En este documento se entiende por área a evaluar el conjunto de la superficie ya restaurada de la cual se solicita la devolución de la fianza depositada. Esta superficie puede coincidir, o no, con las fases o etapas fijadas en el Plan de Restauración sobre las que se determinó el importe de la fianza depositada. Se recomienda que el área a evaluar tenga una superficie mínima de 5 ha, excepto en aquellos casos en que la superficie total de la actividad sea inferior.

Para poder evaluar correctamente el área de la cual se solicita la devolución de la fianza, es necesario que cumpla con una serie de criterios de homogeneidad, situación poco habitual, por lo en general que se debe dividir en superficies más uniformes. El principal criterio a tener en cuenta para determinar la homogeneidad del área en cuestión es el geomorfológico. Según este criterio, se debe desglosar el área a evaluar en función de los elementos morfológicos característi-

cos del paisaje que estén presentes. Así pues, se subdividirá el área en cuestión en zonas según los diferentes patrones morfológicos existentes.

**Tabla 1.** Patrones o elementos geomorfológicos habituales en las actividades extractivas.

Patrones geomorfológicos
Frente rocoso
Canchal o derrubios
Cordón de tierra
Talud o conjunto de taludes con fuerte pendiente (30-37°)
Talud o conjunto de taludes de pendiente media (11-30°)
Talud o conjunto de taludes con poca pendiente (8-11°)
Zona llana u ondulada (pendiente < 8°)
Bancales de anchura >5 m
Bancales de anchura <5 m
Zona inundada (balsa, lago artificial, etc.)

En la tabla 1 se muestran los tipos geomorfológicos habituales en actividades extractivas. Se recomienda usar las tipologías descritas en el *Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo* (Jorba et al., 2010). Así, aplicando el criterio geomorfológico de zonificación al área representada en la figura 2 podríamos diferenciar zonas con una morfología dominada por paredes verticales (F) y zonas de taludes que presentan mayoritariamente una pendiente media con bermas intermedias (T). De todos mo-

dos debemos mencionar que la inclusión en una de estas categorías no significa que sólo exista este tipo morfológico en toda la zona, como podemos ver

en donde en un conjunto dominado por pendientes medianas se observan algunos taludes con pendientes suaves y algún otro con pendiente fuerte.



**Figura 2.** Ejemplo de zonificación de un área en restauración en la actividad Uniland (municipio de Sta. Margarida i els Monjos, Barcelona) en función de los elementos morfológicos existentes. F, zona con predominio de frentes rocosos; T, zona con predominio de taludes de pendiente media (foto: E. Serra).

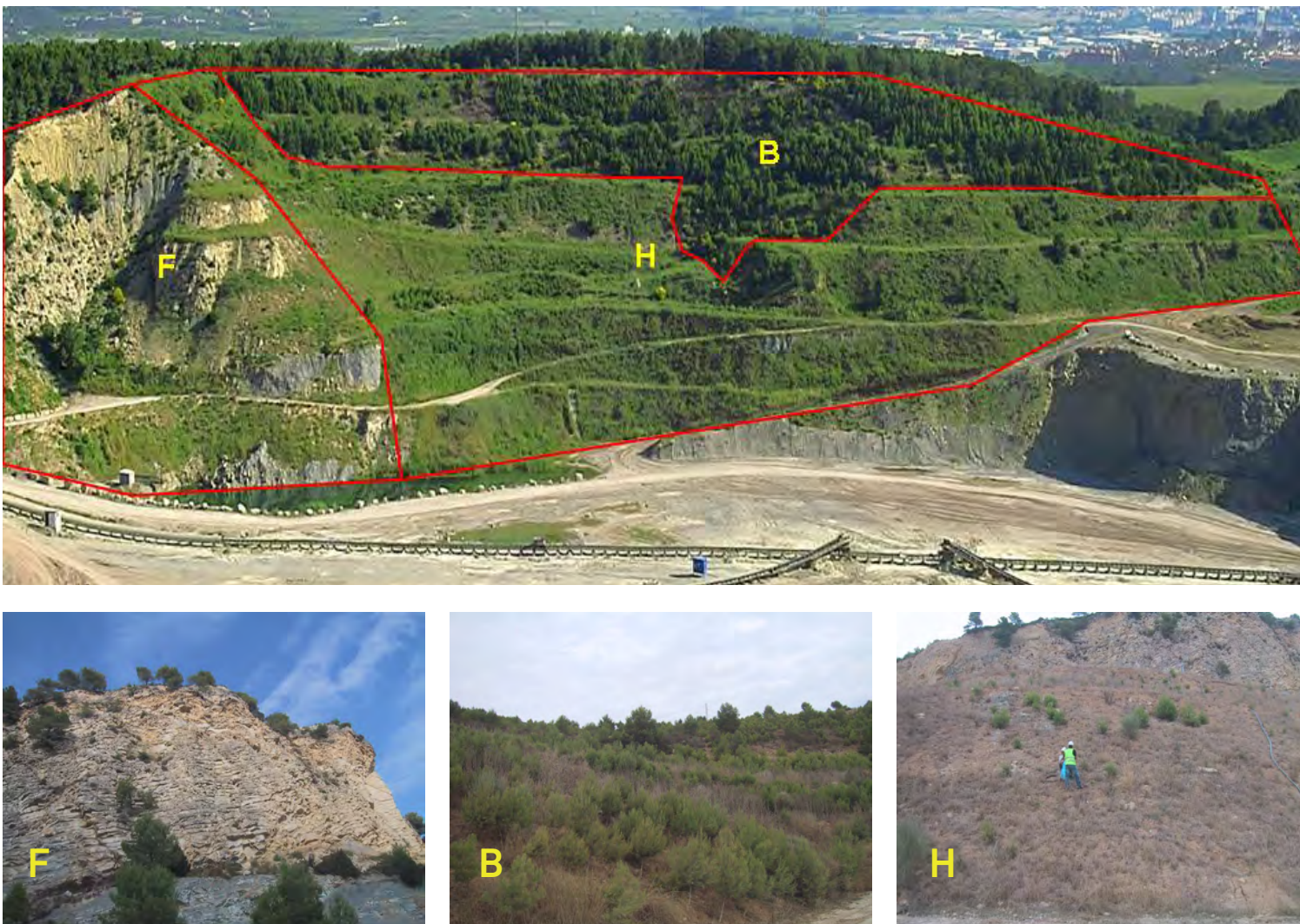
Por lo tanto, se trata de dividir el área en función de la morfología dominante, sin caer hacer en una subdivisión excesiva. Precisamente, para evitar una excesiva atomización, se recomienda no delimitar zonas de superficie inferior a 5.000 m<sup>2</sup>. Sin embargo se podría dar el caso que, dentro de un mismo elemento espacial del paisaje, hubiera zonas donde la restauración se hubiese llevado a cabo con criterios, épocas, tipologías y/o grados de actuación diferentes. Así pues, en un mismo elemento se podrían haber utilizado, por ejemplo, sustratos

de diferente origen, realizado siembras de composición diferente, actuaciones en años diferentes, etc. Estas diferencias seguramente provocarían heterogeneidad en el elemento en cuestión que se manifestaría en la cubierta vegetal, de forma que se observarían zonas con diferentes portes de la vegetación o con diferentes grados de recubrimiento vegetal. Ante esta heterogeneidad, sería necesario descomponer el elemento del paisaje en zonas más homogéneas para poder realizar una evaluación correcta de la restauración, sin llegar

a una subdivisión excesiva. Esta subdivisión se haría, en este caso, en función de las diferentes formaciones vegetales existentes.

Así pues, continuando con el ejemplo anterior, en la

zona dominada por los taludes con bermas (T) se observan dos tipos de cubiertas vegetales diferenciadas: zonas con un predominio de las plantas herbáceas, y otras donde predomina el estrato arbóreo.



**Figura 3.** Ejemplo de zonificación de un área en restauración en la actividad Uniland (municipio de Sta. Margarida i els Monjos, Barcelona) en función de los elementos morfológicos existentes y de la cubierta vegetal dominante. F, zona dominada por frentes rocosos; H, matorral-herbazal; B, bosque-plantación forestal (fotografías: E. Serra y V. Carabassa).

Por lo tanto, la zona catalogada como T en la figura 2 se subdividiría en dos: H (matorral-herbazal) y B (bosque-plantación forestal), como se muestra a la figura 3. Se recomienda no dividir excesivamente el área a evaluar y en todo caso, no delimitar zonas con superficies inferiores a 5.000 m<sup>2</sup>. Por otro lado, cuando dos zonas separadas en el espacio (no adyacentes) presentan características similares, tanto respecto a la geomorfología y orientación, como en la formación vegetal, se pueden evaluar como una única zona, si bien se recomienda que cada una tenga una superficie mínima de 5.000 m<sup>2</sup>.

## 3.2 Identificación del área a evaluar

Una vez se ha subdividido el área a evaluar en zonas, se puede proceder a rellenar el formulario de identificación de las mismas. En este formulario hay que identificar adecuadamente la actividad extractiva, localizar donde se sitúa el área restaurada así como las zonas en que se descompone.

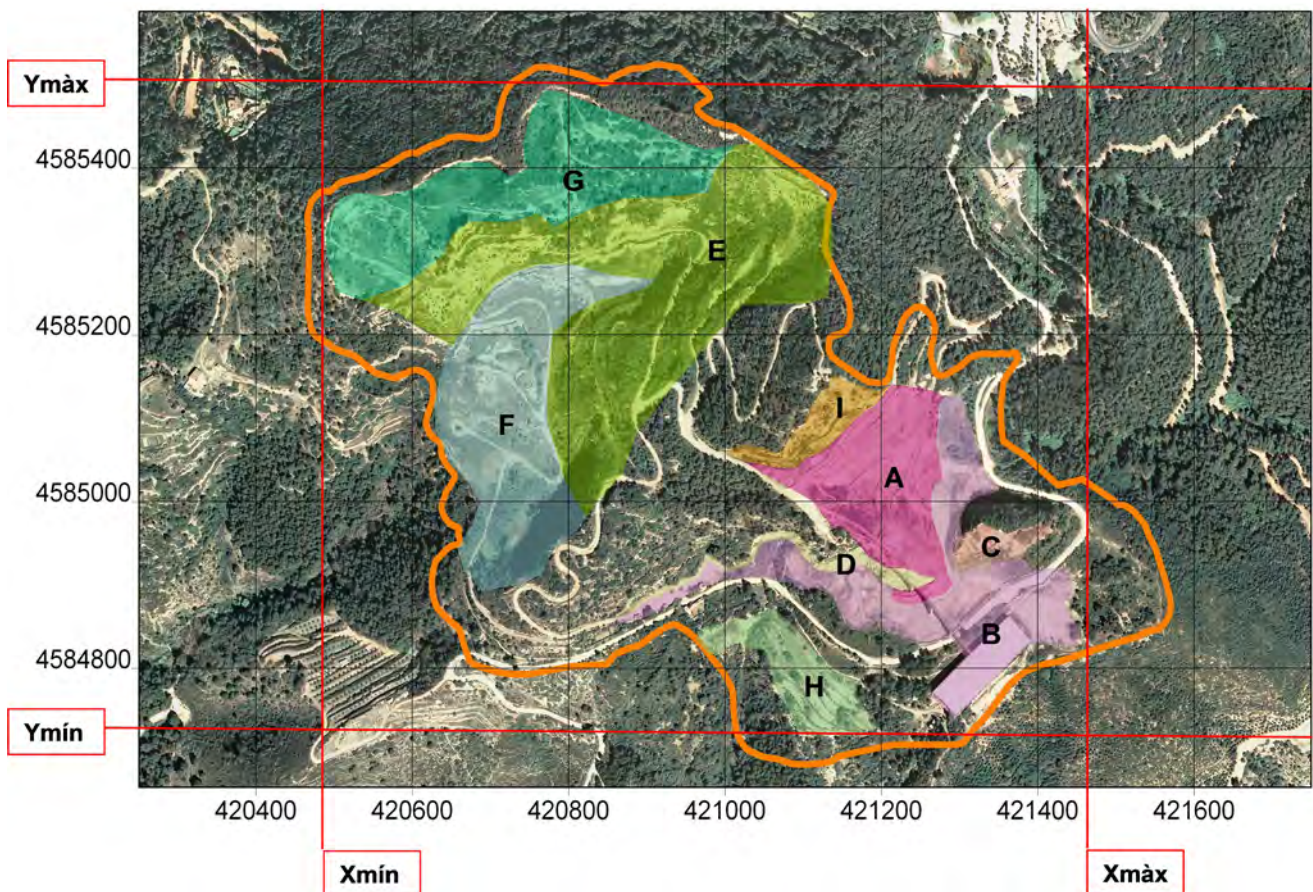
En el apartado de identificación del área restaurada se pide, en primer lugar, el nombre

que el personal de la actividad extractiva utiliza para denominar el lugar en cuestión, para que las personas más implicadas en el tema puedan referirse a ésta de forma habitual, sin necesidad de recurrir a la codificación numérica que se fija en el formulario. Así, en este apartado también se pide la localización del área mediante coordenadas UTM. Se trata de facilitar las coordenadas X e Y máximas y mínimas que incluyen el conjunto del área que se quiere evaluar (véase la figura 4).

En el apartado final de este formulario se incluye una tabla para facilitar la identificación de las diferentes zonas en que se ha dividido el área a evaluar (tabla 2). Esta identificación se hace utilizando las coordenadas UTM del punto central de cada zona, lo que se conoce como centroide (véase el ejemplo en la figura 4 y la tabla 2). Este punto se puede determinar con la ayuda de mapas, planos u ortofotoimágenes georeferenciadas, sistemas de posicionamiento global (GPS), o mediante un SIG. En el supuesto de que un tipo de zona esté fragmentado en diferentes polígonos, la identificación corresponderá al centroide

del polígono más grande. Se representarán las diferentes zonas en un plano detallado, o preferiblemente en una ortofotoimagen, como se puede ver en la figura 4, y se identificarán con

las respectivas letras de acuerdo con la tabla de identificación de zonas. Sobre este plano también deben representarse los límites de explotación autorizados.



**Figura 4.** Ejemplo de zonificación del área restaurada en la actividad extractiva Sanson (municipio de St. Feliu del Llobregat, Barcelona) establecida en función de criterios morfológicos, sustrato edáfico utilizado y tipo de formación vegetal. Las letras identifican cada zona de acuerdo con la codificación utilizada en la tabla 2 y están situadas aproximadamente en el centroide de cada zona. Las líneas rojas delimitan el recuadro determinado por las coordenadas máximas y mínimas del conjunto del área evaluada. Representación sobre ortofotoimagen 1:5000 del ICC.

**Tabla 2.** Ejemplo de tabla de zonificación del área representada en la figura 4. El área se enmarca mediante las coordenadas UTM máximas y mínimas mientras que las zonas se identifican con las coordenadas del punto central (centroide).

		ÁREA RESTAURADA													
Identificación del área		X						Y							
		màx	4	2	1	5	9	0	4	5	8	5	5	0	0
		mín	4	2	0	5	0	0	4	5	8	4	6	8	0
		ZONAS RESTAURADAS													
Identificación de zonas		Código SIG (Coordenadas UTM del punto central centroide X e Y)													
		X						Y							
		A	4	2	1	2	0	0	4	5	8	5	0	0	0
B	4	2	1	3	0	0	4	5	8	4	9	0	0		
C	4	2	1	1	0	0	4	5	8	6	0	0	0		
D	4	2	1	1	0	0	4	5	8	4	9	0	0		
E	4	2	1	0	0	0	4	5	8	5	3	0	0		
F	4	2	0	7	0	0	4	5	8	5	1	0	0		
G	4	2	0	8	0	0	4	5	8	5	4	0	0		
H	4	2	1	1	0	0	4	5	8	4	8	0	0		
I	4	2	1	1	0	0	4	5	8	5	1	0	0		

### 3.3 Trabajo de campo y compilación de datos

Una vez identificada correctamente el área y subdividida en zonas según los criterios anteriormente descritos, el paso siguiente comprende la realización del trabajo de campo necesario para obtener los datos que han de permitir la evaluación de la restauración. Como se ha explicado, la obtención de información está estructurada en

dos niveles: el nivel de área restaurada, que comprende la totalidad de la superficie objeto de evaluación, y el nivel de zona, que son las unidades en que se subdivide el área restaurada. A continuación se explican las instrucciones para realizar los muestreos y para tomar los datos o medidas necesarias para rellenar los formularios. Sin embargo, no todos los campos especificados en los formularios se refieren a medidas a tomar en las zonas evaluadas, sino que también se pide

información sobre algunas operaciones realizadas durante el desarrollo de los trabajos de restauración, como por ejemplo si se han utilizado enmiendas o abonos para corregir los sustratos edáficos, especificaciones referentes a las tareas de siembra y de plantación, o riego eventual, entre otros. Esta información pretende ser útil para interpretar los resultados obtenidos en el campo y detectar posibles fallos (por ejemplo en la revegetación), así como a evaluar la eficacia de las medidas correctoras implementadas. Para facilitar la recogida de datos en campo en lo referente a la caracterización de la zona se ha preparado una ficha que puede encontrarse en el anexo VI.

## **3.4 Caracterización de la zona**

En este apartado se describen los aspectos concretos vinculados a la evaluación de cada una de las zonas en que se ha dividido el área a evaluar. Se explican los métodos propuestos para la obtención de los datos, así como la forma en que se deben anotar en los formularios.

### **3.4.1 Rellenos**

En este apartado se pide información de los eventuales rellenos utilizados para la conformación morfológica de la zona que se evalúa. Por lo tanto, se trata de un apartado que debe aportar información relevante para explicar la presencia eventual de determinados procesos de infiltración, subsidencia o de estabilidad del terreno.

En primer lugar se pide la identificación de los materiales utilizados en el relleno. Se debe marcar la casilla o las casillas correspondientes, en función de si se ha utilizado un solo material o la mezcla de varios. Hay que especificar para cada uno de los materiales su composición mayoritaria, procedencia, así como una aproximación a su densidad aparente. En el supuesto de que se haya utilizado más de un material se debe indicar también la proporción de mezcla.

En el apartado denominado vertederos/escombreras se debe especificar si la zona que se evalúa ha sido un vertedero (de residuos mineros u otras tipologías) y las medidas tomadas

para minimizar los riesgos asociados (sellado del vertedero, sistema de recogida de lixiviados, etc.). También se pregunta si se detecta la presencia de residuos a menos de 50 cm de la superficie, lo que supondría una situación de riesgo, especialmente cuando los rellenos se realizaron con residuos no inertes.

A continuación se pregunta de forma específi-

ca sobre la estabilidad de los rellenos. Hay que informar de si se ha colocado material de drenaje en la base del relleno, si éste se asienta sobre planos de estratificación o de falla, así como la inclinación de la plataforma (base de roca consolidada) sobre la cual se asienta el relleno. Para informar sobre la disposición de los materiales en el relleno se pide que se incluya un esquema simplificado.



**Figura 5.** Afloramiento en superficie de residuos de la construcción en un talud de un vertedero en proceso de restauración (foto: V. Carabassa).

### **3.4.2 Riesgo geotécnico**

En este apartado del formulario se recopila información referente a procesos de inestabilidad geotécnica que hayan ocurrido o puedan ocurrir en las zonas evaluadas. Se trata de procesos relativamente habituales en el contexto de la res-

tauración de actividades extractivas, sobre todo en las primeras etapas, que pueden poner en riesgo la estabilidad del talud. Seguidamente se presentan los aspectos evaluados y los procedimientos de medida asociados a cada uno.



## Superficie afectada por caída de piedras y/o bloques

Pretende cuantificar el proceso de caída descontrolada de bloques o piedras. Se trata de determinar los principales puntos de desprendimiento y de acumulación para así poder delimitar la superficie afectada. En el caso de superficies pequeñas (del orden de centenares de metros cuadrados) la medida se puede realizar directamente en el campo, utilizando una cinta métrica o similar. Cuando las superficies son mayores, para delimitar la superficie se puede recurrir al uso de SIG y cartografía detallada, preferiblemente ortofotoimágenes. Para poder realizar esta delimitación es conveniente buscar puntos de referencia que permitan situar con precisión la superficie afectada.

Un procedimiento intermedio también útil consiste en el uso de un GPS que permita almacenar recorridos (*tracks*). Así pues, si se dispone de un receptor GPS, recorriendo el perímetro de la superficie afectada por caídas con el modo de almacenamiento de *track* activado se obtiene un vector cartográfico que, una vez descargado mediante el software adecuado, permitirá conocer la superficie afectada. El GPS también

puede ser útil para localizar el punto en el que se ha detectado el fenómeno para después delimitar la superficie afectada en un SIG.



**Figura 6.** Desprendimiento de bloques en un frente con afectación a la balsa situada en la base. En la imagen de abajo se aprecia la delimitación sobre ortofotoimagen del área afectada, que permite el cálculo de la superficie mediante un SIG (foto: V. Carabassa).

### Superficie afectada por deslizamientos y/o desprendimientos

La medida de este parámetro tiene como objetivo determinar la superficie afectada por estos procesos, incluyendo tanto la de la zona que se ha desmoronado como la afectada por el desplazamiento de la masa de suelo. El método a utilizar es el mismo que para el caso anterior, es decir, para superficies pequeñas medida directa sobre el terreno y para superficies mayores delimitación sobre ortofotoimágenes recientes.

#### DELIMITACIÓN DE LA SUPERFICIE AFECTADA POR DESPRENDIMIENTOS/DESLIZAMIENTOS

Se propone delimitar la superficie afectada por estos procesos geomorfológicos mediante su representación sobre un plano, tomando referencias del terreno (árboles, bermas, paredes verticales, suelo desnudo, etc.) o utilizando un GPS. Una vez delimitada el área afectada se puede obtener su superficie mediante un SIG. Si la superficie afectada es pequeña se puede tomar también la medida directamente en el campo utilizando una cinta métrica o similar.

### Detección de otros problemas/indicios de inestabilidad

Este parámetro pretende determinar la presencia de indicios de inestabilidad geotécnica en la zona evaluada, como grietas de tracción, deformaciones, subsidencia, grietas o fallas en frentes, o inclinación del tronco de árboles. Se debe anotar la presencia de estos indicios en la casilla correspondiente del formulario.

### **3.4.3 Red de drenaje**

Todos los parámetros incluidos dentro de este grupo tienen como objetivo valorar el estado de la red de drenaje para detectar indicios de degradación o mal funcionamiento. Para medir estos parámetros es necesario hacer un recorrido detallado por las vías de paso del agua de escorrentía. De forma previa a la observación de los drenajes es conveniente representar la red sobre cartografía detallada, identificando las diferentes estructuras presentes (canales de eva-

cuación, canales de absorción, bajantes, balsas de sedimentación, etc.). Los criterios para diferenciar los canales serán, por un lado su funcionalidad (canales de evacuación y canales de absorción), y por otra la sección (diferenciación de los canales en función de la capacidad de evacuación/absorción) y la posible ramificación (un canal que se bifurca pasa a constituir dos canales). En el supuesto de que se detecte alguna disfunción en la red de drenaje (rotura de canales, rellenos, canales no funcionales) se deberá representar también en el mapa.

### Rotura de canales (bermas, cordones, bajantes)

Este ítem tiene como objetivo detectar la presencia de roturas en las estructuras de desagüe y de concentración de la escorrentía que pueden ocasionar la circulación de agua de escorrentía por la zona restaurada en cantidades excesivas que provoquen erosión. La medida de este parámetro se hará por observación y recuento directo de la red de drenaje existente en cada una de las zonas fijadas. Se contará el

número de canales rotos que provoquen la salida de agua de la red de drenaje y se anotará en la casilla pertinente.



**Figura 7.** La rotura de las estructuras de control de la escorrentía puede ocasionar graves problemas de erosión que a su vez pueden poner en riesgo el conjunto de la zona restaurada (foto: V. Carabassa).



**Figura 8.** Canal de evacuación de una berma que ha perdido su función al quedar colmatado provocando la entrada de agua de escorrentía en el talud inferior. Cuenca minera de Vallcebre, Barcelona (foto: V. Carabassa).

#### DETECCIÓN DE ROTURAS/RELLENOS/FUNCIONALIDAD DE LA RED DE DRENAJE

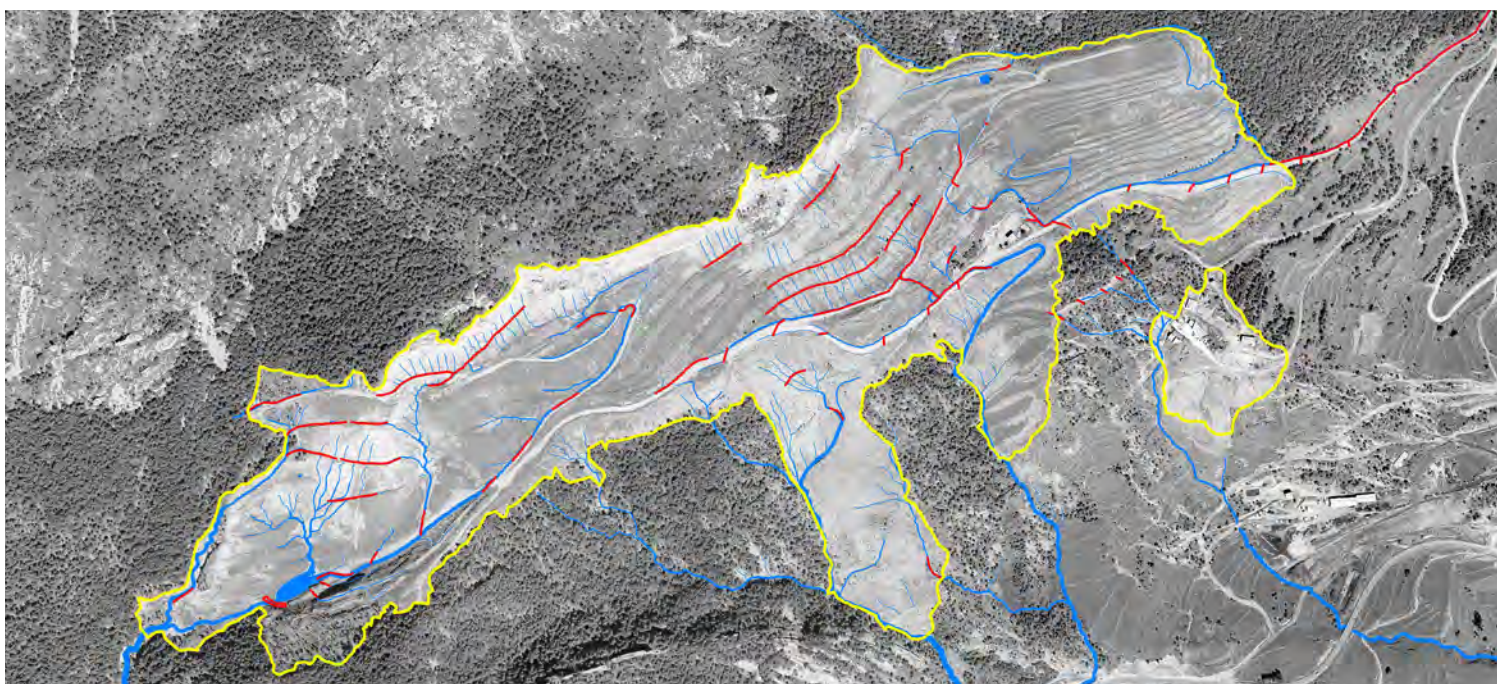
En primer lugar, se debe representar la red de drenaje sobre cartografía detallada (ver la figura 9). Una vez representada se reseguirán las principales estructuras y se anotará en el mapa los puntos donde se observan roturas o rellenos. También se observará el estado de los canales (revegetados, socavados) y se apuntará en el formulario. Finalmente, hay que anotar también la presencia de canales no funcionales.

#### Relleno de canales de drenaje

Este parámetro pretende detectar problemas vinculados al relleno de estructuras de evacuación de la escorrentía. De la misma forma que para el caso anterior, su determinación se hará mediante una observación detallada de la zona evaluada, recorriendo las principales estructuras de la red de drenaje. Se contará el número de canales colmatados que han perdido su función de evacuación a causa de la obstrucción. Se anotará el número de canales rellenos en la casilla pertinente.

#### Funcionalidad de la red de drenaje

Este parámetro pretende evaluar la funcionalidad de la red de drenaje y detectar posibles disfunciones. Se trata de muestrear la red de drenaje evaluando su estado. Para cuantificar los canales que se encuentran en buen estado de conservación se contará el número de canales funcionales con presencia de vegetación en su interior. Para cuantificar los canales que se encuentran en mal estado de conservación se contará el número de canales socavados. Finalmente, se contará el número de canales no funcionales, es decir, aquellos que no realizan su función de canalización, evacuación o absorción del agua. El criterio para clasificar un canal en una determinada categoría es que presente una de



**Figura 9.** Representación detallada de la red de drenaje de una actividad extractiva restaurada. La línea amarilla señala los límites de la actividad. Las líneas azules, según su grosor, representan los principales canales y estructuras de control de la escorrentía. Las líneas rojas indican aquellas secciones donde se han detectado problemas de conservación de la red (roturas, rellenos, erosión, etc.). Actividad extractiva Coll de Jou, Saldes, Barcelona.

las características siguientes en más del 50% de su longitud: revegetación, no-funcionalidad o erosión.

Superficie afectada por procesos erosivos

### 3.4.4 Erosión y degradación física

#### Superficie afectada por procesos erosivos

La presencia de procesos erosivos puede observarse a menudo en zonas restauradas de pendientes elevadas, sobre todo después de la reposición del sustrato edáfico y antes de la revegetación, cuando el suelo está desnudo. Son procesos que se originan en puntos concretos de un talud o ladera, fruto de una pendiente o una

longitud excesivas, o por un problema en la red de drenaje. En cualquier caso, si una parte importante de la zona restaurada está afectada por erosión se deberán tomar medidas para corregir el problema, evitando así que vaya a más y que se pueda extender a zonas adyacentes. Por lo tanto, es importante determinar el alcance de los procesos de erosión concentrada que se observen en la zona evaluada.

La metodología que se propone consiste en delimitar las zonas donde se detectan surcos de erosión de más de 5 cm de profundidad. Cuando la superficie afectada es pequeña, se puede medir directamente en el campo mediante una cinta métrica o similar. Cuando la superficie es

mayor, se pueden utilizar métodos como los propuestos para las medidas de la superficie afectada por riesgos geotécnicos. Los límites laterales de la zona afectada se establecerán tomando como referencia los surcos de profundidad superior a 5 cm situados más al exterior que delimiten el perímetro. El límite superior lo delimitará la línea que une los puntos de inicio a partir de los cuales los surcos tienen una profundidad de más de 5 cm. El límite inferior lo delimitará la unión de los puntos de desagüe de los surcos. En el supuesto que los surcos estén

separados más de 10 m se contarán de forma independiente, es decir, constituyendo dos zonas de afectación diferentes. En el supuesto de que haya un único surco, ya sea por qué está a más de 10 metros de otros o por qué es el único existente en la zona, no se contará la superficie afectada por éste, siempre y cuando su anchura máxima sea inferior a un metro. Tampoco se contarán aquellos surcos ya estabilizados, que presentan vegetación en su interior. Para considerar un surco como estabilizado tendrá que estar cubierto de vegetación en toda su longitud.

#### DELIMITACIÓN DE LA SUPERFICIE AFECTADA POR PROCESOS EROSIVOS

Se propone delimitar la superficie afectada por estos procesos mediante su representación cartográfica, tomando referencias sobre el terreno (árboles, bermas, paredes verticales, suelo desnudo, etc.) o bien utilizando un GPS. Una vez delimitada el área afectada se puede calcular su superficie mediante un SIG. Si la superficie afectada es pequeña se puede tomar también la medida directamente en el campo, utilizando una cinta métrica o similar.

#### Volumen de suelo perdido

La metodología propuesta para la medida de este parámetro consiste en estimar el volumen aproximado de suelo perdido por erosión concentrada mediante cubicación simple de los surcos de erosión. Conociendo la superficie afectada por erosión y el tiempo transcurrido desde colocación del sustrato edáfico se puede calcular el volumen de suelo perdido por unidad de superficie y por año.

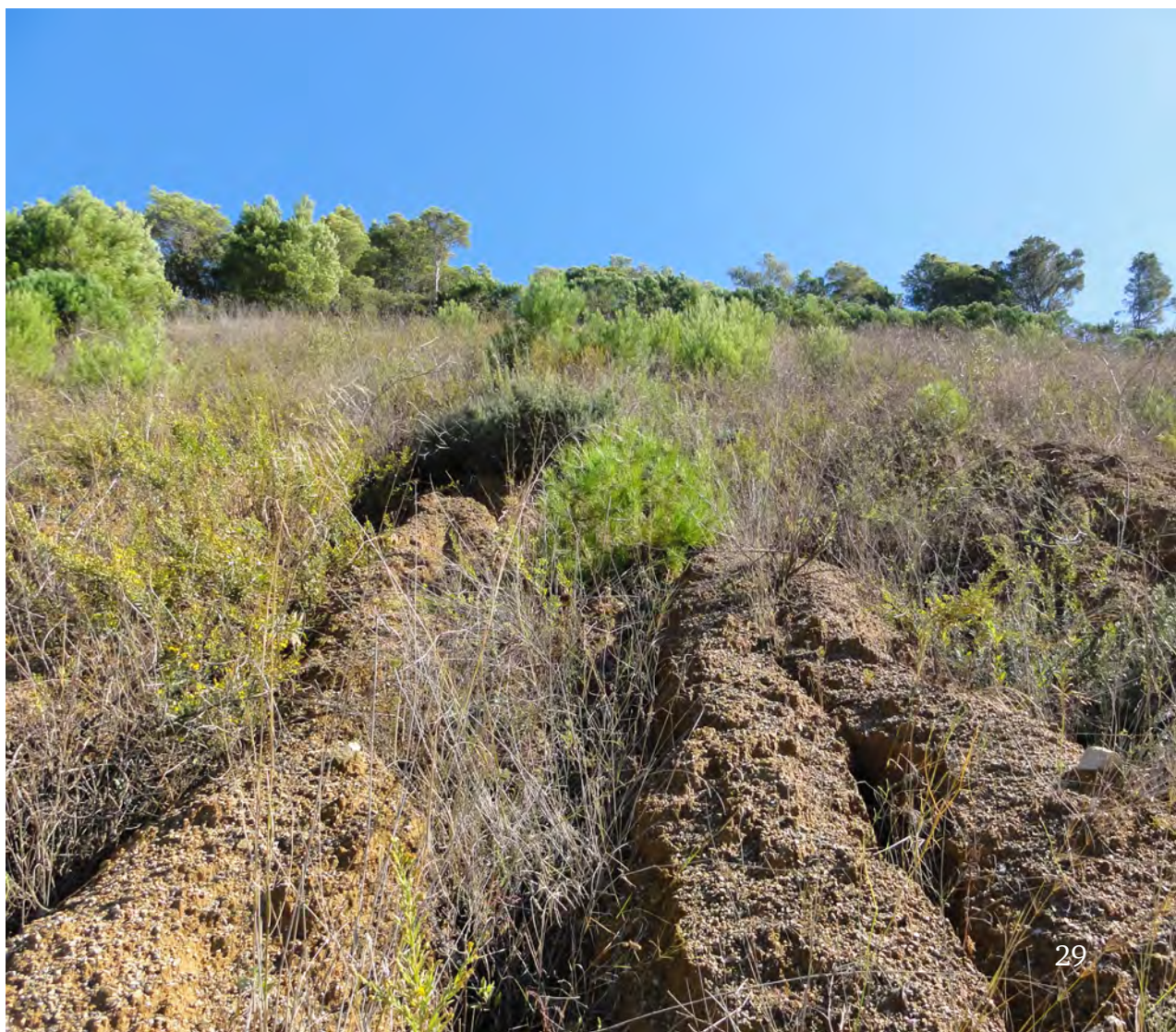
La cubicación de los surcos se puede hacer de forma directa, es decir, midiendo su longitud,

anchura y profundidad, y a partir de estos datos calcular el volumen de suelo perdido, considerando una sección ideal triangular (cuya base sea la anchura del surco y la altura su la profundidad). Sumando el volumen obtenido de todos los surcos y dividiéndolo por la superficie afectada y por el tiempo transcurrido desde el tendido obtendremos una tasa volumétrica de pérdida de suelo. Si se desea, se puede multipli-

car este volumen por la densidad aparente del suelo para estimar la tasa de erosión en unidades de masa.

Del mismo modo que para el caso de la medida de la superficie afectada por procesos erosivos, no se medirán aquellos surcos que estén completamente revegetados y que por lo tanto ya no exportan sedimentos de la zona restaurada.

**Figura 10.** La presencia de vegetación densa en el interior de los surcos es un indicador de estabilización del proceso erosivo. Actividad extractiva Áridos Bofill Calcárea, municipio de Regencós, Girona (foto: V. Carabassa).



## ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE SUELO PERDIDO POR EROSIÓN

Se medirá el volumen de suelo perdido cubriendo los surcos de erosión de más de 5 cm de profundidad y se expresará en función de la superficie afectada y del tiempo transcurrido desde la colocación de la capa de suelo. La cubicación del volumen de suelo perdido se hará midiendo la longitud, profundidad y anchura de los surcos presentes. No se tendrán en cuenta aquellos surcos que presentan vegetación densa en su interior.

### Recubrimiento efectivo del suelo

Este parámetro pretende valorar el grado de protección del suelo frente al impacto de las gotas de lluvia proporcionado por varias formas de recubrimiento de la superficie. El indicador propuesto consiste en la suma del recubrimiento del suelo por vegetación baja (que recubre el suelo a menos de 50 cm de

altura), por piedras o por restos vegetales, lo que se conoce como recubrimiento efectivo. Este parámetro se expresa de forma relativa al conjunto de la superficie evaluada.

La determinación de este parámetro se puede realizar de forma simultánea con las medidas de recubrimiento vegetal, registrando también la superficie cubierta por otros elementos como por ejemplo piedras, vegetación muerta (hojarasca), otros restos orgánicos, etc. Se trata de aprovechar dos de los lados perpendiculares de la parcela cuadrada que se debe establecer para tomar las medidas de plantas leñosas (véase el apartado referente a vegetación) fijando así dos transectos lineales perpendiculares. Las parcelas cuadradas se delimitan utilizando una cinta métrica que permite formar un cuadrado usando unas varillas metálicas que se clavan en cada vértice de la parcela, conformando un cuadrado. Se recomienda que estas parcelas tengan unas dimensiones de 10x10 m, por lo que cada transecto tendrá una longitud de 10 m.



Se establecerá un mínimo de 4 parcelas para cada zona a evaluar, incrementando este número en dos parcelas por cada hectárea adicional evaluada (véase la figura 11) Así pues, el número total de parcelas que se deberán medir en una zona evaluada se puede calcular de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$\text{Número de parcelas} = 4 + 2S$$

**Figura 11.** Ejemplo de delimitación de parcelas cuadradas para la toma de medidas de vegetación y de recubrimiento efectivo del suelo en una zona restaurada (delimitada por la línea naranja) en el Depósito Tòrrechs (municipio de Saldes, Barcelona). La superficie de la zona es aproximadamente de 1 ha, por lo que se han establecido 6 parcelas de muestreo a lo largo de toda la zona (cuadrados rojos). Las parcelas, con lados de 10 m, se disponen con dos costados paralelos siguiendo la dirección de la pendiente.



Siendo  $S$  la superficie de la zona evaluada, expresada en hectáreas.

Sin embargo, si el tipo de cubierta vegetal es muy homogéneo en toda la zona a evaluar (p. ej. una zona restaurada como prado en la que el recubrimiento herbáceo es homogéneo y continuo en toda ella) se podrá reducir

#### MEDIDA DEL RECUBRIMIENTO EFECTIVO DEL SUELO

Esta medida se realizará de forma simultánea a las del recubrimiento vegetal (ver el apartado "Cubierta vegetal"). Se contará el número de secciones de 20 cm de longitud donde se observa algún tipo de recubrimiento (vegetación, restos orgánicos, piedras) a lo largo de un transecto de 10 m. Los transectos de 10 m se delimitarán utilizando los lados de las parcelas cuadradas establecidas para las medidas de vegetación. Para la obtención de un dato representativo del conjunto de la zona se deberán medir un mínimo de 8 transectos (4 parcelas), distribuidos de forma que cubran toda la zona evaluada.

el número de parcelas a realizar, siempre que las medidas obtenidas sean representativas.

Cada transecto (lado de una determinada parcela, en general de 10 m de largo) se dividirá en secciones de 20 cm de longitud y en la ficha de campo se anotará el recubrimiento efectivo que predomina en cada una (hierbas, arbustos, arbolitos con copa a menos de 50 cm del suelo, vegetación muerta o piedras). Para la toma de estas medidas será muy útil la ficha de campo de caracterización de zona (véase anexo VI), donde se adjuntan una serie de tablas que orientan y facilitan la toma de medidas de recubrimiento.

Para trasladar los resultados a la ficha de caracterización de la zona se deberá simplemente calcular el porcentaje de recubrimiento efectivo en cada transecto (número de secciones con algún tipo de recubrimiento  $\times 2$ ) y hacer la media para el conjunto de transectos de cada zona. Este método se utilizará igualmente para medir y calcular todos los datos referentes a los distintos tipos de recubrimiento (herbáceo, de leñosas y efectivo).



**Figura 12.** Fragmento de transecto para la medida del recubrimiento efectivo del suelo delimitado mediante una cinta métrica. Se observan tres secciones de 20 cm donde predomina el recubrimiento herbáceo, dos donde el recubrimiento se debe a la hojarasca y dos más donde no hay plantas ni restos vegetales en las que se observa el suelo desnudo (foto: V. Carabassa).

### Otros procesos de degradación

Este ítem pretende valorar de forma cualitativa la presencia de indicios de otros procesos de erosión o de degradación física tales como la formación de costras superficiales, compactación, erosión laminar o erosión subsuperficial. Se trata de anotar la presencia de indicios de estos procesos en el supuesto de que se observen durante el muestreo de la zona, siguiendo las indicaciones proporcionadas en los formularios de

campo. Por ejemplo, algunos indicios de procesos de degradación o erosión serían la presencia de pedestales de suelo (pináculos) o raíces descalzadas en una zona (como indicadores de erosión laminar), o la presencia de sedimentos al pie de un talud agujeros, galerías o hundimientos localizados del terreno (indicadores de erosión subsuperficial), costras en la superficie del suelo, la formación de charcos o la dificultad de penetrar en el suelo (compactación o cementación), entre otros (véase la figura 13).

**Tabla 3.** Principales indicios de procesos de degradación, distintos a la erosión concentrada, que se pueden observar en zonas restauradas.

Erosión laminar	Erosión subsuperficial	Costras superficiales	Compactación/ Cementación
Pedestales o pináculos a lo largo del talud Raíces descalzadas Sedimentos al pie del talud*	Agujeros tubulares Galerías Hundimientos localizados del terreno	Costras o láminas de suelo en superficie	Formación de charcos Dificultad para cavar, penetrar en el suelo

(\*) También puede ser debida a erosión concentrada.



**Figura 13.** Procesos de degradación que pueden ocurrir en zonas restauradas, distintos a la erosión concentrada, e indicios de su presencia. De izquierda a derecha y de arriba abajo: formación de costra superficial (a), detalle de la costra (b), hundimiento por erosión subsuperficial debido a la composición y disposición del relleno (c), pináculo formado bajo una piedra resultante de la erosión circundante (d), acumulación de sedimentos producida por erosión laminar (e), y encharcamiento provocado por una baja capacidad de infiltración del suelo (f). (fotografías: V. Carabassa)

### 3.4.5 Calidad de los sustratos

En este apartado se explica cómo describir el tipo de material utilizado como sustrato edáfico, así como las enmiendas o abonos incorporados. En primer lugar se pide la catalogación del material en una de las siguientes cuatro categorías: sin sustrato (en el supuesto de que no se haya añadido sustrato edáfico o que se utilice un sustrato extremadamente pedregoso), sustrato pedregoso inerte (sustratos minerales con un contenido de tierra fina entre el

20% y el 40%), sustrato fino inerte (sustratos minerales, biológicamente poco activos y con un contenido de tierra fina superior al 40%) y tierra vegetal (sustrato biológicamente activo, tierras que contienen propágulos de microorganismos y semillas). Una vez tipificado el material, se debe determinar su procedencia (sobre todo en el caso de material de procedencia externa a la actividad extractiva), la proporción volumétrica de mezcla (en el supuesto de que

se haya utilizado más de un material) y la fecha de colocación o extendido del material sobre la superficie a restaurar.

En el caso de zonas donde no haya sustrato edáfico (paredes verticales, canchales, etc.), obviamente no se realizarán las medidas correspondientes a su calidad.

### Grosor de suelo repuesto

El grosor de suelo repuesto en las zonas restauradas es un parámetro clave que puede condicionar el establecimiento de la vegetación. Se debe garantizar un grosor mínimo de 20 cm si se quiere que se desarrolle una cubierta herbácea y arbustiva. Este grosor debería ser superior si se quiere obtener una cubierta arbórea o una vegetación densa. Grosos inferiores limitarán de forma importante el establecimiento de la vegetación y por lo tanto pueden condicionar el éxito de la restauración. En el supuesto de que se hayan utilizado materiales de relleno terrígenos o fácilmente edafizables (estériles de mina o rechazos que se disgreguen rápidamente, tierras limpias de aportación externa,

etc.) y que por lo tanto permitan el crecimiento y desarrollo radicular, se deberán tener en cuenta a la hora de determinar la profundidad efectiva del suelo. Estos materiales, a pesar de presentar seguramente deficiencias de nutrientes, tienen unas propiedades físicas que pueden ser equiparables a las que se observan en los horizontes profundos de un suelo natural. Es decir, se debe considerar el grosor de todos los materiales potencialmente enraizables.

Para tomar esta medida se puede utilizar una sonda o varilla de acero que se debe clavar hasta tocar el relleno inerte, el lecho rocoso o el material de base. También se pueden medir haciendo pequeñas zanjas con una azada. Se propone muestrear un mínimo de 20 puntos por cada hectárea restaurada para que los resultados obtenidos sean representativos. Para trasladar los datos a la ficha de caracterización se deberá calcular la media de todas las medidas realizadas. En el caso de suelos o sustratos muy profundos, donde el relleno está constituido por materiales edafizables, se puede hacer una estimación de su grosor.

## MEDIDA DE LA PROFUNDIDAD DEL SUELO

Un procedimiento consiste en clavar una varilla de acero hasta que ya no se pueda profundizar más y anotar la profundidad alcanzada. Otro procedimiento, recomendado cuando se trata de suelos pedregosos, consiste en excavar una zanja o agujero hasta la roca o sustrato de relleno y medir su profundidad con un metro de carpintero o similar. Para que las medidas sean representativas se deberán tomar un mínimo de 20 por hectárea y dar el valor promedio.

Cuando el sustrato de relleno sea profundo y esté formado por materiales terrígenos o fácilmente edafizables, la profundidad de suelo se obtendrá por estimación. Ello requiere conocer la potencia y composición del relleno (véase el apartado referente al relleno).

## Muestreo del suelo

Se puede aprovechar la operación de sondeo del grosor del suelo para obtener también muestras del mismo, tomadas en diferentes puntos, y así preparar una muestra compuesta que servirá para la determinación de los parámetros físico-químicos analíticos. Para tomar la muestra de suelo se puede usar una pala o una azada, procurando coger siempre el mismo volumen de tierra en toda la profundidad en que se clave la herramienta. Para suelos poco pedregosos se puede utilizar también una sonda edafológica de barrena. En todo caso, la densidad de muestreo nunca será inferior a la establecida para las medidas de grosor del suelo, es decir, 20 puntos por cada hectárea restaurada. Al tomar la muestra de suelo se excluirán los bloques de piedra (elementos gruesos de más de 25 cm de diámetro aparente), puesto que esta fracción se determina por separado de forma cualitativa, estimando su abundancia en la superficie.

Las muestras puntuales se mezclarán hasta obtener una muestra homogénea, lo que se deno-

mina una muestra compuesta. Es importante dejar secar la muestra compuesta de suelo al aire y disgregarla rompiendo los terrones, para evitar que se puedan confundir con piedras o gravas cuando se tamicen. Una vez seca y disgregada, esta muestra compuesta se cribará para obtener las diferentes fracciones de elementos gruesos y tierra fina (véase el apartado “Proporción de tierra fina y elementos gruesos”). La fracción de tierra fina, de partículas de diámetro aparente inferior a los 2 mm, es la que posteriormente se enviará a un laboratorio acreditado para que sea analizada.

### Proporción de tierra fina y elementos gruesos

Este parámetro da información de la pedregosidad del sustrato utilizado, que condiciona muchas de las propiedades del suelo. Una proporción moderada de gravas y piedras no supone un inconveniente para un suelo utilizado en la restauración de una actividad extractiva, sino todo lo contrario. Estos elementos gruesos (partículas >2 mm) contribuyen a que el sustrato sea más estable, menos vul-

## MUESTREO DEL SUELO

Se debe tomar una muestra de los 20 cm superficiales del suelo en un mínimo de 20 puntos por hectárea, distribuidos de forma homogénea por toda la zona. En el caso de sustratos poco pedregosos se puede utilizar una sonda edafológica o similar. Si el suelo es pedregoso se recomienda excavar un agujero con una pala, azada o similar hasta unos 20 cm de profundidad, cogiendo el mismo volumen de suelo en toda la profundidad. En el supuesto de que haya bloques de más de 25 cm de diámetro, no se cogerán y se estimará su abundancia de forma cualitativa (presencia de bloques de más de 25 cm en la superficie).

El conjunto de las muestras tomadas se homogeneizará de forma que se obtenga una muestra compuesta que sea representativa del suelo de la zona que se quiere evaluar.

## DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN TIERRA FINA, GRAVAS Y PIEDRAS

La muestra compuesta, obtenida después de mezclar el conjunto de muestras puntuales obtenidas en el proceso de muestreo, se dejará secar al aire, extendida sobre un papel o similar, durante unos días. Una vez seca, se tamizará con una criba de 75 mm. La fracción retenida en la criba está constituida por piedras (fracción con diámetros entre 250 mm y 75 mm). La muestra que pasa por la criba de 75 mm la tamizaremos de nuevo con una de malla 2 mm. La fracción retenida corresponde a las gravas (75-2 mm) y la que haya pasado por el tamiz a la tierra fina (<2 mm). Pesando las tres fracciones y expresándolas en función del peso global de la muestra compuesta se obtiene la proporción de las mismas.

La fracción de tierra fina se enviará a un laboratorio acreditado para que realice un análisis físico-químico de los parámetros requeridos.

nerable a la erosión, y seguramente más parecido al suelo natural. Sin embargo, se debe garantizar que el sustrato edáfico repuesto tenga un mínimo de un 20% de tierra fina.

El contenido y las diferentes proporciones de elementos gruesos se obtienen tamizando la muestra con cribas de diferentes medidas, excepto para el caso de los bloques de más de 25 cm de diámetro, cuya presencia y distribución se determina de forma cualitativa por simple observación. Se recomienda que la determinación de las diferentes fracciones de elementos gruesos se haga en la misma actividad extractiva puesto que en caso contrario se deberá enviar al laboratorio la totalidad de la muestra compuesta (véase en el anexo el material necesario para realizar esta determinación). Así pues, tamizando la muestra con una criba de 75 mm de luz de malla se separa la fracción de piedras (de 250 a 75 mm de diámetro) del resto de la muestra. Tamizando la fracción restante con una criba de 2 mm se obtiene, por un lado, la fracción de gravas (de 75 a 2 mm de diámetro), y por la otra, la fracción de tierra fina (<2 mm), que se enviará a un laboratorio especializado para que realice los análisis físico-químicos requeridos. Expresando el peso



de la fracción de diámetro inferior a los 2 mm respecto al peso del conjunto de la muestra, se determina la proporción de tierra fina.

Para más información sobre el muestreo del suelo y la determinación del contenido de elementos gruesos y tierra fina se puede consultar el manual de *Utilización de lodos de depuradora en restauración* (Alcañiz et al., 2009).

### Presencia de impropios

En este ítem se considera la presencia de plásticos, hierros, escombros, vidrios u otros residuos que eventualmente se pueden encontrar mezclados con el sustrato, sobre todo cuando éste proviene de excavaciones en obras. Aprovechando las operaciones para la medida de la profundidad del suelo y la toma de muestras hay que fijarse en la posible presencia de impropios en la zona evaluada. En el caso de que se observen, se debe anotar el número de puntos en que se han observado (considerando un radio efectivo de un metro alrededor del punto de muestreo, es decir, si se observan impropios del mismo tipo situados a menos de un metro de distancia uno del otro se contabilizará como uno solo).



**Figura 14.** Es importante controlar la presencia de impropios cuando se admiten tierras procedentes del exterior de la actividad extractiva. En la foto: fragmento de hormigón en una zona restaurada que vino transportado con las tierras procedentes de unas excavaciones de obras cercanas (foto: V. Carabassa).

### Analítica del suelo

Este aspecto es el único que, a causa de la necesidad de aparatos específicos y personal especializado, no lo puede realizar el mismo personal de las actividades extractivas, requiriendo la contratación de servicios externos. Por otro lado, en aquellos casos en que no hay sustrato (p. ej. en zonas con frentes rocosos o inundadas) o en que sea extremadamente pedregoso (p. ej. canchales) no es de aplicación lo que se explica en este apartado.

Una vez se disponga de la fracción correspondiente a la tierra fina (<2 mm) procedente de la muestra compuesta representativa de cada zona a evaluar, se enviará a un laboratorio acreditado, etiquetada correctamente con los datos identificativos de cada zona. Estos laboratorios disponen de menús analíticos que incluyen los parámetros fisicoquímicos requeridos en este protocolo:

- Textura (proporción de arenas, limos y arcillas)
- Materia orgánica (contenido de materia orgánica o carbono oxidable)

- Nitrógeno (nitrógeno Kjeldhal o total)
- Disponibilidad de nutrientes (pH, fósforo asimilable, potasio extraíble)
- Salinidad (conductimetría del extracto 1:5, excepto en explotaciones de sales minerales, donde se realizará la conductimetría sobre el extracto de pasta saturada).

Es importante indicar el laboratorio que ha efectuado los análisis, la referencia asignada por el laboratorio y la fecha en que se efectuó el muestreo.

### Enmiendas, abonos y cubiertas (mulch)

La utilización de enmiendas orgánicas o abonos de diferente naturaleza para mejorar los suelos o sustratos usados en la restauración de actividades extractivas es una práctica habitual. Se debe especificar el tipo de enmienda o abono aplicado (fertilizante químico, lodos EDAR, compost, estiércoles, purines, algas, etc.), la procedencia o marca comercial, la dosis y la fecha de aplicación. Se debe indicar también si se han aplicado restos vegetales triturados (paja troce-

ada, astillas de madera, etc.) a modo de mulch, mallas orgánicas (mantas o mallas de fibra de coco, de yute, etc.) u otras técnicas de bioingeniería para la estabilización de superficies.

### ***3.4.6 Cubierta vegetal***

Lo primero que se debe hacer para completar este apartado es documentar las labores relacionadas con el establecimiento de la cubierta vegetal, es decir, las labores de siembra, plantación y riego realizadas en cada zona. Disponiendo de esta información se podrá evaluar el éxito de las tareas de revegetación y detectar posibles carencias o limitaciones. Por lo tanto, se deben recopilar los datos referentes a siembras especificando las especies sembradas, la proporción de cada especie en la mezcla de semillas (% de cada una, en peso), la fecha y la densidad de siembra ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), así como

una breve descripción del proceso de siembra (metodología de siembra utilizada). Respecto a la plantaciones, también se deben indicar las especies plantadas, la altura de la parte no enterrada de las plántulas de cada especie o si se trata de plántulas de una o dos savias, la densidad de plantación por especie y la fecha en que se efectuó. En el supuesto de que se hayan realizado tareas de reposición de individuos muertos (marras) se hará constar también. Finalmente, una última operación a documentar es el riego, especificando el tipo, frecuencia aproximada y la duración.

Una vez relacionadas las tareas para el establecimiento de la cubierta vegetal se efectuarán los inventarios y las medidas que permitir describir de forma semi-cuantitativa la cubierta vegetal existente en la zona que se desea evaluar. Siempre que sea posible, se utilizará el nombre científico de las especies, aunque en caso de duda se podrán diferenciar las plantas con un nombre establecido por el evaluador (p. ej. herbácea de flores amari-

llas, gramínea de hojas largas, etc.). Existen multitud de páginas en internet con muchas imágenes e información accesible que pueden ayudar al evaluador a identificar alguna especie en caso de duda. A modo de ejemplo

**Figura 15.** Es muy recomendable realizar las medidas de vegetación, especialmente de las plantas arbustivas y herbáceas, cuando éstas estén en flor. En la foto se aprecia la considerable variedad de plantas herbáceas que florecieron en una zona restaurada con lodos de EDAR en la actividad extractiva La República, municipio de Palol de Revardit, Girona (foto: J.M. Alcañiz).

podemos citar el Banco de Datos de Biodiversidad de Cataluña (<http://biodiver.bio.ub.es/biocat/index.jsp>), o el Herbario Virtual del Mediterráneo Occidental (<http://herbarivirtual.uib.es/cat-med/index.html>).

Es conveniente realizar las medidas referentes a la vegetación en el momento en que las plantas estén en flor o muy desarrolladas, lo que facilitará su identificación, por lo que se aconseja llevar a cabo el trabajo de campo a



finales de primavera. Dado que hay plantas de floración más tardía, es conveniente completar las medidas a finales de verano.

### Riqueza florística

Utilizando las mismas parcelas de muestreo explicadas en el apartado de recubrimiento efectivo del suelo, el evaluador se fijará en el número de especies herbáceas distintas y las contará. Si el evaluador es capaz de identificar las plantas herbáceas, mucho mejor, ya que será útil para saber si se ha identificado una especie previamente o no. Sin embargo, no es necesaria la identificación científica de las especies para hacer esta evaluación simplificada de la riqueza florística, puesto que se considera una tarea propia de especialistas. Por eso se pide tan sólo que se diferencien las especies con una denominación arbitraria, si no se es capaz de identificarlas por su nombre vulgar o científico. Se debe prestar mucha atención a

la variedad de plantas, pequeñas y de porte mayor, que puede haber dentro de la parcela de muestreo. Como se ha comentado, esta determinación se tiene que realizar también en los sistemas de referencia.

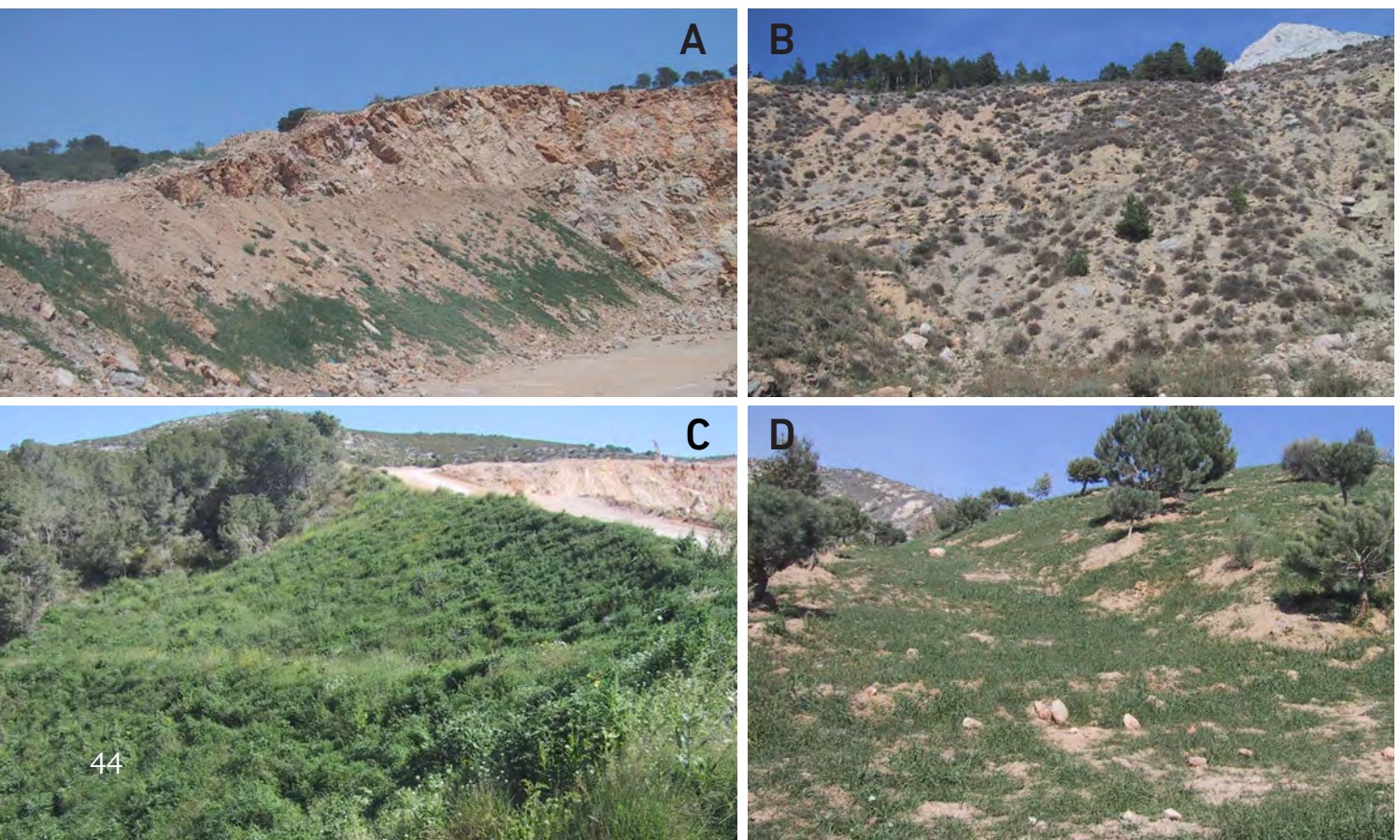
## MEDIDA DE LA RIQUEZA FLORÍSTICA

Recuento del número de especies diferentes observadas en parcelas de muestreo de 10x10m. No es imprescindible identificar la especie, pero sí diferenciarlas. Se realizará la medida en un mínimo de cuatro parcelas de muestreo, tanto en la zona restaurada que se evalúa como en la referencia.

## Patrón de distribución

Otro aspecto a tener en cuenta es la distribución de la cubierta vegetal sobre el terreno. Así, por ejemplo, algunos patrones de distribución de la cubierta herbácea son en forma de machas aisladas, concentrada en franjas, homogénea y continua en toda la zona, homogénea pero que deja claros descubiertos (véase la figura 16), o una combinación de estos.

**Figura 16.** Patrones de distribución de la cubierta vegetal: a) franja en la base del talud; b) en manchas; c) homogénea continua; d) homogénea discontinua (fotografías: V. Carabassa).



### Recubrimiento vegetal

Este parámetro incluye dos indicadores: recubrimiento herbáceo y recubrimiento de leñosas. La medida se realiza aprovechando las parcelas de muestreo de 10x10 m antes mencionadas. La metodología es la misma que la utilizada para las medidas de recubrimiento efectivo, es decir, mediante observaciones cada 20 cm en un transecto de 10 m. Para cada sección de 20 cm se anotará el tipo de recubrimiento predominante. Sin embargo, en este caso sólo se contará, por separado, el recubrimiento de herbáceas y el de leñosas, tanto si son arbustivas como arbóreas. En cuanto a las leñosas, se tendrá en cuenta también el recubrimiento de la copa, aunque ésta se encuentre a más de 50 cm del suelo. Para la toma de estas medidas resultará muy útil la ficha de campo de caracterización de zona (Anexo VI), donde se adjuntan una serie de tablas que orientan y facilitan las medidas de recubrimiento.

#### MEDIDA DEL RECUBRIMIENTO VEGETAL

El recubrimiento vegetal se medirá de forma conjunta con el recubrimiento efectivo del suelo (véase el apartado "Erosión y degradación física"), aprovechando las parcelas de muestreo de vegetación. Trazando transectos de 10 m se anotará el número de secciones de 20 cm que presentan recubrimiento por plantas herbáceas o por leñosas (arbustivas o arbóreas). Para obtener una estima representativa del conjunto de la zona se realizarán un mínimo de 8 transectos, distribuidos de forma que toda ella quede cubierta. Para poder comparar los resultados, se tendrán que tomar también estas medidas en el sistema de referencia.

### Diversidad de leñosas

Este parámetro también se mide aprovechando las mismas parcelas de muestreo del recubrimiento antes mencionadas. Se deben identificar claramente todas las especies leñosas (arbustivas y arbóreas) presentes en cada cuadrado de muestreo. El resultado final será un listado con todas las especies arbustivas y arbóreas presentes en la zona evaluada.

Comparando el listado de especies presentes en la zona de referencia con las de la zona evaluada se podrá calcularla proporción de plantas del sistema natural que se encuentran también en la zona evaluada.

### Densidad de leñosas

Al mismo tiempo que se identifican las especies leñosas se debe contar el número de pies existentes de cada una dentro de cada parcela cuadrada de 10x10 m. El resultado final se obtiene calculando la media de los valores obtenidos en el conjunto

de parcelas y multiplicando por 100, puesto que el resultado se debe expresar en pies/ha.

En el supuesto de que haya especies leñosas que se encuentren en una alta densidad (p. ej. pequeños vástagos) o que sea difícil determinar el número de pies (p. ej. zarzas), al hacer el muestreo se anotará su presencia (P) o ausencia (0) en los cuadrados de muestreo, sin hacer el recuento de pies. En estos casos, el resultado final será un valor de frecuencia que nos informará sobre el porcentaje de parcelas donde se ha encontrado una especie determinada.

A continuación se muestra un ejemplo de tabla de resultados de la ficha de campo obtenida después del muestreo de leñosas en una zona restaurada en la cual se han establecido seis parcelas cuadradas (columnas). Cómo se puede ver, para dos especies (*Ulex parviflorus*, aliaga y *Dittrichia viscosa*, olivarda o altabaca) se dan los valores de presencia o ausencia (P o 0), ante la imposibilidad de contar el número de pies. En cambio, para las otras tres especies (*Pistacea lentiscus*,



lentisco; *Pinus halepensis*, pino albar y *Quercus ilex*, encina) se dan los resultados correspondientes a la densidad:

Espece	Densidad actual (pies/100 m <sup>2</sup> ) o frecuencia (Presencia,P-Ausencia, 0), en los cuadrados de muestreo					
<i>Ulex parviflorus</i>	P	0	0	P	P	P
<i>Dittrichia viscosa</i>	P	0	0	0	0	P
<i>Pistacea lentiscus</i>	25	13	0	2	28	9
<i>Pinus halepensis</i>	7	2	8	10	12	0
<i>Quercus ilex ssp. ilex</i>	3	0	3	2	0	0

A partir de esta tabla, los resultados definitivos calculados según la metodología explicada anteriormente son:

Espece	Densidad actual (pies/ha) o frecuencia, para el conjunto de la zona evaluada
<i>Rubia peregrina</i>	$1+0+0+1+1+1 = 4 \div 6 = \mathbf{0,7}$ (frecuencia)
<i>Dittrichia viscosa</i>	$1+0+0+0+0+1 = 2 \div 6 = \mathbf{0,3}$ (frecuencia)
<i>Pistacea lentiscus</i>	$25+13+0+2+28+9 = 77 \div 6 = 12,83 \times 100 = \mathbf{1283}$ (pies/ha)
<i>Pinus halepensis</i>	$7+2+8+10+12+0 = 39 \div 6 = 6,5 \times 100 = \mathbf{650}$ (pies/ha)
<i>Quercus ilex ssp. ilex</i>	$3+0+3+2+0+0 = 8 \div 6 = 1,33 \times 100 = \mathbf{133}$ (pies/ha)

Comparando estos resultados de la zona evaluada con los obtenidos en el sistema de referencia podremos conocer de manera aproximada el grado de semejanza de ambos sistemas en cuanto a la densidad de leñosas.

## MEDIDA DE LA DIVERSIDAD Y DENSIDAD DE PLANTAS LEÑOSAS

La diversidad se estima mediante la identificación de las especies de árboles y arbustos presentes en parcelas de muestreo de 10 x 10 m. La densidad de leñosas se obtiene contando en cada parcela el número de pies de cada especie. Para obtener un dato representativo se deben tomar estas medidas en un mínimo de cuatro parcelas por zona y expresar los resultados como una media. Para poder comparar los resultados, estas medidas se realizarán también en el sistema de referencia.

### Desarrollo de las leñosas

En este apartado se pide que el evaluador observe y se fije en eventuales problemas de desarrollo vegetal de las plantas leñosas o en indicios de los mismos. Se deben reportar problemas como el enanismo (pies anormalmente pequeños), hojas cloróticas (amarillentas), la afectación por plagas, el crecimiento desestructurado (crecimiento anómalo) que no sigue la estructura o la forma típica de la especie, generalmente debido a la acción de herbívoros o a deficiencias de nutrientes, etc. Estas observaciones se pueden hacer al mismo tiempo que se mide la densidad de las plantas leñosas.



**Figura 17.** Pino afectado por el pastoreo de cabras y ovejas en una zona restaurada (Maçanet de la Selva, Girona). Se observa un crecimiento desestructurado, mayor en anchura que en altura, debido a la mutilación de los brotes apicales (foto: V. Carabassa).

### Superficie ocupada por especies invasoras

De forma parecida a la evaluación de los procesos geotécnicos o erosivos, en este apartado se pide la delimitación del área que ocupan las plantas invasoras como una manera de aproximarse al grado de expansión de estas especies en la zona evaluada. Esto requiere, por lo tanto, la identificación de las mismas, para lo que se puede consultar los manuales del tema o recurrir a las webs mencionadas anteriormente para la identificación de plantas. Del mismo modo que para los ítems de superficie afectada por erosión, caída de piedras o deslizamientos de tierra, la superficie ocupada por plantas invasoras se puede medir directamente en el campo, con una cinta métrica o similar, o mediante un SIG. Los resultados se deben expresar como proporción de superficie ocupada por plantas invasoras relativa a la superficie total de la zona evaluada.

**Figura 18.** Gramíneas como la caña americana, *Arundo donax* (foto izquierda) o *Cortaderia selloana* (derecha) son algunas de las plantas invasoras frecuentes en zonas restauradas (fotografías: V. Carabassa).



## MEDIDA DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR PLANTAS INVASORAS

La superficie ocupada por plantas invasoras se delimitará por medida directa en campo, o mediante la representación sobre un plano tomando referencias del terreno (árboles, bermas, paredes verticales, caminos, etc.), o bien utilizando un GPS. Una vez delimitada el área afectada se puede transferir a un SIG que facilitará el cálculo de la superficie. Se expresará el resultado como porcentaje de superficie de la zona evaluada ocupada por plantas invasoras.

### Reclutamiento de leñosas

Otro aspecto importante a considerar es la evaluación de la entrada espontánea de plantas leñosas, que permite constatar la dinámica de la vegetación y su aproximación, o no, a la vegetación natural del entorno. Esta entrada se puede producir por diferentes vectores de transporte de semillas como pueden ser el viento, los excrementos de pájaros, las tierras utilizadas para la preparación del sustrato edáfico, las enmiendas orgánicas incorporadas, etc. Es conveniente fomentar la entrada de especies autóctonas, mientras que la de especies

invasoras o exóticas se debería evitar. La entrada de especies leñosas autóctonas se puede reconocer por la presencia de especies/individuos que no han sido plantados o sembrados. En el supuesto de que se detecte la entrada de estas plantas es importante identificar la especie, tanto si se encuentra dentro de las parcelas cuadradas de muestreo de la vegetación como si se observa fuera de ellas. Esta información se anotará en el apartado correspondiente de la ficha de campo. Si bien es muy frecuente la entrada espontánea de plantas herbáceas en las zonas restauradas, en este apartado sólo se tendrá en cuenta la entrada de especies leñosas, tanto si son arbustivas como arbóreas.

### Especies leñosas de fruto carnoso

Un elemento que favorece la integración ecológica de la zona restaurada en el entorno natural es la plantación o establecimiento de especies vegetales cuyos frutos sirven de alimento para algunas especies de pájaros o vertebrados. Es el caso de las plantas leñosas que dan frutos carnosos, como el enebro (*Juniperus oxycedrus*), el madroño (*Arbutus unedo*) o el almez (*Celtis australis*), entre otros, que son a la vez fuente de alimento, lugar de

reproducción y refugio para un conjunto de animales. Por ello es conveniente indicar su presencia en las zonas restauradas, para lo cual el formulario prevé un campo específico para este objetivo. No obstante, la simple presencia de estas plantas no es suficiente para favorecer la integración ecológica mencionada. Para que la presencia de estas especies sea efectiva, es necesario que los individuos presentes sean sexualmente maduros y, por lo tanto, produzcan frutos, y se hallen presentes en un número suficiente. Por este motivo en el formulario se pregunta tanto por las especies con frutos carnosos identificadas en la zona restaurada

como por el número de individuos presentes. No es necesario hacer un recuento exhaustivo del número de individuos si estos son abundantes, puesto que ya aparecerán en los inventarios realizados en las parcelas de muestreo.



**Figura 19.** La presencia de especies de plantas leñosas con frutos carnosos favorece la entrada de fauna en las zonas restauradas. De izquierda a derecha frutos de madroño (*Arbutus unedo*) y detalle de las hojas asimétricas del almez (*Celtis australis*) (fotografías: O. Ortiz).

## 3.5 Caracterización del área

En esta sección se describen aspectos globales de la restauración, que se deben evaluar en el conjunto del área. Algunos de los parámetros considerados son de difícil cuantificación, por lo que muchos de los indicadores propuestos son cualitativos.

Para la identificación del área se piden las coordenadas UTM máximas y mínimas que la engloban, el nombre con el que se la denomina (si existe), y su superficie.

### 3.5.1 Integración paisajística

Un aspecto importante en la restauración, de difícil valoración cuantitativa, es el grado de integración paisajística con el entorno de la cantera de la zona restaurada. Se propone valorarlo de forma global para toda el área restaurada a partir de la observación desde miradores u observatorios que permitan tener una visión de conjunto de las zonas restauradas y de su entorno, en un contexto paisajístico.

### Integración geomorfológica

La integración geomorfológica del área restaurada es un aspecto clave para la armonización paisajística de las zonas restauradas. Se deben evitar aquellas morfologías artificiales, excesivamente angulosas o lineales, y de forma general, rehuir de aquellas morfologías del paisaje que no son propias del entorno de la actividad extractiva. Por ejemplo, una restauración efectuada en una comarca cuyo paisaje se caracteriza por pequeños cerros donde predominan las formas suaves y redondeadas deberá evitar dejar frentes rocosos a la vista o hacer grandes bancales. Un ejemplo bastante común lo ofrecen las escombreras aisladas que resaltan en paisajes abiertos. Es difícil integrar estas estructuras, sobre todo cuando son de dimensiones grandes y presentan morfologías tabulares que sobresalen del horizonte. Por lo tanto, es importante considerar la magnitud, disposición y conformación final de las escombreras para facilitar la integración paisajística. En todo caso, cuando la morfología del área restaurada imite



**Figura 20.** La presencia de frentes rocosos en contextos paisajísticos donde no son habituales dificulta la integración paisajística de las restauraciones. En la fotografía: diferentes perspectivas de un frente abandonado en la restauración de una explotación del municipio de Santa Margarida de Montbui, Barcelona (fotografías: V. Carabassa).

las presentes en el paisaje en el cual se integra se hará constar en el apartado correspondiente de la ficha.

Otro aspecto a tener en cuenta es, por ejemplo, la conservación de la línea del horizonte desde cualquier punto de observación, o al menos desde los más frecuentados. Ello facilita en gran medida la integración paisajística de las actividades extractivas en su conjunto, incluidas las áreas restauradas.

Por otro lado, el diseño de una red de drenaje que imite la disposición de las naturales, el diseño de las pendientes y las longitudes de los

taludes similar a los de las laderas naturales contiguas, o el envejecimiento de la superficie de roca cuando se dejan frentes desnudos, son medidas que facilitan la integración paisajística de las áreas restauradas.

quan es deixen fronts descoberts, són mesures que faciliten la integració paisatgística de les àrees restaurades.

### Red de caminos

La valoración de la red de caminos es otro aspecto a tener en cuenta que también influye en la integración paisajística de las áreas

restauradas. Es deseable que una zona restaurada sólo disponga de los caminos aptos para vehículos que sean estrictamente necesarios y que se supriman todas las pistas que no tengan utilidad una vez finalizada la explotación/restauración. También se debe evitar dejar pistas o caminos con anchuras excesivas para el uso que les corresponda. Por lo tanto, en este apartado se intenta valorar la adecuación y utilidad de la red de caminos mediante algunos indicadores

sencillos. Por un lado se pregunta la densidad de caminos, es decir, los kilómetros de pistas/caminos que hay dentro de un área restaurada en relación con su superficie. Este dato se puede estimar circulando por las pistas situadas en el interior de la actividad con un vehículo equipado con GPS, o utilizando un SIG y cartografía detallada. No se incluirán en este ítem los caminos de la red pública que pasen por el interior de la actividad.



**Figura 21.** No conviene dejar caminos en las áreas restauradas cuando no esté justificado su uso posterior. Por lo tanto, su restauración también es necesaria. En la foto: cobertura con una capa de sustrato edáfico de los caminos no necesarios de la actividad María Teresa (Ulldecona, Tarragona) en proceso de restauración (foto: V. Martorell).



Otro aspecto que se valora es la funcionalidad de los caminos, estudiando su conexión con la red de caminos exteriores al área restaurada, es decir, que la red de caminos del interior del área restaurada esté conectada con la red pública limítrofe o contigua a la actividad. También se valorará si los caminos interiores del área restaurada dan acceso a una zona de interés para ocio, turismo, fines educativos, extinción de incendios, etc. En definitiva, se trata de valorar si existe una justificación para su mantenimiento una vez finalizada la explotación.

Finalmente, un último aspecto que se debe anotar es la anchura media efectiva de los caminos para determinar su funcionalidad e importancia. Este parámetro se puede medir directamente sobre el terreno, con el uso de una cinta métrica o similar, o mediante SIG y cartografía detallada, tomando medidas en diferentes puntos de la red de caminos. Se completa este apartado con la representación cartográfica de la red de ca-

minos. Este plano se puede adjuntar al final de las fichas junto con el resto de mapas (red de drenaje, procesos geotécnicos/erosión, etc.).

### *Integración cromática/textural*

En este apartado se valora el cromatismo del área restaurada, su intensidad, y la textura en comparación con el sistema de referencia o el entorno. El cromatismo se refiere a la gama de color y a su intensidad. Es habitual que, sobre todo en las primeras etapas, las zonas restauradas presenten una coloración diferente a la de los sistemas naturales tomados como referencia de la restauración. Por eso, en este apartado se valora la similitud de color de la zona restaurada respecto a la referencia. En el caso que el color de la zona restaurada y el de la referencia sea el mismo, se debe profundizar algo más en el análisis y fijarse en la intensidad de este color. También es habitual que en las zonas restauradas, a pesar de que tengan el mismo color que la referencia, muestren diferencias en la intensidad (p.

ej. una zona restaurada en la cual dominan las plantas ruderales presentará seguramente un verde más intenso que la referencia).

Otro ítem que se evalúa es la integración textural. Este aspecto se refiere, entre otros, a la rugosidad del paisaje, es decir, si corresponde a una textura lisa o rugosa y se comparará con el sistema de referencia. Así, por ejemplo, un paisaje de pradera presenta una textura más bien lisa o uniforme cuando se mira desde un observatorio panorámico situado a una distancia suficiente

(p.ej. unos 2 km) debido a la carencia de objetos que destaquen y a una estructura horizontal y vertical relativamente homogéneas. En cambio, un encinar mediterráneo observado desde la misma distancia presentará una textura rugosa debido al efecto de relieve de las copas.

### Cuenca visual

El posible impacto paisajístico ligado al cromatismo, a la textura y la geoforma se debe evaluar



**Figura 22.** En las primeras etapas de una restauración, cuando todavía predomina el estrato herbáceo, es difícil conseguir una integración cromática de las zonas restauradas. En la imagen se puede apreciar la diferencia en la intensidad del color verde entre una zona restaurada y la natural contigua. Igualmente, también se aprecia una diferencia relevante en la textura del paisaje (foto: V. Carabassa).

desde diferentes observatorios situados dentro de la cuenca visual de la zona evaluada. Para realizar estas medidas, se propone analizar la visión del área restaurada desde observatorios potenciales situados en puntos frecuentados por los habitantes de la zona o por la actividad turística.

La delimitación de la cuenca visual del área restaurada se hace siguiendo el método establecido por Molina y Tudela (2002). Según este método, se determinan los puntos de elevado potencial de visualización (observatorios) que se sitúan básicamente en las vías de comunicación principales y los núcleos urbanos a menos de 10 km de distancia desde los que es visible el área restaurada. Se añadirán a éstos los puntos de interés turístico y recreativo desde los que es visible el área restaurada y que se encuentren dentro de este radio de 10 km.

### Valoración visual

Finalmente, para poder completar la valoración visual del conjunto del área restaurada se pide un pequeño reportaje fotográfico, en el cual se

tendría que observar el área restaurada desde los principales observatorios. Debe constar la fecha de toma de las fotografías que convendría que fueran lo más recientes posible.

### **3.5.2 Conectividad ecológica**

Este aspecto se debe valorar de forma global, considerando el conjunto de las zonas restauradas y su entorno. Favorecer la conectividad ecológica interna y externa de las áreas restauradas, es decir entre ellas mismas y con las zonas naturales contiguas, es un aspecto importante de la restauración, puesto que facilita los movimientos de desplazamiento y de colonización de las especies.

### Presencia de barreras ecológicas

El efecto de barrera ecológica es la característica del medio que dificulta o impide los movimientos o la dispersión de los seres vivos a en él. Implica, por lo tanto, una reducción más o menos drástica de la probabilidad que estos movimientos se den. Por lo tanto, el efecto barrera se puede explicar cómo la resistencia al

movimiento de las especies que, en este caso, limita su entrada en el área restaurada. Este freno al desplazamiento puede ser debido a barreras físicas, químicas, y de percepción desfavorable.

Aquellos elementos o características del territorio que crean situaciones de cambios acusados en el gradiente ambiental actuarán potencialmente como barrera ecológica. Por eso, en la ficha correspondiente a este apartado se pide información en relación a la transición entre el área restaurada y las zonas naturales contiguas. Así, por ejemplo, una zona restaurada como pastos de montaña situada junto a un bosque denso presentará una transición de ambiente brusca, con cambio de cubierta vegetal que puede dificultar la permeabilidad ecológica para determinadas especies. En cambio, una zona restaurada destinada a ser un bosque y con árboles de más de cuatro metros, situada junto a un bosque natural, presentará una transición favorable a la permeabilidad ecológica, puesto que el tipo de cubierta vegetal es la misma aunque la densidad o el porte de los árboles sea aún diferente.

Otro aspecto que considera el protocolo es la presencia de barreras físicas, como caminos con

taludes de pendiente muy pronunciada, vallas, riscos, etc. Estos elementos, sobre todo cuando se localizan en la transición al entorno natural, pueden actuar como barreras ecológicas para determinadas especies dificultando la recuperación funcional y estructural de las zonas restauradas. Es por eso que se debe anotar la presencia de estos elementos cuando actúan como barrera.

### *Presencia de estructuras que favorecen a la fauna*

En contraposición a las barreras ecológicas, la instalación de estructuras para atraer o favorecer a la fauna es una medida que incrementa las posibilidades de entrada de nuevas especies en las zonas restauradas, mejorando la calidad ambiental del entorno. Por esta razón, la instalación de bebederos, perchas para aves, madrigueras o nidos son elementos o estructuras que conviene anotar puesto que favorecerán la recuperación faunística de las zonas restauradas. El formulario del protocolo prevé un apartado sobre este aspecto en el que se deben marcar las casillas pertinentes en función de estructuras presentes.



**Figura 23.** La construcción de balsas o la perforación de agujeros en frentes de roca son medidas que facilitan la entrada de determinadas especies de la fauna y favorecen la colonización de las áreas restauradas (foto: V. Carabassa).

### 3.5.3. Fauna

Este parámetro pretende valorar la entrada de fauna diversa en el área restaurada mediante el recuento de rastros, indicios y observaciones directas. La presencia y establecimiento de animales en las áreas restauradas, siempre que no cause daños generalizados a la vegetación o al suelo, supone un paso importante en la restauración de un ecosistema.

Los indicadores propuestos para medir la entrada de fauna son: el número de especies dis-



**Figura 24.** La presencia de excrementos o de huellas es un indicio claro de la entrada de fauna en áreas restauradas. En la foto: excrementos de conejo en la actividad Clariana Blanc, en el municipio de La Gornal, Barcelona (foto: V. Carabassa).

tintas avistadas por el personal de la explotación dentro del área restaurada, presencia de sus excrementos, terreno removido, huellas y rastros y presencia de madrigueras/nidos, complementado con la observación de invertebrados (hormigas, abejas, lombrices, etc.). Es conveniente consultar con el personal que trabaja en la explotación para anotar la presencia de especies que es difícil observar en una sesión de evaluación (jabalíes, perdices, conejos, corzos, etc.).

### ***3.5.4 Acciones antrópicas impactantes***

Un último aspecto que contempla el protocolo hace referencia a acciones antrópicas que provocan la degradación de las zonas restauradas y que se producen sobre todo cuando ya han finalizado los trabajos de restauración. Es, por lo tanto, esta fase post-restauración un momento importante que hay que controlar para evitar la degradación del espacio.



**Figura 25.** La presencia de vertidos en áreas restauradas dificulta su integración paisajística y conduce a su degradación (foto: V. Carabassa).



**Figura 26.** La circulación incontrolada de vehículos todo-terreno (izquierda), motocicletas (centro) u otros vehículos en las áreas restauradas es una práctica que se debe evitar. La colocación de carteles en estas áreas puede tener un efecto disuasorio (derecha), aunque la medida más efectiva es impedir el acceso (fotografías: V. Carabassa).

### Vertidos incontrolados

Una de las acciones que contribuyen en la marginalización de las áreas restauradas se produce por el vertido incontrolado de residuos. La presencia de este hecho tiene que ser reportado también en las fichas de evaluación. Se debe especificar el tipo de residuo, su distribución en las zonas restauradas y la superficie que ocupa. El ítem distribución se refiere a cómo aparece o se localiza el vertido, si en una zona concreta de la actividad (p. ej. vertido de un camión) o bien de forma dispersa (p. ej. vertido de basuras esparcidas por toda el área debido a la

frecuentación del espacio). La superficie hace referencia a los metros cuadrados ocupados por los residuos en cuestión.

### Circulación de vehículos/maquinaria fuera de las vías habilitadas

Es una práctica que se ha detectado en algunas actividades extractivas restauradas donde ha finalizado el proceso extractivo, a pesar de que más raramente también ha sido descrita en algunas explotaciones activas. En estos casos, las áreas restauradas se pueden convertir en circuitos improvisados de motocicletas o incluso



**Figura 27.** El pastoreo en las áreas restauradas recientemente es una práctica que se debe evitar puesto que puede malograr de forma irreversible las plantaciones efectuadas, además de provocar compactación por pisoteo, entre otros efectos negativos (fotografías: V. Carabassa).

vehículos todo-terreno, que provocan impactos relevantes de tipo diverso en las zonas restauradas. Por lo tanto, es una situación que se debe reportar en el apartado pertinente del formulario y, especialmente, evitar mediante el control del acceso a la explotación, la señalización correcta o, si se considera necesario, la denuncia a las autoridades competentes. En el formulario se pide también una valoración de la magnitud del proceso, es decir, si se produce de forma generalizada en el conjunto del área restaurada o si se concentra en alguna zona determinada.

### Pastoreo

El pastoreo en las zonas restaurada se debería evitar durante los primeros años, o como mínimo, debería estar muy controlado. Por consiguiente, en el caso de que se produzca se debe describir su impacto sobre la zona restaurada, ya que puede ayudar a explicar algunos efectos sobre la vegetación y el suelo. La ficha del protocolo prevé un apartado específico para ello.



### Presencia de construcciones/instalaciones en desuso o escombreras no restauradas

La presencia de construcciones o instalaciones vinculadas a la actividad extractiva, como por ejemplo cintas de transporte o sus anclajes, oficinas, almacenes u otras construcciones que ya no tengan una utilidad en el contexto de la restauración, deben ser retiradas una vez ha terminado el proceso productivo y, en todo caso, antes de finalizar las operaciones de restauración. Igualmente, las escombreras deben ser integradas morfológicamente en el paisaje y restauradas, tal como establece específicamente el Real decreto 975/2009. La presencia de estas estructuras dificulta la integración paisajística de las áreas restauradas y facilita su marginalización. Por lo tanto, se debe indicar su existencia. Sin embargo, no es lo mismo la presencia de restos de una planta de hormigón que la de la caseta de una báscula, por lo que también es importante reportar las dimensiones y la superficie que ocupa. Estas medidas se pueden tomar de forma aproximada.

Igualmente que para otros ítems, se pide la localización de estas estructuras sobre un mapa o una ortofotoimagen, que se puede incluir en un anexo junto con el resto de cartografía de la zona.

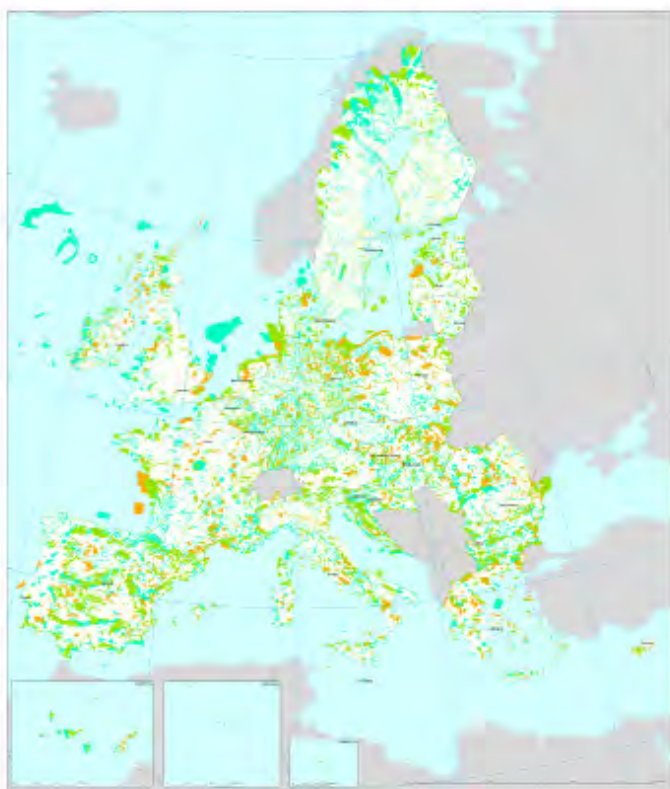


**Figura 28.** La presencia de construcciones e instalaciones abandonadas dificulta la integración paisajística de las áreas restauradas y favorece su degradación (fotografías: V. Carabassa).

### 3.6 Restauraciones en espacios de la red Natura 2000

En el caso de restauraciones efectuadas dentro de los límites de zonas incluidas en la red Natura 2000, se debe prestar especial atención a los planes y medidas de gestión establecidas por la Administración competente encaminadas a la protección de los hábitats o especies concretas en aquel espacio. La restauración de la actividad extractiva puede ofrecer la oportunidad de crear algún hábitat de interés comunitario o favorecer

a una determinada especie protegida. Si bien el objetivo de este protocolo no es evaluar específicamente las actuaciones en espacios naturales protegidos, puede aportar información suficiente en muchos casos sobre la calidad de la restauración. En este caso, sin embargo, sería conveniente complementarlo con evaluaciones concretas sobre los hábitats o las especies que estén protegidas en aquel lugar, trabajo que debe ser realizado por especialistas. Por lo tanto, este tipo de evaluaciones específicas quedan fuera del alcance de este manual.



- Directiva Aves (SPA) ■
- Directiva hábitats pSCI, SCI, SAC ■
- Sitios pertenecen a ambas Directivas ■

Fuente: NATURA 2000 - DG ENV

## 4. Transformación de los datos a unidades de calidad ambiental

Una vez rellenos los formularios de campo y obtenidos los resultados del conjunto de los parámetros de evaluación, es el momento de interpretarlos para poder sacar conclusiones. La interpretación se basa en las denominadas funciones de transformación establecidas para cada uno de los parámetros. Estas funciones sirven para traducir los valores de los diferentes parámetros/indicadores, medidos en las respectivas unidades, a Unidades de Calidad Ambiental (UCA). Son elaboradas por expertos que asignan un determinado valor de calidad ambiental al correspondiente valor de un parámetro en el rango de variación esperable. Por lo tanto, las UCA son una medida relativa de la calidad de un factor ambiental respecto a unos valores o rangos de referencia que definen situaciones óptimas, críticas e intermedias. Para definir estas situaciones, las UCA toman valores entre 0 y 1 para cada uno de los parámetros evaluados, que representan el mínimo y el óptimo de calidad ambiental, respectivamente. En el supuesto de que a alguno de los

parámetros evaluados le corresponda un valor de UCA menor a 0,5 se recomienda la adopción de medidas correctoras. Sin embargo, cuando una zona restaurada ya se encuentra en periodo de garantía puede ser inviable o muy costoso incidir en la corrección de algunos de los aspectos evaluados como deficientes (calidad del suelo, riesgo geotécnico, adaptación geomorfológica, etc.). Para evitar que estas situaciones se produzcan al final del periodo de garantía es conveniente realizar el control durante las diferentes fases de la restauración, así resultará más fácil y menos costoso corregir aquellos aspectos en los cuales se hayan detectado deficiencias o situaciones críticas.

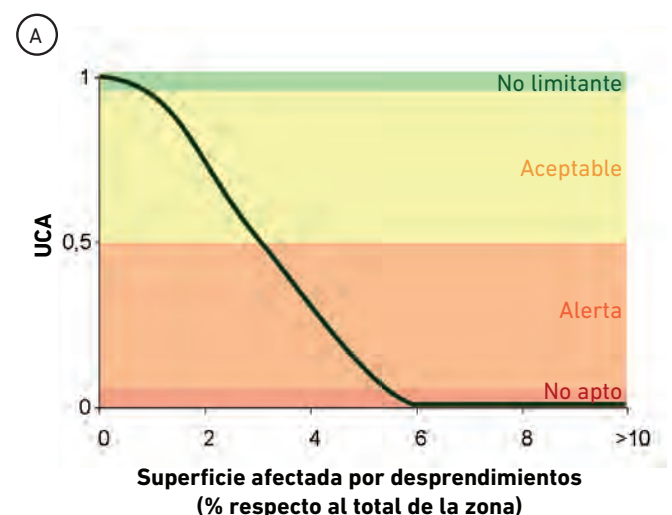
Seguidamente se presentan las funciones de transformación propuestas para los diferentes parámetros de evaluación, agrupadas en ocho categorías: riesgo geotécnico, red de drenaje, erosión/problemas físicos, calidad de los sustratos, vegetación, integración paisajística, conecti-

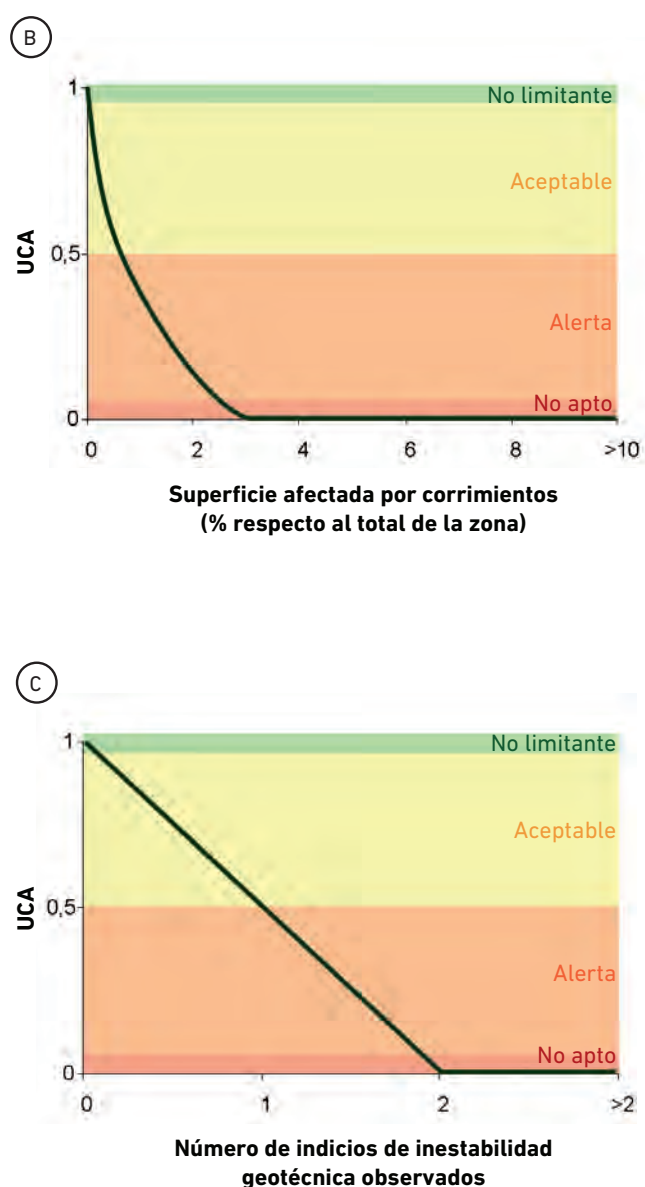
vidad ecológica/fauna y acciones antrópicas impactantes. Las funciones de transformación que se presentan son el resultado de un proceso de integración de información bibliográfica, datos experimentales y consulta a expertos por lo que pueden ser un instrumento de interpretación de los datos de la restauración válido para la mayoría de casos. Restauraciones con características especiales podrían requerir interpretaciones también específicas de algunos parámetros.

### Riesgo geotécnico

Para la evaluación de este aspecto se tienen en cuenta tres parámetros: *caída de bloques y piedras, deslizamientos y desprendimientos, y presencia de indicios de otros procesos de inestabilidad geotécnica*. La caída de piedras y los deslizamientos se valoran mediante la medida de la superficie afectada por estos procesos, mientras que la presencia de indicios de inestabilidad se valora de forma cualitativa.

La transformación de los valores de estos parámetros a UCA se realiza simplemente mediante funciones decrecientes (véase la figura 29). El valor crítico (UCA=0) para el parámetro superficie afectada por la caída de bloques se ha fijado cuando el área afectada supera el 6% de la superficie de la zona, o cuando la superficie afectada sobrepasa los 5.000 m<sup>2</sup>. Este valor límite es superior al del parámetro *superficie afectada por deslizamientos*, que se ha fijado en el 3% de la superficie de la zona, o cuando ésta es mayor a 2.500 m<sup>2</sup>. El hecho de que el criterio de calidad ambiental para el parámetro deslizamientos/desprendimientos sea más restrictivo que para





**Figura 29.** Funciones de transformación y valores de calidad ambiental para los parámetros de evaluación del riesgo geotécnico.

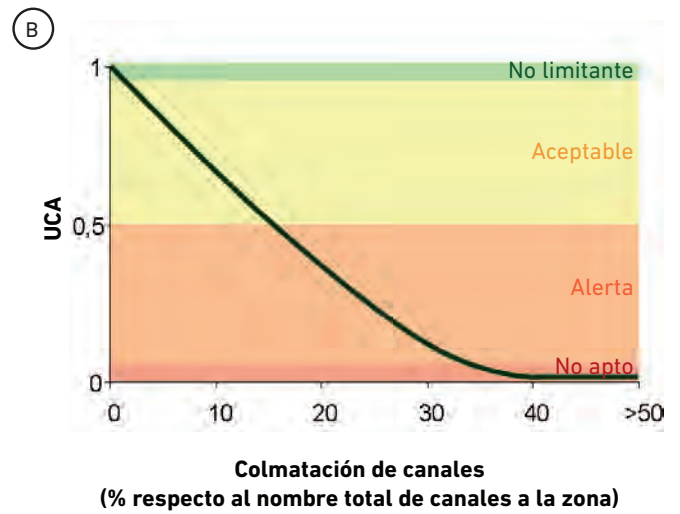
el de la caída de piedras/bloques se debe a que se considera que los deslizamientos o desprendimientos suponen una inestabilidad o defecto de mayor riesgo que la caída de piedras.

### Red de drenaje

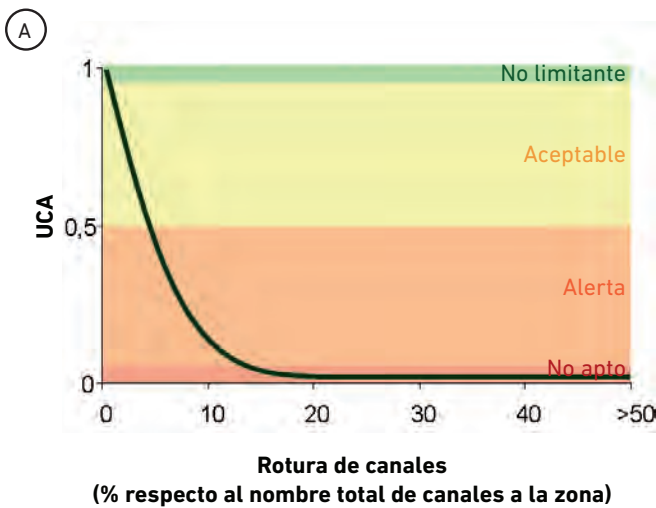
Este aspecto se desglosa en tres parámetros de evaluación: rotura, colmatación y funcionalidad de los canales. Con ellos se evalúa el estado de la red de drenaje y si esta cumple la función para la cual ha sido diseñada. Los indicadores utilizados son todos cuantitativos, lo que permite establecer un sistema de evaluación más preciso que discrimina bien situaciones diferentes (véase la figura 30).

El indicador propuesto para el parámetro rotura de canales es el porcentaje de canales rotos. La función de transformación es similar a la de los parámetros de riesgo geotécnico, lineal decreciente. Se considera que el estado

de la red de drenaje es crítico (UCA=0) cuando hay más de un 20% de los canales rotos. Para el parámetro colmatación de canales el indicador propuesto es el porcentaje de canales que se encuentran en esta situación. La función de transformación también es lineal decreciente, situándose el valor crítico a partir de un 40% de canales colmatados.



**Figura 30.** Funciones de transformación y valores de calidad ambiental para los parámetros rotura y colmatación de canales.



El parámetro *funcionalidad de la red de drenaje* se evalúa mediante tres indicadores: porcentaje de canales erosionados, porcentaje de canales revegetados y porcentaje de canales no funcionales. La función de transformación que se propone para estos tres parámetros es la siguiente:

$$UCA \text{ (funcionalidad)} = (Cr - 2Cnf - Ce) / 100$$

siendo  $C_r$  el porcentaje de canales revegetados,  $C_{nf}$  el porcentaje de canales no funcionales y  $C_e$  el porcentaje de canales erosionados.

El valor óptimo ( $UCA = 1$ ) se obtiene cuando la totalidad de los canales de la red evacúan el agua correctamente y están bien conservados (no se observan signos de erosión) o revegetados. A partir de este óptimo, el valor de UCA decrece en función del porcentaje de canales no revegetados, penalizando la presencia de canales no funcionales y los erosionados. Como se puede ver en la fórmula, la presencia de canales no funcionales penaliza más que la de canales erosionados o socavados, puesto que se trata de canales que no realizan la función para la que han sido diseñados, lo cual incrementa el riesgo de erosión.

### Erosión/Problemas físicos

Dentro de este grupo se han incluido los parámetros: superficie afectada por procesos erosivos, volumen de suelo perdido, recubrimiento efecti-

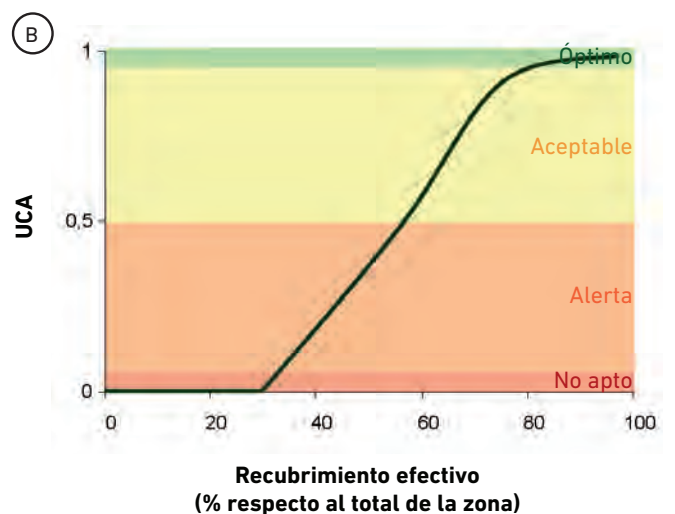
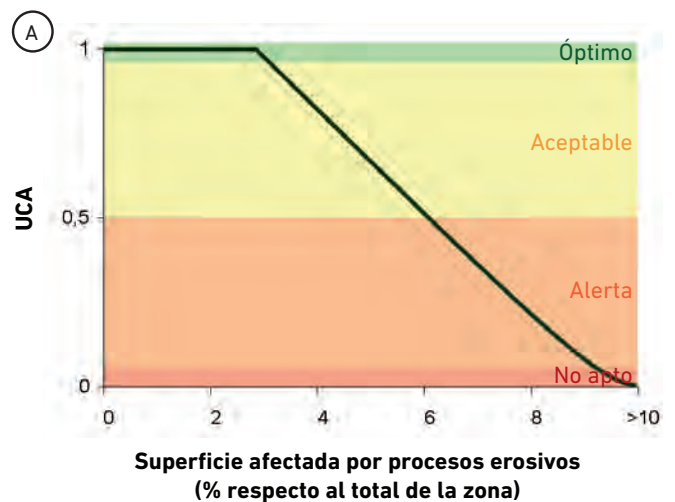
vo del suelo y presencia otros procesos erosivos o de degradación. El primero se valora mediante la superficie afectada por procesos erosivos, expresada de forma relativa a la superficie total de la zona. El recubrimiento efectivo también se valora mediante el porcentaje de la superficie de la zona que presenta algún tipo de recubrimiento. El volumen de suelo perdido se expresa de forma relativa a la superficie afectada y a los años transcurridos desde la colocación del sustrato edáfico. Finalmente, la presencia de otros procesos erosivos se evalúa de forma cualitativa, contando el número de indicios de estos procesos (véase la figura 31).

La superficie afectada por procesos erosivos es un indicador de la extensión del proceso en la zona restaurada. Su evaluación de forma relativa a la superficie de la zona pretende ponderar la magnitud de la afectación en función de la extensión de la zona restaurada. Como se puede ver en la figura 31, hasta un 3% de afectación de la superficie restaurada se considera un resul-

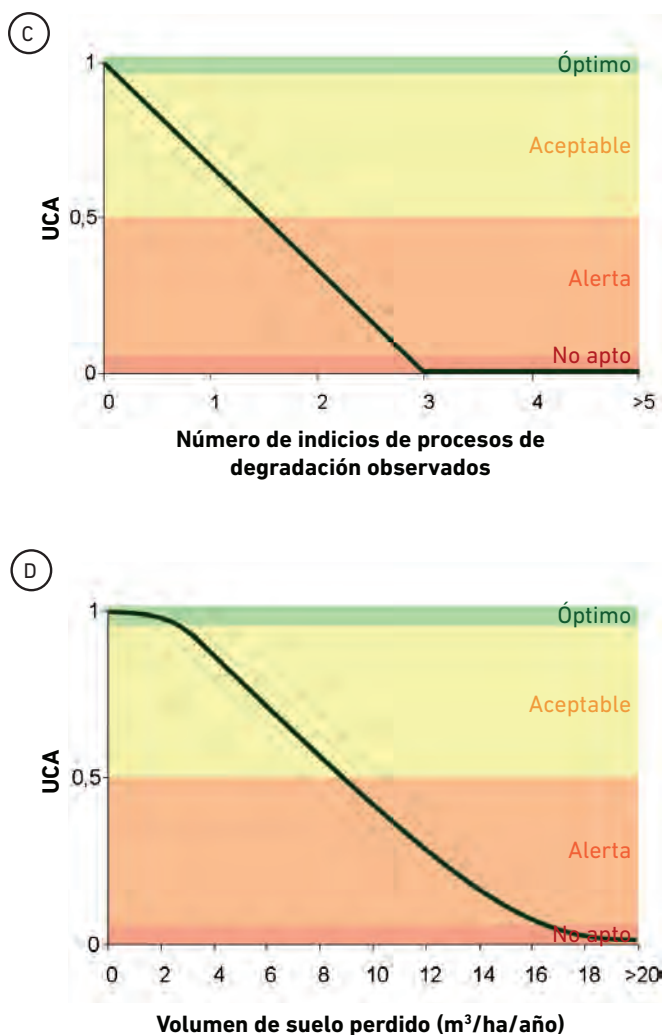
tado óptimo. Esta tolerancia es debida a que la erosión suele ser un fenómeno natural inevitable en bastantes casos, principalmente cuando el suelo está desnudo, justo después del tendido del sustrato edáfico.

Del mismo modo que la superficie afectada por procesos erosivos evalúa la extensión del proceso, el volumen de suelo perdido da información sobre su intensidad. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, tanto para la determinación de la superficie afectada cómo para el volumen de suelo perdido, sólo se tienen en cuenta los procesos activos, de forma que no se contabilizarán aquellos surcos de erosión que presenten vegetación en su interior. De manera parecida al caso de la superficie afectada por erosión, se ha fijado un valor tolerable de  $3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , por debajo del cual este parámetro todavía se sitúa dentro de un rango óptimo ( $\text{UCA}=1$ ). El límite crítico, a partir del cual la calidad ambiental se considera cero, se ha situado en  $18 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

Otro parámetro incluido en este grupo es el recubrimiento efectivo del suelo. Se trata de un parámetro muy relevante para garantizar la protección del suelo frente a la erosión. A partir de un valor de recubrimiento efectivo del 30% se empieza







**Figura 31.** Funciones de transformación y valores de calidad ambiental para los parámetros referentes a erosión/degradación del suelo.

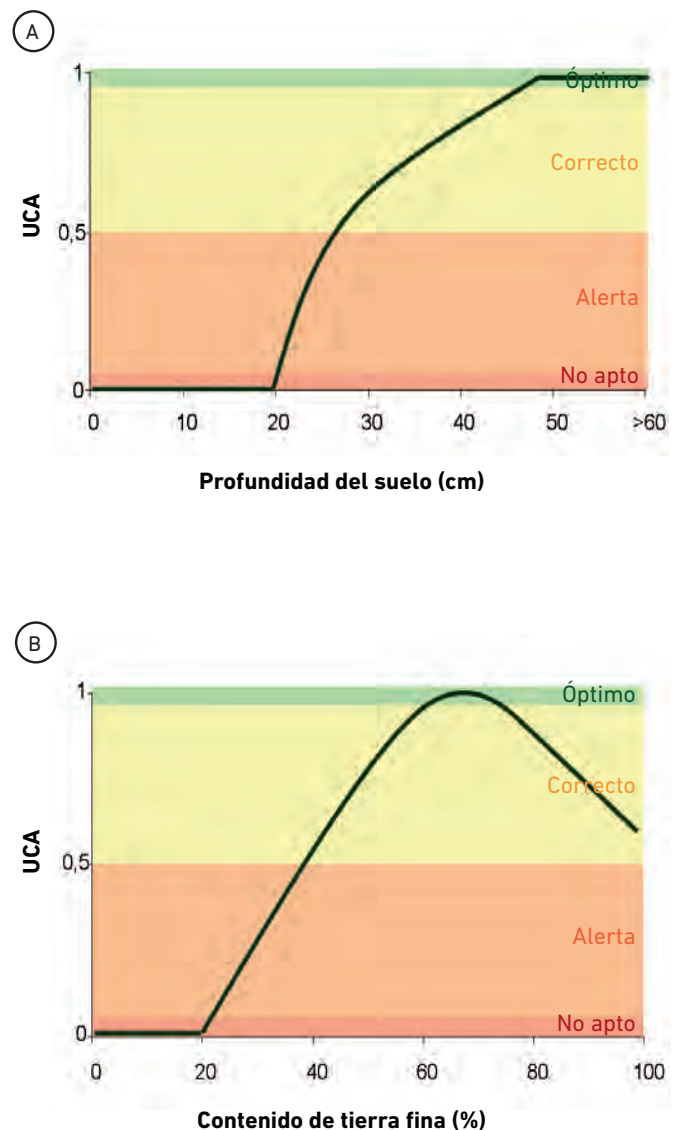
zan a ver efectos significativos sobre la protección del suelo, y a partir del 60% aumenta mucho esta protección, llegando a un máximo por encima del 80% de recubrimiento.

Un último parámetro incluido en este grupo es el referente a otros procesos erosivos o de degradación (formación de costras superficiales, cementación, compactación, erosión laminar, erosión subsuperficial). El indicador propuesto se basa en el número de indicios de estos problemas detectados en la zona restaurada (presencia de pináculos, raíces desnudas, acumulación de sedimentos, galerías, hundimientos, costra superficial, encharcamiento, etc.). Se trata de una aproximación que aporta información sobre otros procesos de degradación que pueden afectar a las zonas restauradas, aparte de la erosión. La función de transformación propuesta penaliza la presencia de estos procesos de forma lineal hasta un máximo de tres procesos diferentes detectados, valor a partir del cual la función toma el valor mínimo (UCA=0).

### Calidad del suelo

El grupo de parámetros de evaluación de la calidad del suelo es uno de los más amplios, con 10 parámetros considerados. Para la determinación de los valores críticos y óptimos aplicados a las funciones de transformación que se proponen en este apartado, se han tomado principalmente como referencia los valores fijados en el *manual de Utilización de lodos de depuradora en restauración* (Alcañiz et al., 2008) y en el *Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo* (Jorba et al., 2010).

En cuanto al parámetro profundidad del suelo, se considera que 20 cm es la profundidad mínima para garantizar un desarrollo aceptable de la vegetación, mientras que a partir de los 50 cm se puede considerar que el grosor de suelo no será un factor limitante para el desarrollo vegetal. De acuerdo con estos valores umbrales se ha establecido la función de transformación, que pre-



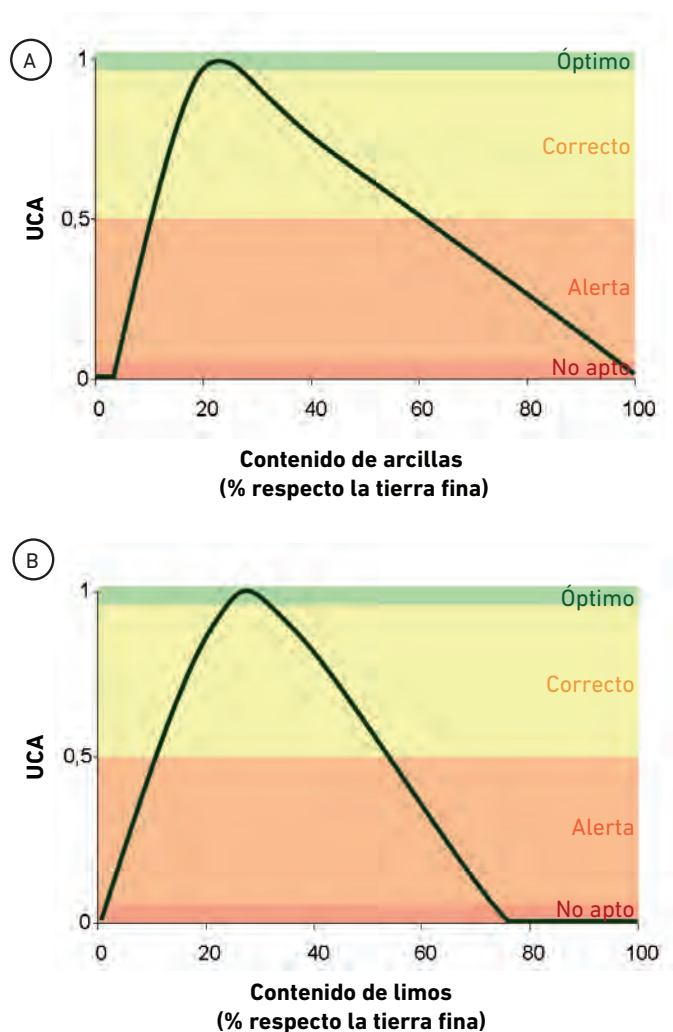
**Figura 32.** Función de transformación a unidades de calidad ambiental (UCA) y valores de la misma para los parámetros grosor de suelo y su contenido de tierra fina.

senta cuatro secciones diferenciadas que definen distintos rangos de calidad ambiental (figura 32).

Otro parámetro relevante dentro de este grupo es el contenido de tierra fina en el suelo restaurado. Para la determinación de los valores umbral se ha tomado como referencia los mismos manuales que para el parámetro grosor de suelo y algunas publicaciones científicas. Así pues, de acuerdo con estas publicaciones, se ha considerado como valor crítico un contenido de tierra fina menor al 20%. Como óptimo se ha fijado el rango entre el 60% y el 80%, puesto que se considera que para disminuir la vulnerabilidad del suelo frente a la erosión, especialmente en zonas con fuertes pendientes, es necesaria una cierta pedregosidad que favorezca la infiltración y la estabilidad. Por esta razón, en el rango comprendido entre el 80% y el 100% la función de transformación es lineal decreciente, llegando a un mínimo de 0,6 UCA (figura 32).

Para determinar la función de transformación referente al contenido de arcillas se ha toma-

do como referencia el triángulo de clasificación textural propuesto por USDA y las indicaciones de los manuales citados anteriormente. Estos



**Figura 33.** Función de transformación a unidades de calidad ambiental (UCA) y valores de calidad ambiental para los parámetros referentes a textura del suelo (contenido de arcillas y de limos).

manuales fijan en un 5% de arcillas el valor mínimo para considerar un suelo apto para la restauración. Así mismo, el valor óptimo se considera que se sitúa en el rango 20-30%, que es el contenido de arcilla que presenta un suelo de textura franca (figura 33).

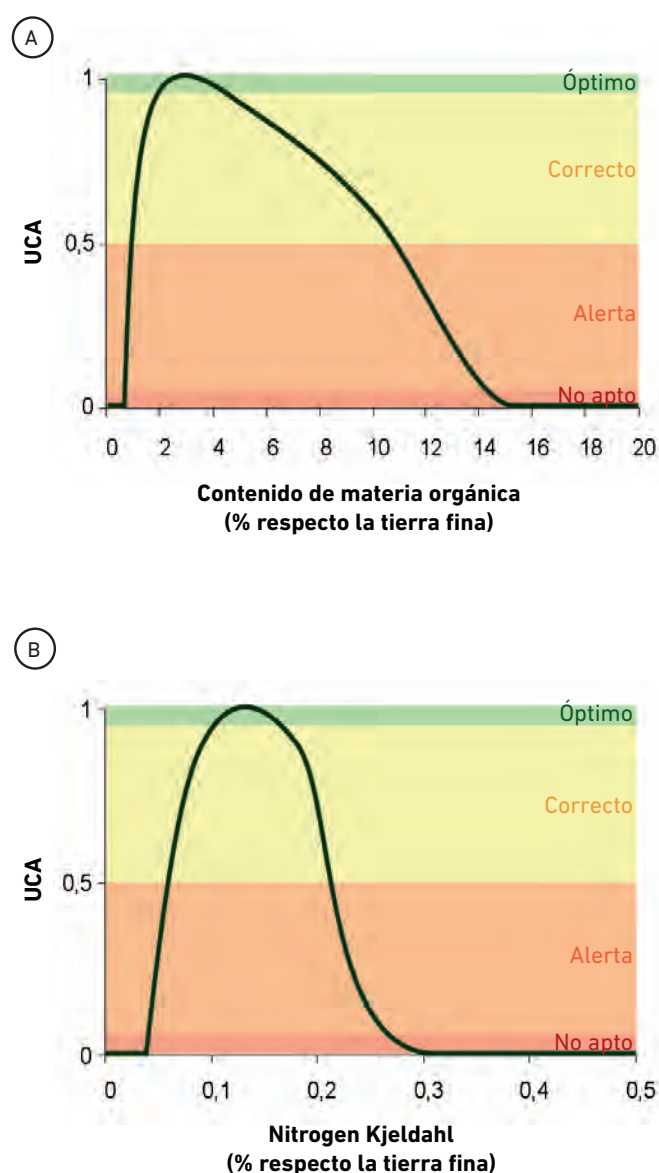
Para la definición de las funciones de transformación del indicador contenido de limos se ha tomado también como referencia el triángulo textural propuesto por el USDA y las indicaciones contenidas en el manual de aplicación de lodos en restauración (figura 33). Así pues, se considera que se pueden producir problemas físicos vinculados a la textura del suelo cuando el contenido de limos sobrepasa el 75%. Un suelo con un contenido de limos superior al 75% se considerará limoso, y presenta una elevada vulnerabilidad respecto a la erosión y otros problemas de degradación física. En cambio, un suelo con un contenido de limos entre un 20% y un 40% se consideraría franco, por lo que no habría que esperar limitaciones físicas asociadas a este parámetro. Estos dos indicadores (proporción de arcillas y

de limos) definen el parámetro textura en este manual (por lo tanto, la proporción de arenas se considera de forma implícita). Para la puntuación de este parámetro se propone tomar el valor de UCA menor obtenido en las respectivas funciones de transformación, con el objetivo de resaltar las posibles limitaciones vinculadas a una textura desequilibrada del sustrato edáfico. El contenido de materia orgánica es también un parámetro relevante en la evaluación de la calidad de los sustratos. En este caso se ha definido una función de transformación en la cual hay dos tramos que definen valores críticos, por carencia y por exceso (figura 34). Los valores críticos por escasez de materia orgánica se sitúan por debajo del 0,8%. También se ha fijado un valor umbral que penaliza contenidos excesivos de materia orgánica, con la finalidad de evitar vertidos o aportaciones excesivas de residuos orgánicos. Este valor se ha fijado en un 15% para evitar penalizar suelos con altos contenidos naturales de materia orgánica, a pesar de que seguramente se podría rebajar,

puesto que los suelos muy orgánicos no son habituales en nuestro país. Los valores óptimos se han fijado en contenidos de materia orgánica de entre 2% y 6%.

En cuanto al nitrógeno (N Kjeldahl) se ha establecido una función de transformación definida por un primer intervalo, para contenidos de N inferiores a 0,04%, que representarían un déficit de N (UCA=0). Los valores óptimos estarían comprendidos entre el 0,12% y el 0,2%, mientras que valores superiores a 0,3% supondrían un exceso (figura 34), que también suelen ir asociados a aportaciones excesivas de residuos orgánicos.

A efectos de otorgar una puntuación final a este apartado, la materia orgánica y el contenido de nitrógeno se agrupan en un mismo parámetro (materia orgánica/nitrógeno), dada la habitual correlación positiva que hay entre ellos. Este parámetro toma el valor de UCA menor obtenido para ambos, con la finalidad de que queden resaltadas las posibles limitaciones existentes en el suelo o tierra vegetal.

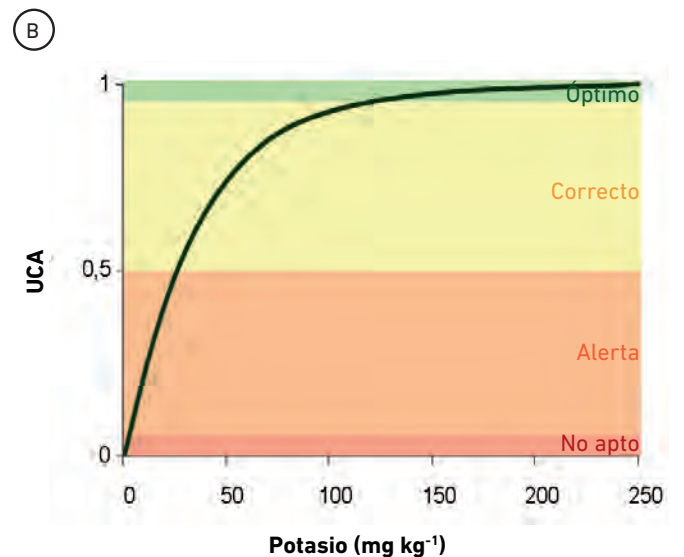
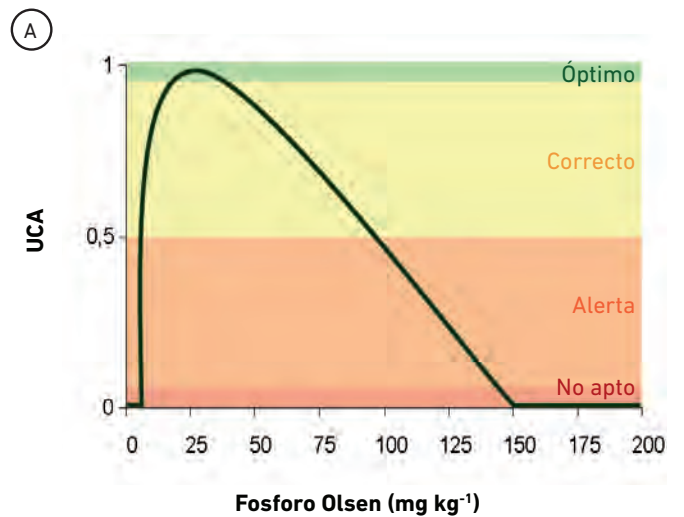


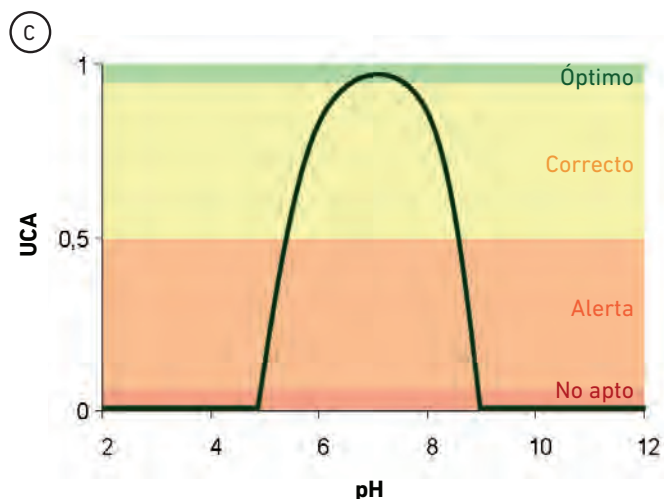
**Figura 34.** Funciones de transformación e intervalos de calidad ambiental para los parámetros materia orgánica y nitrógeno (N Kjeldahl).

El fósforo es un macronutriente esencial, por lo que conviene garantizar que habrá una cantidad disponible suficiente en el suelo, pero a la vez se debe evitar el exceso, debido al riesgo que podría suponer para la calidad de las aguas de escorrentía. Para la transformación del parámetro concentración de fósforo a UCA se ha diseñado una función de transformación con intervalos diferenciados (figura 35). En un primer intervalo, hasta 6 mg kg<sup>-1</sup>, se considera que hay déficit (UCA=0). El segundo intervalo, de 25 a 50 mg kg<sup>-1</sup>, se considera el óptimo, mientras que valores superiores a 150 mg kg<sup>-1</sup> se valoran como excesivos, de forma que la UCA toma el valor de 0.

Igual que el fósforo, el potasio es un macronutriente esencial para las plantas, puesto que interviene en varias funciones vitales. Por lo tanto, es importante garantizar que no habrá un déficit de este nutriente, que además es transferido a los diferentes compartimentos del ecosistema, sobre todo entre productores primarios y sus consumidores. En todo caso, usando valores de referencia de suelos forestales se puede garantizar

que no habrá escasez de potasio por encima de una concentración de 80 mg kg<sup>-1</sup> en la tierra fina. Partiendo de este valor se ha definido la función de transformación, que toma un valor óptimo a partir de los 80 mg kg<sup>-1</sup> (figura 35).





**Figura 35.** Función de transformación e intervalos de calidad ambiental para los parámetros fósforo (Olsen), potasio asimilable y pH.

El pH es un parámetro que aporta información relevante, sobre todo en cuanto a la disponibilidad de los nutrientes minerales. Si se sobrepasan determinados valores pueden aparecer limitaciones importantes en relación a dicha disponibilidad. Así pues, valores de pH inferiores a 5 y superiores a 9,1 pueden comportar limitaciones importantes para el desarrollo de la vegetación si no se han previsto las restricciones que podrían ocasionar estos valores de pH extremos.

Como en el caso de la materia orgánica y del nitrógeno, y con la finalidad de que el grupo de parámetros edáficos tenga un número de ítems de evaluación similar a la de los otros grupos, estos tres indicadores de fertilidad del suelo (fósforo, potasio y pH) se agrupan en un único parámetro que se ha denominado disponibilidad de nutrientes. En su transformación a UCA se tomará el valor menor obtenido de las respectivas funciones de transformación, para poder detectar y reflejar en la evaluación la presencia de posibles limitaciones en cualquier de los tres indicadores considerados.

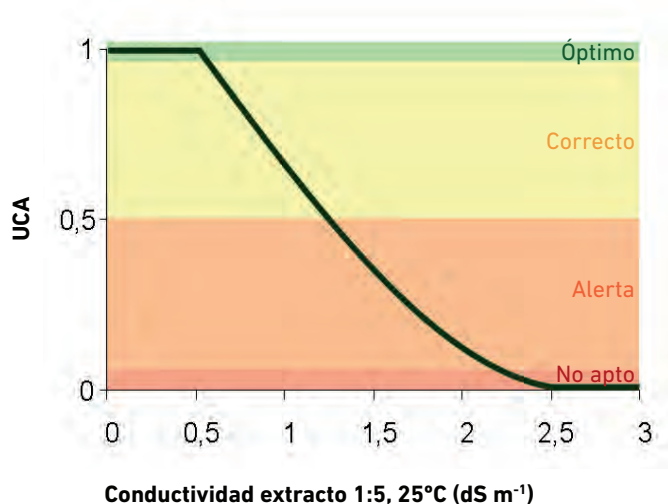
La conductividad eléctrica del extracto en agua obtenido de una muestra de suelo da una idea de la cantidad de sales solubles presentes en el mismo. Por tanto, si obtenemos valores de conductividad elevados de determinado suelo tendremos indicios de que, en este suelo, puede haber concentraciones importantes de sales. La presencia en un suelo de cantidades de sal ele-

vadas implica niveles bajos de fertilidad, debido a que puede causar problemas en el desarrollo vegetal, incidiendo negativamente al progreso de la restauración. Sin embargo, en la naturaleza podemos encontrar suelos salinos, en los cuales se puede desarrollar vegetación halófila, adaptada a estas condiciones si fuera el caso, aunque son pocos los Planes de restauración que pretendan la creación de estos ambientes.

Un método rápido y ampliamente utilizado para determinar la salinidad de un suelo consiste en medir la conductividad eléctrica de un extracto obtenido agitando una muestra de suelo con agua destilada en una proporción 1:5 (peso:volumen), lo que se denomina prueba previa de la salinidad. Para aquellas muestras que presenten valores inferiores a  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$  en la prueba previa (extracto 1:5) se puede afirmar que no existirán limitaciones vinculadas a la salinidad (figura 36), de manera que la calidad ambiental para este parámetro se puede considerar óptima ( $\text{UCA}=1$ ).

En cambio, a partir de valores de conductividad de  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$  en el extracto 1:5 es muy probable que se presenten problemas vinculados a la presencia de sales, por lo que se considera este valor como crítico ( $\text{UCA}=0$ ). Sin embargo, en explotaciones de yeso o de sales es habitual que el valor de conductividad del extracto 1:5 de los sustratos utilizados en la restauración edáfica sea mayor a  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ . Para estos casos es conveniente realizar una valoración específica de este parámetro y se recomienda medir la conductividad del extracto denominado de pasta saturada, que da una idea mucho más ajustada de la cantidad de sales presentes en un suelo. En estos casos, el valor crítico de conductividad del extracto de pasta saturada a partir del cual se puede considerar que habrá limitaciones, se sitúa en  $5 \text{ dS m}^{-1}$ .





**Figura 36.** Función de transformación e intervalos de calidad ambiental para el parámetro conductividad eléctrica del extracto 1:5 que evalúa la salinidad del sustrato.

Un último parámetro referente a calidad del sustrato es la presencia de impropios en el sustrato edáfico (en algunas publicaciones se denominan artefactos de origen humano). El indicador que se ha seleccionado para cuantificar este parámetro consiste en el número de puntos del conjunto de la zona en los cuales se ha detectado presencia de impropios. Para traducir estos valores a UCA se han fijado los rangos de calidad ambiental siguientes:

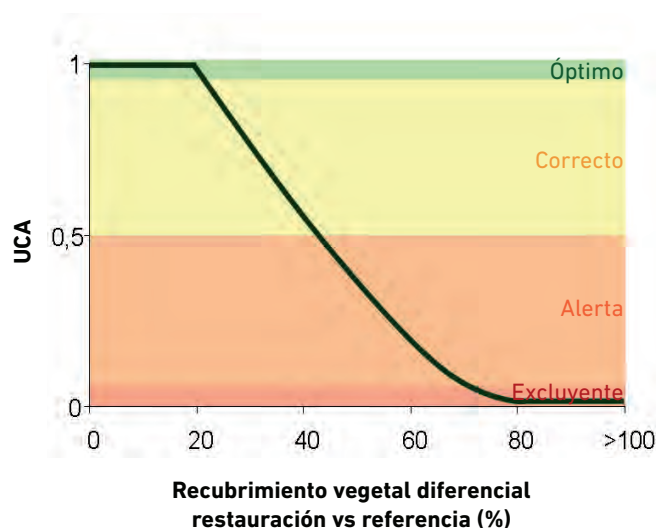
Número de puntos con impropios	UCA	Interpretación
0	1	Óptimo
1-2	0,8-0,6	Tolerable
3-4	0,4-0,2	Alerta
>4	0	No apto

### Vegetación

Los aspectos evaluables a incluir en este grupo contemplan hasta seis parámetros distintos: recubrimiento vegetal relativo al del control o sistema de referencia, proporción de leñosas propias del sistema de referencia, densidad de leñosas, riqueza florística, superficie ocupada por especies exóticas/invasoras y reclutamiento de leñosas.

El parámetro recubrimiento vegetal incluye los indicadores: recubrimiento herbáceo y recubri-

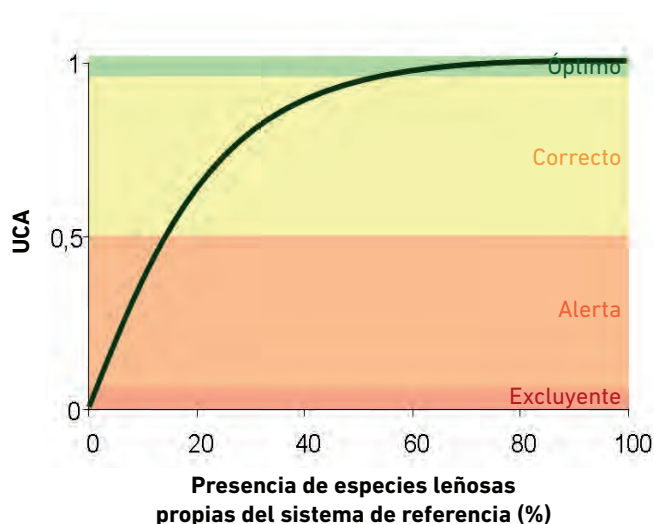
miento leñoso. Para interpretar estos valores de recubrimiento se propone calcular para cada uno de ellos lo que se denomina recubrimiento vegetal diferencial. Entendemos por recubrimiento herbáceo/leñoso diferencial la diferencia entre el recubrimiento medio en la zona de referencia y el recubrimiento medio en la zona restaurada. Cuanto mayor sea la diferencia entre el recubrimiento en la zona de referencia y en la zona evaluada, menor será la calidad ambiental de la zona evaluada (véase la figura 37). Sin embargo, cuando el recubrimiento de leñosas sea superior en la zona evaluada que en la de referencia, no penaliza y la UCA para este indicador toma un valor óptimo (UCA=1). En cambio, cuando el recubrimiento herbáceo es superior en la zona restaurada que en la de referencia se seguirá la interpretación que establece la figura 37, puesto que un excesivo desarrollo herbáceo puede suponer un impedimento para el establecimiento de la vegetación leñosa en la zona restaurada.



**Figura 37.** Función de transformación a unidades de calidad ambiental para el parámetro recubrimiento vegetal de herbáceas y de leñosas.

Para obtener un valor conjunto de UCA para los dos tipos de recubrimiento se propone realizar la media entre los valores obtenidos por separado, siempre que los valores de calidad ambiental para el recubrimiento de leñosas sean superiores a 0. En el caso de que las UCA para el recubrimiento de leñosas tomen un valor de 0, la calidad ambiental para el parámetro recubrimiento vegetal relativo al sistema de referencia será también 0.

El parámetro referente a la diversidad de plantas leñosas se mide mediante el indicador *presencia de leñosas propias del sistema de referencia*. Se trata de un indicador que también se basa en la comparación con la zona de referencia. Se considera un buen resultado cuando en la zona evaluada se identifican más del 50% de las especies presentes en la referencia y por ello la calidad ambiental toma el valor de 1 (véase la figura 38).

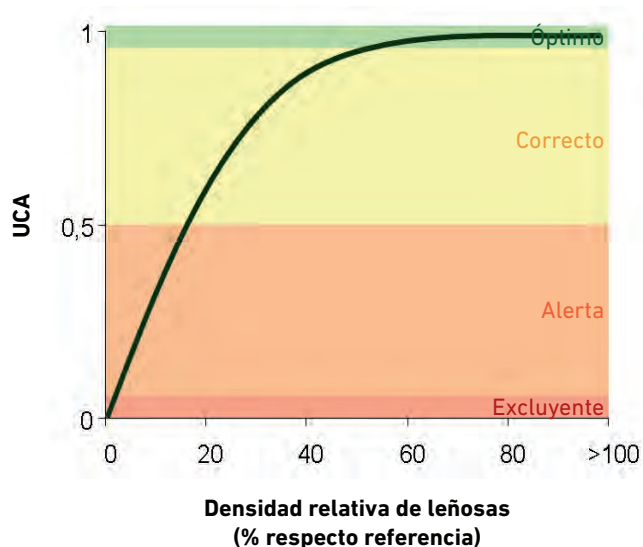


**Figura 38.** Función de transformación a unidades de calidad ambiental para el parámetro especies leñosas propias del sistema de referencia.

Una evaluación cuidadosa de los estratos arbustivo y arbóreo, además de determinar el recubrimiento y la diversidad, requiere fijarse también en la abundancia relativa de cada especie leñosa, es decir, la proporción de individuos de esa especie localizados en la zona restaurada en relación a los presentes en la referencia. Para aquellas especies presentes en ambas zonas se calculará su densidad relativa, es decir, en comparación con la densidad en la zona control.

Para la evaluación de la densidad relativa de leñosas en las zonas restauradas (véase figura 39) se debe prestar atención principalmente a aquellas zonas donde la densidad es apreciablemente menor que en la referencia, ya que este hecho puede suponer una ralentización considerable en la consecución de los objetivos fijados en el plan de restauración, o incluso la evolución hacia formaciones vegetales distintas a la referencia.

Debido a que la evaluación de la densidad se hace para cada especie, para obtener una valoración conjunta del parámetro densidad de leñosas se propone calcular la media de los valores de UCA obtenidos para las cuatro especies leñosas más abundantes en la referencia.



**Figura 39.** Función de transformación e intervalos de calidad ambiental para el parámetro densidad relativa de leñosas.

Otro indicador de calidad de la revegetación es la entrada espontánea de plantas leñosas en la

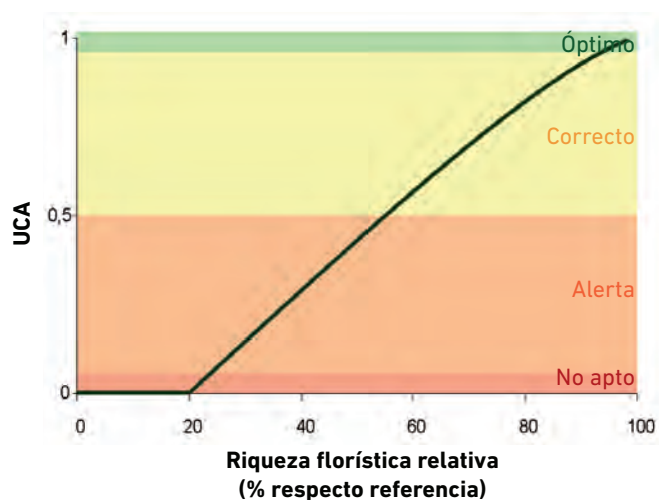
zona evaluada, lo que se conoce como reclutamiento de leñosas. Si se detecta la entrada natural de plantas en la zona restaurada podemos afirmar que no existen limitaciones para su reclutamiento, lo que ayudará a acelerar la recuperación de la zona. Para la interpretación de este parámetro se propone una simple transformación a UCA en función del número de especies leñosas reclutadas, sin incidir en la abundancia intraespecífica de cada una. Los rangos que definen las UCA son:

Número de especies reclutadas	UCA	Interpretación
>2	1	Óptimo
2	0,6	Correcto
1	0,3	Alerta
0	0	No apto

El número de especies herbáceas presentes en la zona evaluada, relativo a la referencia, es lo que se denomina riqueza florística diferencial. En condiciones habituales, es frecuente que en las zonas restauradas haya una mayor diversidad de herbáceas que en la de referen-

cia, aunque también es posible que las especies presentes en la zona evaluada sean diferentes, representantes de fases iniciales de la sucesión vegetal. En este contexto, el indicador de riqueza florística diferencial permite detectar situaciones en las que hay un predominio de una o pocas especies herbáceas en la zona evaluada, que pueden comprometer el desarrollo de otras especies que lleguen de forma espontánea.

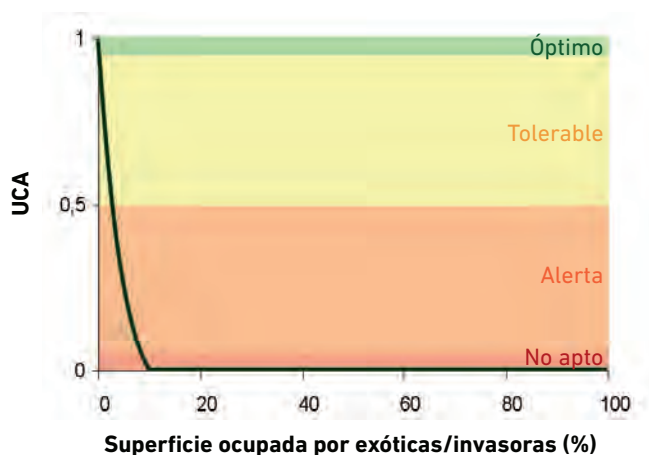
Para la interpretación de estos resultados se propone fijar un valor crítico del 20%, es decir, cuando en la zona evaluada hay menos de un 20% del número de especies presentes en la referencia, la función de transformación toma un valor de 0. Cuando en la zona evaluada hay más diversidad que en la referencia, se considera que no hay problemas de exclusión de especies, y por tanto la función de transformación toma un valor máximo (UCA = 1). De acuerdo con esto, los intervalos de calidad ambiental para el parámetro riqueza florística quedan representados en la figura 40.



**Figura 40.** Función de transformación e intervalos de calidad ambiental (UCA) para el parámetro riqueza florística relativa a la zona de referencia.

Controlar la entrada de especies exóticas / invasoras en la zona restaurada es importante, ya que estas zonas son susceptibles a la aparición de estas plantas. Para el parámetro recubrimiento por especies exóticas y / o invasoras se ha tomado como valor de referencia el que establece el Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo (figura 41). Este manual establece un valor umbral del 10% de superficie ocupada por estas especies en una zona restaurada, es decir, a partir de un 10% de recubrimiento por exóticas / invasoras se consi-

dera que la calidad ambiental es mínima (UCA = 0). Por lo tanto, los valores máximos de calidad ambiental se obtendrán cuando no se detecte la presencia de estas especies en la zona evaluada.



**Figura 41.** Función de transformación e intervalos de calidad ambiental (UCA) para el parámetro superficie ocupada por exóticas / invasoras.

### Integración paisajística

La integración paisajística es un aspecto de difícil evaluación cuantitativa, y por tanto, susceptible de ser interpretada de forma subjetiva. Los parámetros de evaluación propuestos en este apartado, a pesar de ser mayormente cualitativos, se basan en observaciones objetivables que permiten hacer una evaluación.

Uno de los parámetros considerados es la integración cromática / textural. Este parámetro evalúa eminentemente la integración visual de las áreas restauradas, aunque también da información del progreso de la restauración en comparación con la referencia. Para la evaluación de este parámetro no se propone una función de transformación en UCA, sino una asignación directa en función de las apreciaciones siguientes observadas al comparar el área evaluada con el sistema de referencia:

**Tabla 4.** Rangos de calidad ambiental (UCA) para diferentes grados de integración cromática / textural de las áreas restauradas en comparación con el paisaje del entorno.

Grados de integración cromática / textural	UCA	Interpretación
Mismo color, misma intensidad, textura convergente	1	Óptimo
Mismo color, misma intensidad, textura divergente	0,75	Tolerable
Mismo color, diferente intensidad, textura convergente	0,75	Tolerable
Mismo color, diferente intensidad, textura divergente	0,50	Alerta
Distinto color, textura convergente	0,25	Alerta
Distinto color, textura divergente	0	No apto

Entre los diferentes aspectos que intervienen en la integración paisajística de las áreas restauradas, la geomorfología del relieve final es uno de los más relevantes, aunque puede ser difícil de objetivar. Para reducir las valoraciones subjetivas se propone una puntuación que penalice la

presencia de morfologías artificiales (escalonado marcado del terreno, por ejemplo), o que no están presentes en el entorno paisajístico en el que se integra el área restaurada (por ejemplo, relieve tabular o plataformas elevadas en una zona de montañas de perfil ondulado). En el caso de que existan estas morfologías no armónicas la función de transformación toma un valor mínimo (UCA = 0), mientras que si las geoformas están presentes en el entorno o concuerdan con el paisaje la función de transformación toma un valor máximo (UCA = 1).

El último parámetro evaluado dentro de este grupo hace referencia a la red de caminos. Este parámetro integra tres indicadores: longitud de los caminos y pistas, anchura media de los caminos y su conexión con la red exterior. La función de transformación para este parámetro se basa en la suma de penalizaciones en función de los resultados obtenidos por los tres indicadores. La siguiente tabla resume los criterios de penalización / bonificación para cada indicador, referidos al conjunto de la red de caminos.

**Tabla 5.** Recopilación de penalizaciones para la determinación de la calidad ambiental del parámetro red de caminos.

Penalización por densidad de caminos (m/ha)	Penalización por anchura (m)	Conexión con la red exterior de caminos/acceso a puntos de interés
Densidad <150 m/ha: (0,0067 x densidad) puntos	de 3 a 6 metros: 0,25 puntos	Sin conexión/sin acceso a puntos de interés: 0,25 puntos
Densidad >150 m/ha: 1 punto	>6 metros: 0,5 puntos	con conexión/con acceso a puntos de interés: -0,25 puntos

Teniendo en cuenta estos criterios, la función de transformación propuesta es la siguiente:

$$UCA (red de caminos) = 1 - \sum_{penalizaciones}$$

Finalmente, el conjunto de parámetros referentes a la integración paisajística se pondereará de forma conjunta en función de la cuenca visual del área restaurada. El cálculo del factor de ponderación por cuenca visual se hará de la siguiente manera:

Factor cuenca visual = 0,1 x (número de puntos vulnerables o de elevado potencial)

Así pues, se multiplicará por un factor (0,1) la suma del número de puntos de elevado potencial de visualización o de interés turístico situados a menos de 10 km del área restaurada y desde los cuales es visible. El resultado del cálculo de ese factor de cuenca visual se restará al valor de UCA obtenido por aquellos parámetros referentes a integración paisajística que hayan obtenido un valor de UCA inferior a 0,75. Por lo tanto, aquellas restauraciones que estén dentro del rango de alerta para algún parámetro referente a integración paisajística y que sean visibles desde puntos vulnerables o de elevado potencial de visualización serán penalizadas por el factor de cuenca visual.



### Conectividad ecológica / Fauna

En cuanto a la conectividad ecológica, se plantea la evaluación a partir de cuatro parámetros diferentes. Se trata, por una parte, de evaluar el esfuerzo realizado para fomentar la conectividad ecológica y, por otra, de valorar la eficacia de este esfuerzo. De esta manera se integra la valoración referente a conectividad ecológica con la valoración de la presencia de fauna, ya que se trata de dos aspectos íntimamente ligados.

El primer aspecto propuesto para evaluar la conectividad ecológica es la presencia de barreras ecológicas. Para este parámetro se propone una transformación a UCA que penaliza la presencia de estas barreras, sin hacer distinción entre ellas. Así pues, cuando no hay barreras ecológicas la UCA toma un valor de 1. Por el contrario, cuando las barreras están presentes el valor de UCA es 0. Por tanto, se trata de evitar, siempre que sea posible, la presencia de cualquier tipo de barreras ecológicas.

Para el caso de refugios para la fauna se propone un modelo similar al anterior, tomando el valor UCA = 1 cuando se han preparado refugios / estructuras para la fauna, y UCA = 0 cuando no se han construido, de manera que se fomentan aquellas restauraciones que han tenido en cuenta este aspecto. Tampoco se distingue el tipo de estructura que se ha creado, sino que se considera tan solo el hecho de que se haya incluido esta medida en la restauración.

En cuanto a la presencia de plantas leñosas con fruto carnoso que atraen a la fauna, en la respectiva función de transformación se utilizan dos indicadores: número de especies que dan fruto carnoso, y abundancia de individuos de cada especie. De esta manera se valora la variedad de plantas leñosas que pueden proporcionar alimento, y también la cantidad de alimento disponible mediante una estimación o recuento del número de pies. A partir de estos dos indicadores, la función propuesta es:

$$UCA \text{ (presencia de plantas leñosas con fruto carnoso)} = 0,25N + 0,125A$$

siendo N el número de especies con fruto carnoso y A la abundancia global. N toma un valor máximo de 2 y A un valor máximo de 4.

Finalmente, el parámetro entrada de fauna se transforma en UCA mediante el sumatorio ponderado del número de indicadores de presencia de fauna detectados en el conjunto del área evaluada (presencia de excrementos, huellas o rastros, avistamientos, madrigueras, etc.), relativo al total de indicadores considerados en el formulario:

$$UCA (fauna) = \sum_{\text{indicadores positivos}} / 12$$

### Acciones antrópicas impactantes

Este grupo se evalúa mediante cuatro parámetros distintos: circulación de vehículos fuera de las vías habilitadas, vertidos incontrolados de residuos, pastoreo y presencia de construcciones o instalaciones en desuso. Se pretende valorar la concurrencia de hechos que pueden poner en peligro el éxito de la restauración y provocar la degradación del espacio.

Para el primer parámetro, circulación incontrolada de vehículos, se propone una función de transformación restrictiva que simplemente penaliza la presencia de este hecho. Por lo tanto, cuando

**Tabla 6.** Resumen de penalizaciones usadas para el cálculo de la calidad ambiental del parámetro vertidos incontrolados.

Penalización por tipología	Penalización por superficie	Penalización por distribución
no presentes: 0	no presentes: 0	no presentes: 0
inertes: 0	<5 m <sup>2</sup> : 0,25	localizada en un punto: 0,25
otros (residuos químicos, aceites, productos tóxicos, etc.): 0,5	5-20 m <sup>2</sup> : 0,5	localizada en más de un punto: 0,5
	>20 m <sup>2</sup> : 1	

se detectan rastros de circulación incontrolada la función de transformación toma el valor mínimo (UCA = 0), y cuando no se detectan el máximo (UCA = 1).

En cuanto a los vertidos incontrolados, dado que se puede presentar una casuística muy variada, se establece un sistema de penalización en función de los valores obtenidos en los diferentes indicadores que se integran en este parámetro (tipología del residuo, superficie ocupada, distribución).

A partir de la suma de estas penalizaciones, la función de transformación toma una forma similar a la utilizada para el caso de la red de caminos:

$$UCA (\text{vertidos}) = 1 - \sum_{\text{penalizaciones}}$$

El pastoreo se considera una práctica a evitar

en las zonas restauradas, al menos durante los primeros años desde las siembras y plantaciones. Es por ello que se penaliza fuertemente la ejecución de esta práctica, tanto si es controlada o no, tomando la transformación a UCA un valor mínimo (UCA = 0) cuando se realiza de forma frecuente y se observan daños sobre la vegetación (herbivorismo) y / o el suelo (compactación), y un valor máximo cuando no se produce (UCA = 1).

Finalmente, la presencia de construcciones o instalaciones abandonadas, incluyendo las ruinas de edificaciones, es el último parámetro considerado en este grupo. La simple presencia de alguno de estos elementos ya penaliza en 0,5 puntos (UCA = 0,5). A partir de aquí, la transformación a UCA toma un valor mínimo (UCA = 0) cuando la superficie ocupada por alguno de estos elementos es superior a 50 m<sup>2</sup> o su altura sobrepasa los 2 m.

## 5. Ponderación de los parámetros de evaluación

Para facilitar la interpretación de los resultados y realizar una jerarquización de estos que ayude a la toma de decisiones y a su priorización, en este capítulo se presenta una propuesta de ponderación de los parámetros de evaluación considerados, otorgando un peso o índice ponderal a cada uno. Este peso se expresa en forma de «unidades de importancia», siendo el valor asignado a cada parámetro el que resulta de la distribución relativa de cien unidades que corresponden al total de parámetros. Por lo tanto, el peso de un parámetro equivale al porcentaje de importancia que tiene en el conjunto de la restauración. El resumen de las ponderaciones atribuidas a cada parámetro se recoge en la tabla 7. El procedimiento de ponderación usado ha consistido en la consulta a un panel de expertos integrado por investigadores especializados en los diferentes ámbitos de la restauración ambiental: técnicos de la Administración competente e ingenieros de minas (facultativos) de distintas empresas extractivas. Se trata, por tanto, de un panel que integra expertos en el estudio, diseño, control y ejecución de los trabajos de restaura-

ción. Además de intervenir en la ponderación de los parámetros de evaluación, el panel de expertos ha participado también en la selección de los mismos, contribuyendo incluso a la concreción del procedimiento de medida de algunos indicadores, por lo que su contribución ha ido más allá de la simple asignación de pesos.

Se procedió a una ronda de consultas individuales anónimas, en dos fases. En una primera se propuso a los expertos una ordenación por importancia de los grupos de parámetros considerados (aspectos geotécnicos, red de drenaje, erosión/problemas físicos, calidad del suelo, vegetación, integración paisajística, conectividad ecológica i acciones antrópicas impactantes). En una segunda se pidió la comparación entre pares de parámetros para posteriormente hacer una asignación de pesos a cada uno. De esta forma, la ponderación final de cada parámetros de evaluación depende de la puntuación que ha obtenido dentro de un grupo de los mencionados y del peso que corresponde a cada grupo (véase la tabla 7).

**Tabla 7.** Ponderación de los parámetros de evaluación de la restauración de acuerdo con el criterio de un panel independiente de expertos.

GRUPO	PARAMETRO	PESO %
Aspectos geotécnicos	Desprendimiento de bloques y / o piedras	4,7
	Deslizamientos o desprendimientos	9,9
	Otros indicios de inestabilidad	3,4
Red de drenaje	Rotura de canales de drenaje (bermas, cordones, bajantes)	7,7
	Relleno de canales de drenaje	3,9
	Funcionalidad de la red de drenaje	3,4
Erosión / problemas físicos	Superficie afectada por procesos erosivos	4,3
	Volumen de suelo perdido	3,7
	Recubrimiento efectivo del suelo	4,5
	Otros procesos de degradación	2,8
Calidad del suelo	Grosor de la capa de suelo repuesto	2,4
	Contenido de tierra fina	2,5
	Textura	1,9
	Materia orgánica / Nitrógeno	2,4
	Salinidad	2,0
	pH / Fósforo / Potasio	2,0
	Presencia de impropios	1,1
Vegetación	Recubrimiento vegetal	2,9
	Diversidad de plantas leñosas	2,6
	Densidad de plantas leñosas	2,0
	Reclutamiento de leñosas	1,7
	Superficie ocupada por especies invasoras	1,7
	Riqueza florística	1,8
Integración paisajística	Integración cromática / textural	3,1
	Integración geomorfológica	7,2
	Red de caminos	1,7
Conectividad ecológica / fauna	Existencia de barreras ecológicas en la transición con el entorno natural	2,1
	Plantas leñosas que dan fruto carnoso	1,3
	Presencia de refugios / estructuras de abastecimiento para la fauna	1,1
	Entrada de fauna	1,9
Acciones antrópicas impactantes	Circulación incontrolada de vehículos	1,6
	Vertidos incontrolados	2,5
	Pastoreo	1,0
	Presencia de construcciones / instalaciones en desuso	1,3

## 6. Interpretación de los resultados de la evaluación

### 6.1. Interpretación global

Una vez definidas las funciones de transformación y atribuido un peso a los distintos parámetros, se puede proceder a la evaluación de los resultados obtenidos en la caracterización de zonas y áreas. El método propuesto permite obtener una valoración global de la restauración en función de los valores de UCA que toma cada parámetro y del peso que le corresponde. En el caso de que el área evaluada se haya subdividido en más de una zona, se debe calcular la puntuación obtenida por los parámetros de zona (aspectos geotécnicos, red de drenaje, erosión / problemas físicos, calidad de los sustratos y vegetación) en cada una de ellas, lo que permite comparar y ver la que está en mejores condiciones. Para obtener la puntuación de los distintos parámetros del conjunto de las zonas situadas en el área evaluada, se debe hacer el promedio de los valores de los respectivos parámetros, ponderando en función de la superficie que ocupa cada zona respecto a la total del área evalu-

ada. Así pues, una vez hecho el cálculo anterior se obtiene el valor de un Índice de Calidad Ambiental (ICA) que refleja la calidad global de una restauración de acuerdo con la ponderación de parámetros establecida.

Se procedió a una ronda de consultas individuales anónimas, en dos fases. En una primera se propuso a los expertos una ordenación por importancia de los grupos de parámetros considerados (aspectos geotécnicos, red de drenaje, erosión/problemas físicos, calidad del suelo, vegetación, integración paisajística, conectividad ecológica i acciones antrópicas impactantes). En una segunda se pidió la comparación entre pares de parámetros para posteriormente hacer una asignación de pesos a cada uno. De esta forma, la ponderación final de cada parámetros de evaluación depende de la puntuación que ha obtenido dentro de un grupo de los mencionados y del peso que corresponde a cada grupo (véase la tabla 7).

## 6.2. Identificación de parámetros limitantes: valores críticos y de alerta

No obstante, con este sistema basado en el ICA, en que las puntuaciones altas de unos parámetros pueden compensar las bajas de otros, una restauración determinada podría obtener una puntuación global elevada a pesar de presentar carencias importantes en algún aspecto que podríamos considerar clave para garantizar el éxito de una restauración. Para evitar las limitaciones de esta interpretación global, se recomienda analizar la puntuación de cada parámetro para ver cuáles son los peores puntuados, que indican donde están los defectos principales de la restauración efectuada. Además, en este manual se fijan los valores mínimos que deben alcanzar los parámetros considerados clave (factores excluyentes) para el éxito de una restauración, y en definitiva para que ésta pueda ser calificada de apta en su conjunto. El criterio utilizado para seleccionar los parámetros clave

es el peso que se les ha otorgado en la ponderación. Aplicando este criterio, y de acuerdo con los pesos indicados en la tabla 7, se han seleccionado como parámetros clave 18 de los 34 parámetros considerados (véase la tabla 8).

De este modo, si alguno de estos parámetros presenta un valor crítico ( $UCA=0$ ), se propone la adopción de medidas correctoras y se señala como NO APTO. Del mismo modo, si alguno de los parámetros clave se encuentra dentro del intervalo de alerta ( $UCA < 0,5$ ) o algún parámetro secundario (no clave) presenta valores críticos ( $UCA = 0$ ), también se recomienda la adopción de medidas correctoras y se señala con una ALERTA.

Con este procedimiento de evaluación se consigue una interpretación de los resultados focalizada en aquellos aspectos más relevantes de la restauración, en la que se identifican los aspectos que se deben corregir para que la calidad de una restauración mejore, al mismo tiempo que se hace una valoración específica de cada parámetro y de la restauración en su conjunto.

**Tabla 8.** Parámetros considerados clave en la interpretación de los resultados, en base al peso asignado.

GRUPO	PARÁMETRO CLAVE
Aspectos geotécnicos	Desprendimiento de bloques y / o piedras
	Deslizamientos o desprendimientos
	Otros indicios de inestabilidad
Red de drenaje	Rotura de canales de drenaje (bermas, cordones, bajantes)
	Relleno de canales de drenaje
	Funcionalidad de la red de drenaje
Erosión / problemas físicos	Superficie afectada por procesos erosivos
	Volumen de suelo perdido
	Recubrimiento efectivo del suelo
	Otros procesos de degradación
Calidad del suelo	Grosor de la capa de suelo repuesto
	Contenido de tierra fina
	Materia orgánica / Nitrógeno
Vegetación	Recubrimiento vegetal
	Diversidad de leñosas
Integración paisajística	Integración cromática / textural
	Integración geomorfológica
Acciones antrópicas impactantes	Vertidos incontrolados

### 6.3. Ejemplos de valoración de la restauración

Seguidamente se muestran los resultados de aplicar el protocolo de evaluación (funciones de transformación y ponderación de parámetros) a una selección representativa de la restauración de tres actividades extractivas realizado

durante una prueba piloto de aplicación del protocolo, llevada a cabo el año 2011. Los resultados se presentan en formato de tablas en las que, en primer lugar, se muestra la valoración específica de las zonas, y en segundo lugar, la valoración conjunta de los parámetros referentes a zona y área. En esta valoración conjunta se indica, por un lado el valor de UCA para cada parámetro, y por otro, el valor de ICA obtenido



ponderando el valor de UCA con el peso de cada parámetro. En el caso de que no se detecten limitaciones graves en los parámetros clave, se asigna una puntuación global de la restauración de acuerdo con la ponderación presentada ante-

riormente. Si resulta que hay algún parámetro clave con UCA < 0,5 o algún parámetro secundario con valores críticos (UCA = 0), se muestra la señal de ALERTA y se recomienda la adopción de medidas correctoras.

**Tabla 9.** Ejemplo de valoración de los resultados relativos a zona en la ACTIVIDAD EXTRACTIVA 1. Se representan en color rojo aquellos parámetros clave con valores críticos (Unidades de Calidad Ambiental = 0), que suponen que la restauración no alcance unos mínimos de calidad. En color naranja se representan aquellos parámetros clave con valores cercanos a los límites aceptables (UCA < 0,5), así como aquellos parámetros secundarios con valores críticos (UCA = 0).

CÓDIGO SIG	402422_4616435
Superficie (m <sup>2</sup> )	14.332
Peso relativo (respecto superficie total área)	1
UCA desprendimiento de bloques y/o piedras	1,0
UCA deslizamientos o desprendimientos	1,0
UCA otros indicios de inestabilidad	1,0
UCA rotura de canales de drenaje	0,0
UCA relleno de canales de drenaje	1,0
UCA funcionalidad red de drenaje	0,0
UCA superficie afectada por procesos erosivos	1,0
UCA volumen de suelo perdido	1,0
UCA recubrimiento efectivo del suelo	0,0
UCA otros procesos de degradación	0,7
UCA grosor de la capa de suelo repuesto	0,0
UCA contenido tierra fina	0,5
UCA textura	0,9
UCA materia orgánica / nitrógeno	1,0
UCA salinidad	0,6
UCA pH / fósforo / potasio	0,3
UCA presencia de impropios	0,4
UCA recubrimiento vegetal	0,0
UCA diversidad de plantas leñosas	0,4
UCA densidad de plantas leñosas	0,4
UCA riqueza florística	1,0
UCA superficie ocupada por especies invasoras	1,0
UCA reclutamiento de leñosas	0,0

**Tabla 10.** Valoración global de los resultados de la evaluación de la ACTIVIDAD EXTRACTIVA 1. Se especifican aquellos parámetros clave con valores críticos (Unidades de Calidad Ambiental = 0), que suponen que la restauración no alcance unos mínimos de calidad (NO APTO), así como aquellos parámetros clave con valores cercanos a los límites aceptables (UCA < 0,5; ALERTA) y aquellos parámetros secundarios con valores críticos (UCA = 0; ALERTA). El Índice de Calidad Ambiental (ICA) de los distintos parámetros del conjunto de las zonas situadas en el área evaluada se obtiene mediante el promedio de los valores de los respectivos parámetros, ponderando en función de la superficie que ocupa cada zona respecto a la total del área evaluada.

GRUPO	PARÁMETRO	UCA (sin ponderar)	PESO DEL PARÁMETRO (%)	ICA (%)	PARÁMETROS CRÍTICOS
Aspectos geotécnicos	Desprendimiento de bloques y / o piedras	1,0	4,7	4,7	
	Deslizamientos o desprendimientos	1,0	9,9	9,9	
	Otros indicios de inestabilidad	1,0	3,4	3,4	
Red de drenaje	Rotura de canales de drenaje (bermas, cordones, bajantes)	0,0	7,7	0,0	NO APTO
	Relleno de canales de drenaje	1,0	3,9	3,9	
	Funcionalidad de la red de drenaje	0,0	3,4	0,0	NO APTO
Erosión / problemas físicos	Superficie afectada por procesos erosivos	1,0	4,3	4,3	
	Volumen de suelo perdido	1,0	3,7	3,7	
	Recubrimiento efectivo del suelo	0,0	4,5	0,0	NO APTO
	Otros procesos de degradación	0,7	2,8	1,8	
Calidad del suelo	Grosor de la capa de suelo repuesto	0,0	2,4	0,0	NO APTO
	Contenido de tierra fina	0,5	2,5	1,3	
	Textura	0,9	1,9	1,7	
	Materia orgánica / Nitrógeno	1,0	2,4	2,4	
	Salinidad	0,6	2,0	1,2	
	pH / Fósforo / Potasio	0,3	2,0	0,7	
	Presencia de impropios	0,4	1,1	0,4	ALERTA
Vegetación	Recubrimiento vegetal	0,0	2,9	0,0	NO APTO
	Diversidad de plantas leñosas	0,4	2,6	1,0	ALERTA
	Densidad de plantas leñosas	0,4	2,0	0,8	
	Reclutamiento de leñosas	1,0	1,7	1,8	
	Superficie ocupada por especies invasoras	1,0	1,7	1,7	
	Riqueza florística	0,0	1,8	0,0	ALERTA
Integración paisajística	Integración cromática / textural	0,0	3,1	0,0	NO APTO
	Integración geomorfológica	1,0	7,2	7,2	
	Red de caminos	1,0	1,7	1,7	
Conectividad ecológica / fauna	Existencia de barreras ecológicas en la transición con el entorno natural	1,0	2,1	2,1	
	Plantas leñosas que dan fruto carnoso	0,0	1,3	0,0	ALERTA
	Presencia de refugios / estructuras de abastecimiento para la fauna	0,0	1,1	0,0	ALERTA
	Entrada de fauna	0,8	1,9	1,5	
Acciones antrópicas impactantes	Circulación incontrolada de vehículos	1,0	1,6	1,6	
	Vertidos incontrolados	1,0	2,5	2,5	
	Pastoreo	1,0	1,0	1,0	
	Presencia de construcciones / instalaciones en desuso	1,0	1,3	1,3	
ICA global				RESTAURACIÓN CON LIMITACIONES GRAVES	ADOPCIÓN DE MEDIDAS CORRECTORA

**Tabla 11.** Ejemplo de valoración de los resultados relativos a zona en la ACTIVIDAD EXTRACTIVA 2. Se representan en color rojo aquellos parámetros clave con valores críticos (Unidades de Calidad Ambiental = 0), que suponen que la restauración no alcance unos mínimos de calidad. En color naranja se representan aquellos parámetros clave con valores cercanos a los límites aceptables (UCA < 0,5), así como aquellos parámetros secundarios con valores críticos (UCA = 0).

CÓDIGO SIG	402422_4616435	402833_4616424
Superficie (m <sup>2</sup> )	3276	3262
Peso relativo (respecto superficie total área)	0,5	0,5
UCA desprendimiento de bloques y/o piedras	1,0	1,0
UCA deslizamientos o desprendimientos	1,0	1,0
UCA otros indicios de inestabilidad	1,0	1,0
UCA rotura de canales de drenaje	1,0	1,0
UCA relleno de canales de drenaje	1,0	1,0
UCA funcionalidad red de drenaje	1,0	1,0
UCA superficie afectada por procesos erosivos	1,0	1,0
UCA volumen de suelo perdido	1,0	1,0
UCA recubrimiento efectivo del suelo	1,0	1,0
UCA otros procesos de degradación	1,0	1,0
UCA grosor de la capa de suelo repuesto	0,0	1,0
UCA contenido tierra fina	1,0	0,5
UCA textura	0,7	0,8
UCA materia orgánica / nitrógeno	1,0	1,0
UCA salinidad	0,6	0,8
UCA pH / fósforo / potasio	1,0	0,6
UCA presencia de impropios	1,0	1,0
UCA recubrimiento vegetal	0,2	0,2
UCA diversidad de plantas leñosas	0,2	0,2
UCA densidad de plantas leñosas	1,0	0,7
UCA riqueza florística	0,7	0,4
UCA superficie ocupada por especies invasoras	1,0	1,0
UCA reclutamiento de leñosas	0,0	0,3

**Tabla 12.** Valoración global de los resultados de evaluación de la ACTIVIDAD EXTRACTIVA 2. Se especifican aquellos parámetros clave con valores críticos (Unidades de Calidad Ambiental = 0), que suponen que la restauración no alcance unos mínimos de calidad (NO APTO), así como aquellos parámetros clave con valores cercanos a los límites aceptables (UCA < 0,5; ALERTA) y aquellos parámetros secundarios con valores críticos (UCA = 0; ALERTA). El Índice de Calidad Ambiental (ICA) de los distintos parámetros del conjunto de las zonas situadas en el área evaluada se obtiene mediante el promedio de los valores de los respectivos parámetros, ponderando en función de la superficie que ocupa cada zona respecto a la total del área evaluada.

GRUPO	PARÁMETRO	UCA (sin ponderar)	PESO DEL PARÁMETRO (%)	ICA (%)	PARÁMETROS CRÍTICOS
Aspectos geotécnicos	Desprendimiento de bloques y / o piedras	1,0	4,7	4,7	
	Deslizamientos o desprendimientos	1,0	9,9	9,9	
	Otros indicios de inestabilidad	1,0	3,4	3,4	
Red de drenaje	Rotura de canales de drenaje (bermas, cordones, bajantes)	1,0	7,7	7,7	
	Relleno de canales de drenaje	1,0	3,9	3,9	
	Funcionalidad de la red de drenaje	1,0	3,4	3,4	
Erosión / problemas físicos	Superficie afectada por procesos erosivos	1,0	4,3	4,3	
	Volumen de suelo perdido	1,0	3,7	3,7	
	Recubrimiento efectivo del suelo	1,0	4,5	4,5	
	Otros procesos de degradación	1,0	2,8	2,8	
Calidad del suelo	Grosor de la capa de suelo repuesto	0,5	2,4	1,2	NO APTO
	Contenido de tierra fina	0,7	2,5	1,8	ALERTA
	Textura	0,8	1,9	1,4	
	Materia orgánica / Nitrógeno	1,0	2,4	2,4	
	Salinidad	0,7	2,0	1,4	
	pH / Fósforo / Potasio	0,8	2,0	1,6	
	Presencia de impropios	1,0	1,1	1,1	
Vegetación	Recubrimiento vegetal	0,2	2,9	0,6	ALERTA
	Diversidad de plantas leñosas	0,2	2,6	0,5	ALERTA
	Densidad de plantas leñosas	0,8	2,0	1,6	
	Reclutamiento de leñosas	0,5	1,8	0,9	
	Superficie ocupada por especies invasoras	1,0	1,7	1,7	
	Riqueza florística	0,1	1,7	0,3	ALERTA
Integración paisajística	Integración cromática / textural	0,0	3,1	0,0	NO APTO
	Integración geomorfológica	1,0	7,2	7,2	
	Red de caminos	1,0	1,7	1,7	
Conectividad ecológica / fauna	Existencia de barreras ecológicas en la transición con el entorno natural	0,0	2,1	0,0	ALERTA
	Plantas leñosas que dan fruto carnoso	0,0	1,3	0,0	ALERTA
	Presencia de refugios / estructuras de abastecimiento para la fauna	0,0	1,1	0,0	ALERTA
	Entrada de fauna	0,6	1,9	1,1	
Acciones antrópicas impactantes	Circulación incontrolada de vehículos	1,0	1,6	1,6	
	Vertidos incontrolados	1,0	2,5	2,5	
	Pastoreo	1,0	1,0	1,0	
	Presencia de construcciones / instalaciones en desuso	1,0	1,3	1,3	
ICA global				RESTAURACIÓN CON LIMITACIONES GRAVES	ADOPCIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS

**Tabla 13.** Ejemplo de valoración de los resultados relativos a la zona en la ACTIVIDAD EXTRACTIVA 3. Se representan en color rojo aquellos parámetros clave con valores críticos (Unidades de Calidad Ambiental = 0), que suponen que la restauración no alcance unos mínimos de calidad. En color naranja se representan aquellos parámetros clave con valores cercanos a los límites aceptables (UCA < 0,5), así como aquellos parámetros secundarios con valores críticos (UCA = 0).

CÓDIGO SIG 402422_4616435	383299_4567445	383452_4567434
Superficie (m <sup>2</sup> )	31372	11343
Peso relativo (respecto superficie total área)	0,7	0,3
UCA desprendimiento de bloques y/o piedras	1,0	1,0
UCA deslizamientos o desprendimientos	1,0	1,0
UCA otros indicios de inestabilidad	1,0	1,0
UCA rotura de canales de drenaje	1,0	1,0
UCA relleno de canales de drenaje	1,0	1,0
UCA funcionalidad red de drenaje	1,0	1,0
UCA superficie afectada por procesos erosivos	1,0	1,0
UCA volumen de suelo perdido	1,0	1,0
UCA recubrimiento efectivo del suelo	1,0	1,0
UCA otros procesos de degradación	1,0	0,7
UCA grosor de la capa de suelo repuesto	0,2	0,2
UCA contenido tierra fina	1,0	1,0
UCA textura	1,0	1,0
UCA materia orgánica / nitrógeno	0,5	1,0
UCA salinidad	1,0	1,0
UCA pH / fósforo / potasio	0,2	0,1
UCA presencia de impropios	1,0	0,8
UCA recubrimiento vegetal	1,0	1,0
UCA diversidad de plantas leñosas	0,2	0,2
UCA densidad de plantas leñosas	1,0	0,8
UCA riqueza florística	1,0	1,0
UCA superficie ocupada por especies invasoras	1,0	1,0
UCA reclutamiento de leñosas	1,0	1,0

**Tabla 14.** Valoración global de los resultados de la evaluación de la ACTIVIDAD EXTRACTIVA 3. Se especifican aquellos parámetros clave con valores críticos (Unidades de Calidad Ambiental = 0), que suponen que la restauración no alcance unos mínimos de calidad (NO APTO), así como aquellos parámetros clave con valores cercanos a los límites aceptables (UCA < 0,5; ALERTA) y aquellos parámetros secundarios con valores críticos (UCA = 0; ALERTA). El Índice de Calidad Ambiental (ICA) de los distintos parámetros del conjunto de las zonas situadas en el área evaluada se obtiene mediante el promedio de los valores de los respectivos parámetros, ponderando en función de la superficie que ocupa cada zona respecto a la total del área evaluada.

GRUPO	PARÁMETRO	UCA (sin ponderar)	PESO DEL PARÁMETRO (%)	ICA (%)	PARÁMETROS CRÍTICOS
Aspectos geotécnicos	Desprendimiento de bloques y / o piedras	1,0	4,7	4,7	
	Deslizamientos o desprendimientos	1,0	9,9	9,9	
	Otros indicios de inestabilidad	1,0	3,4	3,4	
Red de drenaje	Rotura de canales de drenaje (bermas, cordones, bajantes)	1,0	7,7	7,7	
	Relleno de canales de drenaje	1,0	3,9	3,9	
	Funcionalidad de la red de drenaje	1,0	3,4	3,4	
Erosión / problemas físicos	Superficie afectada por procesos erosivos	1,0	4,3	4,3	
	Volumen de suelo perdido	1,0	3,7	3,7	
	Recubrimiento efectivo del suelo	1,0	4,5	4,5	
	Otros procesos de degradación	0,9	2,8	2,5	
Calidad del suelo	Grosor de la capa de suelo repuesto	0,2	2,4	0,5	ALERTA
	Contenido de tierra fina	1,0	2,5	2,5	
	Textura	1,0	1,9	1,9	
	Materia orgánica / Nitrógeno	0,6	2,4	1,5	
	Salinidad	1,0	2,0	2,0	
	pH / Fósforo / Potasio	0,2	2,0	0,3	
	Presencia de impropios	0,9	1,1	1,0	
Vegetación	Recubrimiento vegetal	1,0	2,9	2,9	
	Diversidad de plantas leñosas	0,2	2,6	0,5	ALERTA
	Densidad de plantas leñosas	0,9	2,0	1,9	
	Reclutamiento de leñosas	1,0	1,8	1,8	
	Superficie ocupada por especies invasoras	1,0	1,7	1,7	
	Riqueza florística	1,0	1,7	1,7	
Integración paisajística	Integración cromática / textural	0,3	3,1	0,8	ALERTA
	Integración geomorfológica	1,0	7,2	7,2	
	Red de caminos	1,0	1,7	1,7	
Conectividad ecológica / fauna	Existencia de barreras ecológicas en la transición con el entorno natural	1,0	2,1	2,1	
	Plantas leñosas que dan fruto carnoso	0,0	1,3	0,0	ALERTA
	Presencia de refugios / estructuras de abastecimiento para la fauna	1,0	1,1	1,1	
	Entrada de fauna	1,0	1,9	1,9	
Acciones antrópicas impactantes	Circulación incontrolada de vehículos	1,0	1,6	1,6	
	Vertidos incontrolados	0,5	2,5	1,3	
	Pastoreo	0,0	1,0	0,0	ALERTA
	Presencia de construcciones / instalaciones en desuso	1,0	1,3	1,3	
ICA global				<b>87</b>	ADOPCIÓN DE MEDIDAS CORRECTORA



## 7. Bibliografía

ALCAÑIZ, J.M.; ORTIZ, O.; CARABASSA, V. (2009) Utilización de lodos de depuradora en restauración: manual de aplicación en actividades extrac-tivas y terrenos marginales. Agència Catalana de l'Aigua, Generalitat de Catalunya, Barcelona.

CONESA, V. (2003) Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

CORTINA J, RUIZ-MIRAZO J, AMAT B, AMGHAR F, BAUTISTA S, CHIRINO E, DERAQ M, FUENTES D, MA-ESTRE FT, VALDECANTOS A, VILAGROSA A (2012) Bases para la restauración ecológica de espartales. UICN, Gland, Suiza y Málaga, España. VI + 26 p

DELTORO TORRO, V., JIMENEZ RUIZ, J. & VILAN FRAGUEIRO X.M. (2012) Bases para el manejo y control de *Arundo donax* L. (Caña común). Co-leccion Manuales Tecnicos de Biodiversidad, 4. Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana. Valencia.

FEDERACIÓN DE ÁRIDOS. Millores tecnològi-ques en la gestió de la biodiversitat com a fac-tor de competitivitat en les explotacions d'àrids. Gremio d'Àrids de catalunya. Barcelona

FONT, X. (1999) Mòdul de Flora i Vegetació. Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya. Gene-ralitat de Catalunya i Universitat de Barcelo-na. <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/homepage.html>. Consultado el 14 de desembre de 2011.

FORMAN, R. T. T. (2003) Road Ecology. Science and Solutions, Island Press, USA.

GARMENDIA, A. (2005) Evaluación de impacto ambiental. Pearson Prentice Hall cop. Madrid.

GÓMEZ-OREA, D. (2003) Evaluación de impacto ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

GÓMEZ-OREA, D. (2004) Recuperación de espa-cios degradados. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.



JORBA, M.; OLIVEIRA, R.; JOSA, R.; VALLEJO, V.R.; ALCAÑIZ, J.M.; HERETER, A.; CORTINA, J.; CORREIA, O.; NINOT, J.M. (2010) Manual para la restauración de canteras de roca caliza en clima mediterráneo. Dirección General de Qualitat Ambiental, Àrea d'Avaluació i Restauració d'Activitats Extractives, Generalitat de Catalunya, Barcelona.

LITHGOW D, MARTÍNEZ M. L., GALLEGRO-FERNÁNDEZ J. B. (2014) The "ReDune" index (Restoration of coastal Dunes Index) to assess the need and viability of coastal dune restoration. *Ecological Indicators* 49: 178-187

SANCHO V., LACOMBA J.I. (2010) Conservación y restauración de puntos de agua para la biodiversidad. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. Generalitat Valenciana. Valencia.

SCOTISH NATURAL HERITAGE. (2009) Landscape Glossary of Terms. <http://www.snh.gov.uk>. Consultat el 14 de desembre de 2011.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE & POLICY WORKING GROUP. (2004) The SER International Primer on Ecological Restoration. [www.ser.org](http://www.ser.org) & Tucson: Society for Ecological Restoration International.

SOIL SURVEY STAFF (2006) Keys to Soil Taxonomy, 10th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.

TONGWAY, D.J., HINDLEY, N.L. (2004) Landscape function analysis: procedures for monitoring and assessing landscapes. CSIRO. Canberra.

TUDELA, M., MOLINA, J. (2002) Fragilidad visual de la actividad minera de roca ornamental en el municipio de Cehegín (Murcia). *Papeles de Geografía*, 36; pp. 239-249.

UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS. DEPARTAMENT DE BIOLOGIA. UNITAT DE BOTÀNICA. (2007) Herbari Virtual del Mediterrani Occidental. <http://herbarivirtual.uib.es/cat-med/index.html>. Consultat el 14 de desembre de 2011.

## 8. Glosario

**Canal de absorción:** elemento o estructura de la red de drenaje destinado a retener la lámina de agua de escorrentía de un talud o ladera, acumulándola y favoreciendo su infiltración en la misma ladera o bancal, minimizando así el riesgo de erosión, e incrementando la disponibilidad de agua para las plantas.

**Canal de evacuación o desagüe:** elemento o estructura de drenaje destinada a conducir de forma controlada el exceso de agua de escorrentía de un talud o ladera, capturando la misma y desviándola hacia la red hidrológica natural o hacia zonas donde pueda ser vertida sin causar perjuicio, minimizando el riesgo de erosión.

**Cárcava:** reguero o surco que forma la lluvia en terrenos inclinados cuando erosiona el suelo.

**Enmienda:** aportación de un material al suelo o sustrato con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas, químicas o biológicas, frecuentemente con materiales (abonos) orgánicos.

**Estéril de mina:** roca no meteorizada o ligeramente meteorizada que se extrae durante la explotación de un yacimiento, sin interés o valor comercial.

**Ganga de todo uno:** material de consistencia rocosa formado por un conjunto de minerales sin interés práctico, generalmente no metálicos (áridos), asociados a un mineral explotado, sin clasificar o poco clasificado granulométricamente.

**Línea del horizonte:** línea que limita la superficie terrestre con la atmósfera desde un punto de observación.

**Lixiviado:** producto de la migración o lavado de elementos solubles a través del suelo.

**Plantas leñosas:** plantas que presentan lignificación de sus ramas, tallos o troncos, lo que les confiere una resistencia superior a la gravedad.

Dentro de este grupo encontramos matorrales, arbustos y árboles.

**Rechazo minero:** resto inservible de un proceso de beneficio mineral constituido por materiales pedregosos y terrígenos.

**Recubrimiento del suelo:** superficie de suelo cubierta por la proyección vertical de la parte aérea de las plantas o por otros elementos que puedan existir sobre la superficie (restos vegetales, piedras, costras biológicas, etc.).

**SIG:** Sistema de Información Geográfica. En el contexto de este manual nos referimos al término SIG como el software utilizado para visualizar, consultar, editar y analizar información geográfica.

**Sonda edafológica:** herramienta a modo de barrena metálica utilizada para tomar muestras de suelo.

**Subsidencia:** hundimiento de un terreno causado por diferencias de densidad de los materiales subyacentes o por la presencia de cavidades.

**Tierra fina:** fracción de una muestra de suelo constituida por las partículas menores de 2 mm.

**Tierra vegetal:** capa de suelo o material mineral procedente del decapado de los horizontes superficiales de éste que contiene materia orgánica y organismos edáficos junto con semillas o propágulos.

**Transecto:** recorrido, generalmente rectilíneo, definido sobre una superficie determinada que sirve para hacer el muestreo de una comunidad de plantas, una población de animales, etc.

**USDA:** siglas del Departamento de Agricultura de los EE.UU. (United States Department of Agriculture).

## 9. Anexos

ANNEX I. Material necessari per a l'aplicació del protocol d'avaluació de restauracions	107
ANNEX II. Fitxa d'identificació d'àrea	109
ANNEX III. Fitxa de caracterització de zona restaurada	113
ANNEX IV. Fitxa de caracterització d'àrea restaurada	133
ANNEX V. Restauracions dins dels límits de la xarxa Natura 2000	143
ANNEX VI. Fitxa de camp per a la caracterització de zones restaurades	144

# ANEXO I. Material necesario para la aplicación del protocolo de evaluación de zonas restauradas

Listado de las herramientas y los elementos necesarios para la aplicación del protocolo de evaluación. Pretende ayudar al evaluador a preparar la campaña y evitar descuidos que difícilmente se pueden corregir en el campo para así optimizar el tiempo y la organización.

## Material de oficina:

Hardware:

- Ordenador, con conexión a la red.

Software específico:

- SIG o equivalente (MiraMon, ArcGIS, Idrisi, etc.)

Cartografía digital:

- Ortofotografía a escala 1:5.000 o cartografía topográfica detallada de la zona donde se localiza la actividad.

## Material de campo:

- Cámara fotográfica digital
- GPS (opcional)
- Clinómetro o sistema para medir pendientes
- Brújula
- Cinta métrica de 50 m
- Metro de carpintero
- Azada o pala resistente
- Sonda edafológica (opcional)
- Varilla metálica de acero terminada en punta, de 1 m de altura y un grosor mínimo de 12 mm (opcional).
- Martillo o maza
- Bolsas de plástico resistentes o sacos de rafia
- Rotulador permanente
- Lápiz
- Libreta para anotaciones y soporte de las fichas de campo

## Material de laboratorio:

- Tamiz de 2 mm de luz de malla
- Tamiz de 75 mm de luz de malla
- Cubo o recipiente para pesar las muestras
- Bolsas de plástico resistentes de 1 o 2 L de capacidad para envío de muestras
- Balanza (se recomienda que admita unos 20-25 kg, precisión  $\pm 10g$ )

Ficha de campo para la caracterización de zonas  
Formulario de identificación

Formulario de caracterización de zona  
Formulario de caracterización de área  
Instrucciones de aplicación

## ANEXO II. Ficha de identificación de área

ACTIVIDAD EXTRACTIVA	
Núm. de referencia de la actividad extractiva:	NIF:
Nombre de la explotación:	
Titular:	
Director/a Facultativo/iva (o responsable de la restauración):	
Dirección postal:	
Municipio:	Código postal:
Teléfono:	D/e:
Situación actual:	

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA RESTAURADA			
Denominación del área restaurada:			
Número de zonas en las que se divide el área:			
Superficie total del área restaurada (ha):			
Figuras o régimen de protección del medio natural en el que se integra el área restaurada:			
ZEPA (XN 2000)	ZEC/LIC (XN 2000)	Parque Natural	
Paraje Natural de Interés Nacional	Reserva Natural	Otros	

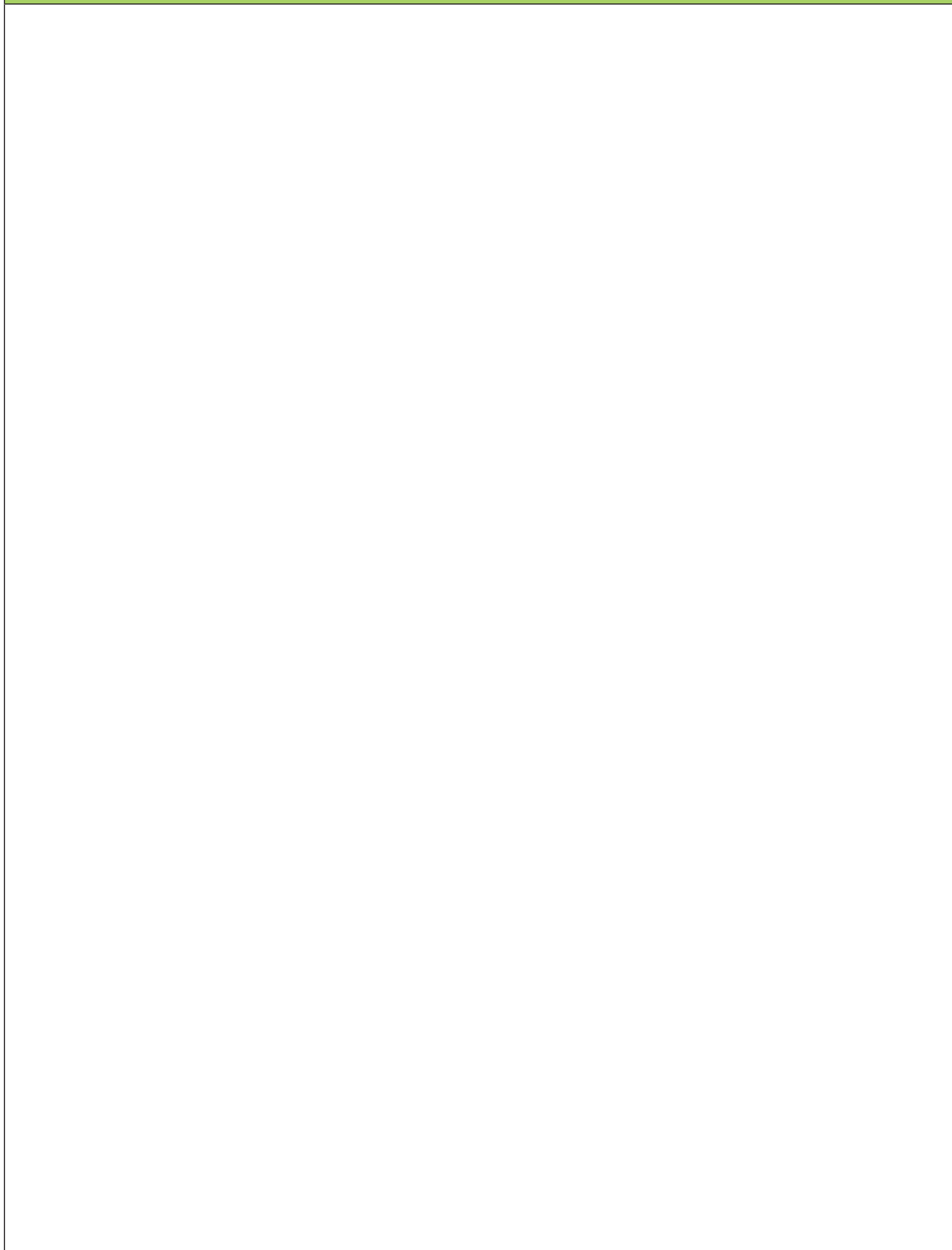
**Firmado:** .....

**El/la titular o facultativo/va responsable de la restauración**

**Fecha:**.....

## IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA RESTAURADA

### Mapa de situación del área restaurada en el contexto de la actividad extractiva<sup>1</sup>



1. Deben representarse los límites de la actividad extractiva y dibujar el área a evaluar, preferiblemente sobre ortofotoimagen a escala 1:5000, a una escala máxima de 1:20000 (indicar la escala real del mapa y su orientación).



## ZONIFICACIÓN DEL ÁREA RESTAURADA

### Mapa de detalle del área restaurada y delimitación de zonas homogéneas<sup>2</sup>

Existen alguna zona restaurada parcialmente o totalmente fuera de los límites de explotación autorizados?	No Sí *
* En el caso de que existan, representarlas en el mapa.	

2. Representar los límites de las diferentes zonas a evaluar e identificarlas (A, B, C...). Representar también los límites de explotación autorizados. La escala máxima de representación debe ser de 1:5.000, siempre que sea posible.

**TABLA DE IDENTIFICACIÓN DE ZONAS**

ÁREA RESTAURADA										
Identificación del área	$X_{máx.}$	$X_{mín.}$	$Y_{máx.}$	$Y_{mín.}$						
ZONAS RESTAURADAS										
Identificación de zonas	X					Y				
A										
B										
C										
D										
E										
F										
G										
H										
I										

3. Coordenadas UTM del punto central (centroide X, centroide Y).

# ANEXO III. Formulario de caracterización de zonas restauradas

## 1. Identificación de la zona

Código SIG <sup>4</sup>	X:						Y:						
Id. zona <sup>5</sup>		Superficie (m <sup>2</sup> )					Orientación						
Actividad extractiva a la que pertenece													

## 2. Adecuación morfológica de la zona restaurada

Esquema del perfil topográfico <sup>6</sup>	
Tipo morfológico  (se deben marcar los tipos morfológicos presentes en la zona evaluada y representarlos en el esquema)	<p>Frente rocoso</p> <p>Canchal</p> <p>Mota o cordón de tierras</p> <p>Talud o conjunto de taludes con fuerte pendiente (30-37°)</p> <p>Talud o conjunto de taludes con pendiente moderado (11-30°)</p> <p>Talud o conjunto de taludes con poco pendiente (8-11°)</p> <p>Zona llana u ondulada (pendiente &lt; 8°)</p> <p>Abancalamiento de anchura &gt; 5 m</p> <p>Abancalamiento de anchura &lt; 5 m</p> <p>Zona inundada (balsa, lago, etc.)</p>
Pendiente medio (°):	Longitud máxima de los taludes (m):

4. Coordenadas UTM del punto central, de acuerdo con la tabla de identificación de zonas.

5. Identificar la zona con la letra que se le ha asignado en la tabla de identificación de zonas.

6. Perfil topográfico longitudinal del área restaurada. Se deben indicar los diferentes tipos morfológicos existentes, así como las bermas y las infraestructuras de control de la escorrentía y de estabilización del talud, en el caso que existan.

**3. Rellenos (materiales de relleno utilizados para construir taludes y/o configurar la morfología final)**

Identificación de los rellenos <sup>7</sup>				
<input type="radio"/> Sin relleno <input type="radio"/> Con relleno: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Residuos mineros:                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Inertes<sup>8</sup>:                                 <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Estériles de mina</li> <li><input type="radio"/> Gangas de todo uno</li> <li><input type="radio"/> Rechazos</li> <li><input type="radio"/> Subproductos</li> <li><input type="radio"/> Colas de proceso</li> <li><input type="radio"/> Tierra vegetal</li> <li><input type="radio"/> Cobertera</li> </ul> </li> <li><input type="radio"/> No inertes no peligrosos</li> <li><input type="radio"/> Peligrosos</li> </ul> </li> <li><input type="radio"/> Tierras limpias de aportación externa</li> <li><input type="radio"/> Materiales pedregosos limpios de aportación externa</li> <li><input type="radio"/> Otros materiales (autorización específica):                                 <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Escombros</li> <li><input type="radio"/> Arenas de fundición</li> <li><input type="radio"/> Yesos industriales</li> <li><input type="radio"/> Residuos sólidos urbanos</li> <li><input type="radio"/> Otros</li> </ul> </li> </ul>				
	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Tipo de material utilizado como relleno <sup>9</sup>				
Procedencia				
Densidad del material (Mg/m <sup>3</sup> )				
Proporción de mezcla de los materiales <sup>10</sup>				

7. Marcar las casillas correspondientes a los materiales utilizados como relleno.

8. De acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 975/2009 sobre gestión de residuos de las industrias extractivas.

9. Especificar el tipo de material utilizado como relleno de acuerdo con las casillas marcadas.

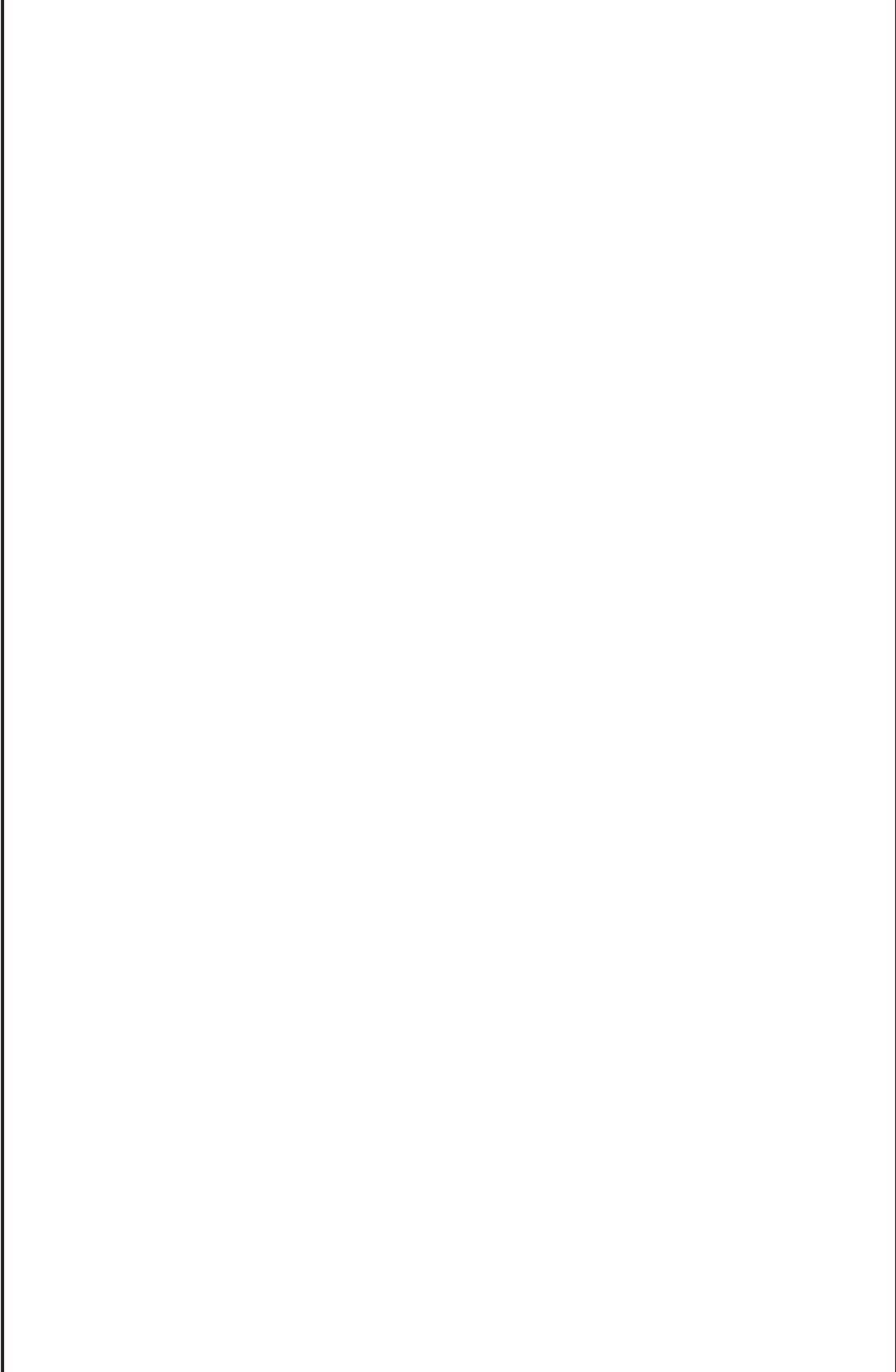
10. Especificar, de forma orientativa, la proporción volumétrica de mezcla en el relleno para cada tipo de material especificado.

Vertederos/escombreras
La zona evaluada, ¿ha sido un vertedero controlado?
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí
La zona evaluada, ¿ha sido una instalación de residuos mineros?
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí
¿Era una instalación de categoría A?
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí
¿Existen sistemas de sellado o impermeabilización de la superficie del relleno?
<input type="radio"/> No aplica
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí
¿Cuáles <sup>11</sup> ?
¿Existen dispositivos de recogida, o sistemas de tratamiento de filtraciones y lixiviados?
<input type="radio"/> No aplica
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí
¿Cuales <sup>11</sup> ?
¿Se observan afloramientos de residuos o su presencia a menos de 50 cm de la superficie?
<input type="radio"/> No aplica
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí

11. Representarlos en el esquema de disposición de rellenos. Véase apartados más adelante.

Estabilidad del relleno	
Aportación de material de drenaje a la base:  <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	
Tipo de material de drenaje de base:	
Profundidad del nivel freático (m):	
Inclinación de la plataforma o zócalo rocoso (base de roca consolidada) sobre la cual se asienta el talud (°):	
¿El relleno se asienta sobre planos de estratificación o de falla?  <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí	

Esquema de la disposición de los materiales de relleno<sup>12</sup>



12. Utilizar las letras identificativas de los materiales (A, B, C, D) para representarlos en el esquema.

**4. Riesgo geotécnico<sup>13</sup>**

¿Se observan piedras o bloques desprendidos?	No <input type="radio"/>
	Sí <sup>14</sup> <input type="radio"/>
Superficie afectada por los desprendimientos (m <sup>2</sup> ):	
¿Existe riesgo para las personas?	No <input type="radio"/>
	Sí <input type="radio"/>
¿Se observan fallas o fisuras en frentes?	No <input type="radio"/>
	Sí <sup>15</sup> <input type="radio"/>
¿Se observa inclinación del tronco o base de los árboles?	No <input type="radio"/>
	Sí <input type="radio"/>
¿Se observan corrimientos?	No <input type="radio"/>
	Sí <sup>16</sup> <input type="radio"/>
Superficie afectada por corrimientos (m <sup>2</sup> ):	
¿Se observa subsidencia, grietas o abombamientos (deformaciones) en taludes o terraplenes?	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Grietas <sup>17</sup> <input type="radio"/> Subsidencia <sup>18</sup> <input type="radio"/> Abombamientos <sup>19</sup>

13. Representar en el Mapa de riesgos geotécnicos, preferiblemente sobre ortofotoimagen, los principales riesgos geotécnicos detectados siguiendo las indicaciones para cada tipo de riesgo.

14. Delimitar la zona donde se observan bloques o piedras desprendidos y representar la procedencia y la trayectoria de los bloques o piedras.

15. Delimitar los puntos donde se observan fallas y / o fisuras.

16. Delimitar los lugares donde se observan corrimientos y representar su procedencia y la trayectoria.

17. Delimitar los puntos donde se observan grietas.

18. Delimitar los puntos donde se observa subsidencia.

19. Delimitar los puntos donde se observan abombamientos o deformaciones.



Mapa de riesgos geotécnicos (plano u ortofotoimagen de la zona restaurada delimitando las zonas afectadas por riesgos geotécnicos)			
Descripción de los riesgos geotécnicos detectados			
Código del mapa	Descripción	Código del mapa	Descripción

**5. Control de la escorrentía**

Plano u ortofotoimagen de la zona restaurada indicando la red de drenaje y las estructuras existentes para el control de la escorrentía			
Descripción de las estructuras existentes			
Código del mapa	Descripción	Código del mapa	Descripción

Valoración/Estado de conservación de la red						
<input type="radio"/> Rotura de canales de bermas: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> 1 rotura</li> <li><input type="radio"/> 1-5 roturas</li> <li><input type="radio"/> &gt;5 roturas</li> </ul>						
<input type="radio"/> Colmatación de canales de evacuación: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> 1 canal colmatado</li> <li><input type="radio"/> 1-5 canales colmatados</li> <li><input type="radio"/> &gt;5 canales colmatados</li> </ul>						
		0 %	0-25 %	25-50 %	50-75 %	>75 %
Canales no funcionales						
Canales erosionados, socavados						
Canales bien conservados y revegetados						

Descripción de los problemas vinculados a la red de drenaje (hay que seguir la codificación utilizada en la descripción)			
Código del mapa	Descripción del problema detectado	Código del mapa	Descripción del problema detectado

### 6. Erosión y degradación física<sup>20</sup>

Presencia de surcos o cárcavas de profundidad >5 cm:			
<input type="radio"/> Sí <sup>21</sup> <input type="radio"/> No			
Longitud media de cárcavas (m)		Superficie afectada por cárcavas (m <sup>2</sup> )	
Profundidad (cm)		Densidad (número de cárcavas /m <sup>2</sup> )	
Anchura (cm)		Volumen de suelo perdido (m <sup>3</sup> )	
Recubrimiento efectivo del suelo (%)			
Acumulaciones de sedimentos:			
Sí <sup>22</sup> <input type="radio"/> No <input type="radio"/>			
Raíces desnudas:		Distribución:	
Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/>		Generalizada <input type="radio"/> Localizada <input type="radio"/>	
Presencia de pináculos o pedestales:		Distribución:	
Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/>		Generalizada <input type="radio"/> Localizada <input type="radio"/>	
Presencia de costra superficial:		Distribución:	
Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/>		Generalizada <input type="radio"/> Localizada <input type="radio"/>	

20. Representar en el Mapa de procesos erosivos, preferiblemente sobre ortofotoimagen, los principales procesos erosivos y de degradación detectados, siguiendo las indicaciones para cada tipo de riesgo.

21. Representar los puntos con mayor densidad de cárcavas y / o surcos.

22. Representar los puntos con mayor acumulación de sedimentos.

<p>¿Se forman charcos?</p> <p>Sí <input type="radio"/></p> <p>No <input type="radio"/></p>	<p>Distribución:</p> <p>Generalizada <input type="radio"/></p> <p>Localizada <input type="radio"/></p>
<p>Dificultad de penetrar el suelo, incluso cuando hay poca pedregosidad superficial:</p> <p>Sí <input type="radio"/></p> <p>No <input type="radio"/></p>	
<p>¿Se observan cavidades tubulares en el suelo?</p> <p>Sí <input type="radio"/></p> <p>No <input type="radio"/></p>	<p>Distribución:</p> <p>Generalizada <input type="radio"/></p> <p>Localizada <input type="radio"/></p>
<p>¿Se observan hundimientos?</p> <p>Sí <input type="radio"/></p> <p>No <input type="radio"/></p>	<p>Distribución:</p> <p>Generalizada <input type="radio"/></p> <p>Localizada <input type="radio"/></p>

Mapa de procesos erosivos (plano u ortofotoimagen de la zona restaurada delimitando las zonas afectadas por procesos erosivos)			
Descripción de los procesos erosivos detectados			
Código del mapa	Descripción	Código del mapa	Descripción

## 7. Sustratos edáficos (tecnosuelos) y enmiendas

Sustratos	
Tipo de sustratos utilizados <sup>23</sup>	<input type="radio"/> Sin sustrato o sustrato extremadamente pedregoso <input type="radio"/> Sustrato pedregoso inerte (tierra fina 20-40%) <input type="radio"/> Sustrato fino inerte (tierra fina > 40%) <input type="radio"/> Tierra vegetal (suelo edáfico)
Proporción de mezcla de los sustratos utilizados <sup>24</sup>	
Procedencia	
Fecha de la extensión sobre el terreno del sustrato	
Grosor de suelo repuesto (cm)	
Pedregosidad superficial: ¿se observan bloques de más de 25 cm de diámetro en superficie?  <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Presencia generalizada <input type="radio"/> Presencia localizada	
Presencia en el sustrato edáfico de hierros, escombros u otros residuos transportados con el sustrato:  <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No	
Distribución:  <input type="radio"/> en un solo punto <input type="radio"/> 1-5 puntos <input type="radio"/> > 5 puntos diferentes	

Enmiendas, fertilizantes o abonos		
Enmiendas o abonos utilizados		
Procedencia <sup>25</sup>		
Dosis (peso seco/ha)		Fecha de aplicación

23. Marcar los diferentes tipos de sustrato utilizados.

24. A indicar cuando se haya utilizado más de un sustrato diferente. Se indicará la relación volumétrica de la mezcla (p. ej. 1 tierra vegetal / 1 sustrato pedregoso). Se debe indicar la procedencia de los productos.

25. Indicar el lugar de procedencia del producto.

Análisis del suelo/sustrato					
Laboratorio		Ref. analítica		Fecha del muestreo	
Fracción 250-75 mm (%)		Carbonatos (%)*			
Fracción 75-2 mm (%)		pH*			
Tierra fina, <2 mm (%)		Conductividad eléctrica (dS/m)*			
Arenas (%)*		Materia orgánica (%)*			
Limos (%)*		Nitrógeno Kjeldhal (% N)*			
Arcillas (%)*		Fósforo asimilable (mg/kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )*			
		Potasio asimilable (mg/kg K <sub>2</sub> O)*			

\* Referido a la fracción tierra fina.



**8. Cubierta vegetal (vegetación)**

Labores para el establecimiento de la cubierta vegetal		
<i>Siembras</i>		
Especies sembradas	Proporción de semillas en la mezcla (%)	Fecha de siembra
Densidad de siembra de la mezcla de semillas (kg/ha)		
Descripción del proceso y la metodología de siembra (en el caso de restauraciones agrícolas se debe hacer referencia al plan de rotación de cultivos y barbechos)		

Plantaciones			
Especies plantadas	Altura de los plantones (m)	Fecha de plantación	Densidad de la plantación (pies/ha)

Riegos de soporte	
¿Se aplica algún riego?	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Goteo <input type="radio"/> Manga (manual) <input type="radio"/> Exudante <input type="radio"/> Roto aspersor <input type="radio"/> Aspersor fijo <input type="radio"/> Inundación <input type="radio"/> Otros
Duración:	<input type="radio"/> Primer año <input type="radio"/> Hasta el segundo año <input type="radio"/> Hasta el tercer año <input type="radio"/> Hasta el cuarto año <input type="radio"/> Hasta el quinto año <input type="radio"/> Más de cinco años

Descripción de la cubierta vegetal presente			
<i>Plantas herbáceas</i>			
Especie (o denominación identificativa)			
Sp1		Sp11	
Sp2		Sp12	
Sp3		Sp13	
Sp4		Sp14	
Sp5		Sp15	
Sp6		Sp16	
Sp7		Sp17	
Sp8		Sp18	
Sp9		Sp19	
Sp10		Sp20	
Patrón de distribución del estrato herbáceo: <input type="radio"/> En manchas <input type="radio"/> En franjas <input type="radio"/> Homogéneo <input type="radio"/> Continuo <input type="radio"/> Discontinuo			
Recubrimiento de las herbáceas relativo al sistema de referencia (%)			Altura media (m)
Número de especies herbáceas diferentes identificadas en el sistema de referencia			
¿Se observan especies distintas a las sembradas? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> Dominantes <input type="radio"/> En proporción similar a las sembradas <input type="radio"/> Esporádicas			
¿Se ha producido entrada de plantas exóticas/invasoras de forma espontánea? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No			
Se deben indicar que especies han entrado			
Superficie ocupada por plantas exóticas/invasoras relativa a la superficie de la zona evaluada (%)			
Las especies exóticas/invasoras, ¿se encuentran también en lugares próximos a la zona evaluada? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No			
Fecha de la medida/observación			



<i>Plantas leñosas (arbustivas y arbóreas)</i>	
Patrón de distribución:	<input type="radio"/> En manchas <input type="radio"/> En franjas <input type="radio"/> Homogéneo
Problemas de desarrollo:	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> Enanismo <input type="radio"/> Hojas cloróticas <input type="radio"/> Crecimiento desestructurado <input type="radio"/> Afectación por plagas <input type="radio"/> Otros:
¿Se ha producido la entrada de plantas autóctonas de forma espontánea?	
<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No	
Indicar que especies autóctonas han entrado:	
¿Se ha producido entrada de exóticas/invasoras de forma espontánea?	
<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No	
Indicar que especies exóticas/invasoras han entrado:	
Las especies exóticas/invasoras, ¿se encuentran también en sitios próximos en la zona evaluada?	
<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No	
¿Se observan órganos reproductores, frutos o semillas?	¿Ha habido reproducción espontánea?
<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No
Indicar qué especies presentan frutos carnosos:	
Abundancia global:	
<input type="radio"/> un solo individuo <input type="radio"/> 2 individuos <input type="radio"/> 3 individuos <input type="radio"/> 4 o más individuos	
Fecha de la medida/observación	

### 9. Valoración visual

Fotografía de detalle del conjunto de la zona restaurada	
Fecha de la fotografía	

# ANNEXO IV. Formulario de caracterización de área restaurada

## 1. Identificación del área

Coordenadas UTM	X <sub>máx</sub> :								Y <sub>máx</sub> :							
	X <sub>mín</sub> :								Y <sub>mín</sub> :							
Denominación <sup>26</sup>											Superficie (m <sup>2</sup> )					

## 2. Integración paisajística

Integración cromática/textural
<p>Grado de integración cromática del área evaluada en comparación con el sistema de referencia:</p> <p> <input type="radio"/> Mismo color, misma intensidad  <input type="radio"/> Mismo color, diferencias en la intensidad  <input type="radio"/> Diferente color                 </p> <p>Grado de integración textural del área evaluada en relación con el sistema de referencia:</p> <p> <input type="radio"/> Misma textura  <input type="radio"/> Textura diferente                 </p>

26. Nombre con el que se conoce la zona restaurada (p. ej. Frente 8, talud machacadora, ...), si existe.

Integración morfológica
<ul style="list-style-type: none"><li><input type="radio"/> Existencia de morfologías similares en el paisaje en el que se encuentra el área restaurada</li><li><input type="radio"/> Conservación de la línea del horizonte desde los principales puntos de observación</li><li><input type="radio"/> Formas suaves y redondeadas en taludes y bermas</li><li><input type="radio"/> Inclinação de los taludes similar a la de las vertientes naturales estables y sin erosión</li><li><input type="radio"/> Red de drenaje mimética a la preexistente/natural</li><li><input type="radio"/> Antiguos frentes/paredes de altura máxima &gt;40 m</li><li><input type="radio"/> Envejecimiento de la roca en frentes/paredes (tratamiento con óxidos, humedad, envejecimiento natural, etc.)</li></ul>
Observaciones <sup>27</sup>

27. Detallar los ítems marcados.



Red de caminos	
<input type="radio"/> ¿Existen caminos transitables de más de un metro de anchura dentro del perímetro de la actividad? <sup>28</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> La red interior de caminos está conectada con la red de caminos exterior</li> <li><input type="radio"/> La red interior de caminos da acceso a puntos de interés (seguridad, turismo/ocio, explotación forestal/agrícola, mantenimiento, etc.)</li> </ul>	
Densidad de caminos (m/ha)	
Anchura media de los caminos (m) <sup>29</sup>	

Cuenca visual	
<input type="radio"/> El área restaurada, ¿es visible desde puntos de elevado potencial de visualización o zonas pobladas? (como vías de comunicación principal, poblaciones, puntos de interés turístico o de ocio)	
Número de puntos de elevado potencial de visualización o zonas pobladas	

28. En el caso de que existan caminos, se deben representar en el mapa de caminos, diferenciándolos según su anchura.

29. No se deben contabilizar puntos de cruce donde el camino se ensanche puntualmente.

Mapa de caminos (plano u ortofotoimagen de la zona restaurada delimitando los caminos existentes)			
Código del mapa	Descripción (Tipo de camino, anchura, etc.)	Código del mapa	Descripción (Tipo de camino, anchura, etc.)

Fotografías de perspectiva del área y su entorno, desde los principales puntos de observación potencial	
Fecha de la fotografía	

### 3. Conectividad ecológica

Tipo de transición con la zona natural contigua:

- Brusca (cambio de cubierta vegetal, diferencia de alturas, etc.)
- Gradual (cubierta similar o idéntica pero con diferencias de altura)
- Integrada (no se observan diferencias entre la zona natural y la restaurada)

Existencia de barreras ecológicas:

- No
- Sí

Tipo de barreras:

- Vallas, paredes
- Edificaciones
- Frentes verticales
- Otros

¿Se han instalado o construido estructuras de abastecimiento de agua (bebederos, balsas, etc.)?

- Sí
- No

¿Establecimiento de dispositivos / estructuras / actuaciones para el mantenimiento de refugios para la fauna?

- No
- Sí

Indicar cuales:

<input type="checkbox"/>	majanos
<input type="checkbox"/>	pilas de leña y ramaje
<input type="checkbox"/>	árboles muertos
<input type="checkbox"/>	muros de piedra seca
<input type="checkbox"/>	cajas nido
<input type="checkbox"/>	agujeros en frentes rocosos
<input type="checkbox"/>	comida suplementaria
<input type="checkbox"/>	otros

**4. Fauna**

Lista de vertebrados observados e identificados por el personal de la explotación dentro del área restaurada			
Sp1		Sp6	
Sp2		Sp7	
Sp3		Sp8	
Sp4		Sp9	
Sp5		Sp10	
¿Se observan excrementos? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí			
En caso afirmativo, indicar las especies			
¿Se observan huellas, rastros, suelo removido? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Generalizadas <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> Localizadas			
¿Se observan madrigueras? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Generalizadas <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> Localizadas			
¿Se observan nidos? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Generalizadas <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> Localizadas			
Indicar los invertebrados presentes i su abundancia (0 = ausentes; 1 = poco abundantes; 2 = abundantes en alguna/s zona/s; 3 = abundantes en toda el área):			
	Himenópteros (hormigas, abejas, avispas...)		
	Lepidópteros (mariposas)		
	Coleópteros (escarabajos)		
	Dermápteros (tijeretas)		
	Anélidos (lombrices)		
	Arácnidos		
	Gasterópodos (caracoles)		

### 5. Acciones antrópicas impactantes/uso inapropiado

Residuos/vertidos	
Presencia de residuos:	
<input type="radio"/> No	
<input type="radio"/> Sí	Tipo:
	<input type="radio"/> Basura (botellas, papeles, lata, etc.)
	<input type="radio"/> Escombros
	<input type="radio"/> Electrodomésticos
	<input type="radio"/> Neumáticos
	<input type="radio"/> Lubricantes
	<input type="radio"/> Maquinaria abandonada
	<input type="radio"/> Otros
	Superficie ocupada (aproximada):
	<input type="radio"/> >20 m <sup>2</sup>
	<input type="radio"/> 20-5 m <sup>2</sup>
	<input type="radio"/> <5 m <sup>2</sup>
	Distribución:
	<input type="radio"/> Dispersa
	<input type="radio"/> Localizada en puntos concretos

Tráfico rodado	
Circulación de vehículos/maquinaria fuera de las vías/espacios habilitados):	
<input type="radio"/> No	
<input type="radio"/> Sí	<input type="radio"/> Generalizada
	<input type="radio"/> Localizada

Construcciones/Instalaciones	
¿Existen construcciones/edificios/instalaciones en desuso y/o sin ningún uso otorgado y/o ruinas o escombreras no restauradas?	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí*
<i>*En el caso de que existan este tipo de edificaciones/instalaciones se deben localizar en el <i>Mapa de construcciones e instalaciones</i>.</i>	

Pastoreo	
El área restaurada, ¿ha sido objeto de pastoreo?	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> Frecuentemente <input type="radio"/> Esporádicamente
Tipo de ganado	

Mapa de construcciones e instalaciones abandonadas	
Identificación	Descripción (indicar la superficie ocupada y la altura)
<i>11</i>	
<i>12</i>	
<i>13</i>	
<i>14</i>	
<i>15</i>	



## ANNEXO V. Restauraciones en Red Natura 2000<sup>30</sup>

Descripción del espacio natural protegido	
Denominación del espacio	
Código del espacio	
Recuperación de hábitats y especies	
<p>El área restaurada, ¿pretende recrear un hábitat de interés comunitario propio del espacio?</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p>	
Nombre del hábitat	
Código del hábitat	
<p>¿Se han tomado medidas específicas para favorecer especies de interés comunitario presentes en este espacio?</p> <p>Sí <input type="radio"/></p> <p>No <input type="radio"/></p>	
Indicar las especies	
Descripción de las medidas tomadas para las diferentes especies consideradas	

30. A rellenar sólo en aquellos casos en que el área restaurada se encuentre dentro de los límites de un espacio incluido en la Red Natura 2000.

# ANNEXO VI. Ficha de campo para la caracterización de zonas restauradas

## 1. Identificación de la zona

Código SIG <sup>31</sup>	X:							Y:						
Id. zona <sup>32</sup>			Superficie (m <sup>2</sup> )					Orientación						
Actividad extractiva a la que pertenece														

## 2. Adecuación morfológica de la zona restaurada

Esquema del perfil topográfico <sup>33</sup>	
Tipo morfológico (Marcar los tipos morfológicos presentes en la zona evaluada y representarlos en el esquema)	Frente rocoso Canchal Mota o cordón de tierras Talud o conjunto de taludes con fuerte pendiente (30-37°) Talud o conjunto de taludes con pendiente moderado (11-30°) Talud o conjunto de taludes con poco pendiente (8-11°) Zona llana u ondulada (pendiente < 8°) Abancalamiento de anchura > 5 m Abancalamiento de anchura < 5 m Zona inundada (balsa, lago, etc.)
Pendiente media (°):	Longitud máxima de los taludes (m):

31. Coordenadas UTM del punto central, de acuerdo con la tabla de identificación de zonas.

32. Identificar la zona con la letra asignada en la tabla de identificación de zonas.

33. Perfil topográfico longitudinal del área restaurada. Indicar los diferentes tipos morfológicos existentes, así como las bermas y las infraestructuras de control de la escorrentía y de estabilización del talud, en el caso que existan.

**3. Rellenos (materiales de relleno utilizados para construir taludes y/o configurar la morfología final)<sup>34</sup>**

Identificación de los rellenos <sup>35</sup>				
<input type="radio"/> Sin relleno <input type="radio"/> Con relleno: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Residuos mineros:                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Inertes<sup>36</sup>:                                 <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Estériles de mina</li> <li><input type="radio"/> Gangas de todo uno</li> <li><input type="radio"/> Rechazos</li> <li><input type="radio"/> Subproductos</li> <li><input type="radio"/> Colas de proceso</li> <li><input type="radio"/> Tierra vegetal</li> <li><input type="radio"/> Cobertera</li> </ul> </li> <li><input type="radio"/> No inertes no peligrosos</li> <li><input type="radio"/> Peligrosos</li> </ul> </li> <li><input type="radio"/> Tierras limpias de aportación externa</li> <li><input type="radio"/> Materiales pedregosos limpios de aportación externa</li> <li><input type="radio"/> Otros materiales (autorización específica):                                 <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Escombros</li> <li><input type="radio"/> Arenas de fundición</li> <li><input type="radio"/> Yesos industriales</li> <li><input type="radio"/> Residuos sólidos urbanos</li> <li><input type="radio"/> Otros</li> </ul> </li> </ul>				
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4
Tipo de material utilizado como relleno <sup>37</sup>				
Procedencia				
Densidad del material (Mg/m <sup>3</sup> )				
Proporción de mezcla de los materiales <sup>38</sup> (orientativo)				

34. La valoración específica del riesgo asociado a los rellenos se hace en el apartado referente a riesgo geotécnico.

35. Marcar las casillas correspondientes a los materiales utilizados como relleno.

36. De acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 975/2009 sobre gestión de residuos de las industrias extractivas.

37. Especificar el tipo de material utilizado como relleno de acuerdo con las casillas marcadas.


38. Especificar la proporción volumétrica de mezcla en el relleno para cada tipo de material especificado.

Vertederos/escombreras
La zona evaluada, ¿ha sido un vertedero controlado?
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí
La zona evaluada, ¿ha sido una instalación de residuos mineros?
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí
¿Era una instalación de categoría A?
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí
¿Existen sistemas de sellado o impermeabilización de la superficie del relleno?
<input type="radio"/> No aplica
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí
¿Cuáles <sup>39</sup> ?
¿Existen dispositivos de recogida o sistemas de tratamiento de filtraciones y lixiviados?
<input type="radio"/> No aplica
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí
¿Cuáles?
Afloramiento de residuos o presencia a menos de 50 cm de la superficie:
<input type="radio"/> No aplica
<input type="radio"/> No
<input type="radio"/> Sí

39. Representarlos en el esquema de disposición de rellenos. Véase apartados más adelante.

Estabilidad del relleno	
Aportación de material de drenaje en la base?	
No	<input type="radio"/>
Sí	<input type="radio"/>
Tipo de material de drenaje de base:	
Profundidad del nivel freático (m):	
Inclinación de la plataforma o zócalo rocoso (base de roca consolidada) sobre la cual se asienta el talud (°):	
El relleno, ¿se asienta sobre planos de estratificación o de falla?	
No	<input type="radio"/>
Sí	<input type="radio"/>

Esquema de la disposición de los materiales en el relleno<sup>40</sup>



40. Utilizar las letras identificativas de los materiales (A, B, C, D o E) para representarlos en el esquema.

**4. Riesgo geotécnico<sup>41</sup>**

¿Se observan caídas de piedras o de bloques?	No <input type="radio"/>
	Sí <sup>42</sup> <input type="radio"/>
Superficie afectada por caídas (m <sup>2</sup> ):	
¿Existe riesgo para las personas?	No <input type="radio"/>
	Sí <input type="radio"/>
¿Se observan fallas o fisuras en frentes?	No <input type="radio"/>
	Sí <sup>43</sup> <input type="radio"/>
¿Se observa inclinación del tronco de los árboles?	No <input type="radio"/>
	Sí <input type="radio"/>
¿Se observan corrimientos?	No <input type="radio"/>
	Sí <sup>44</sup> <input type="radio"/>
Superficie afectada por corrimientos (m <sup>2</sup> ):	
¿Se observa subsidencia, grietas o abombamientos en taludes o terraplenes?	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Grietas <sup>45</sup> <input type="radio"/> Subsidencia <sup>46</sup> <input type="radio"/> Abombamientos <sup>47</sup>

41. Representar en el *Mapa de riesgos geotécnicos*, preferiblemente sobre ortofotoimagen, los principales riesgos geotécnicos detectados siguiendo las indicaciones para cada tipo de riesgo.

42. Delimitar los lugares donde se observan bloques o piedras caídos y representar la procedencia y la trayectoria de los bloques o piedras.

43. Delimitar los puntos donde se observan fallas y / o fisuras.

44. Delimitar los lugares donde se observan corrimientos y / o deslizamientos y representar su procedencia y la trayectoria.

45. Delimitar los puntos donde se observan grietas.

46. Delimitar los puntos donde se observa subsidencia.

47. Delimitar los puntos donde se observan abombamientos.

Mapa de riesgos geotécnicos (plano u ortofotoimagen de la zona restaurada delimitando las zonas afectadas por riesgos geotécnicos)			
Descripción de los riesgos geotécnicos detectados			
Código del mapa	Descripción	Código del mapa	Descripción



**5. Control de la escorrentía**

Plano o ortofotoimagen de la zona restaurada indicando la red de drenaje y las estructuras existentes de control de la escorrentía



Descripción de las estructuras existentes

Código del mapa	Descripción	Código del mapa	Descripción

Valoración/Estado de conservación de la red de drenaje	
<input type="radio"/> Rotura de canales de bermas/cordones: Número de roturas:	
<input type="radio"/> Colmatación de canales de evacuación: Número de canales colmatados:	
Conservación de la red y funcionalidad de los canales:	
Número total de canales:	
Número de canales no funcionales:	
Número de canales erosionados, socavados:	
Número de canales bien conservados y revegetados:	

Descripción de los problemas vinculados a la red de drenaje (hay que seguir la codificación utilizada en la descripción)			
Código del mapa	Descripción del problema detectado	Código del mapa	Descripción del problema detectado



<p>¿Se forman charcos?</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p>	<p>Distribución:</p> <p>Generalizada <input type="radio"/></p> <p>Localizada <input type="radio"/></p>
<p>¿Dificultad de penetrar el suelo, incluso cuando hay poca pedregosidad superficial?</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p>	
<p>¿Se observan cavidades tubulares en el suelo?</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p>	<p>Distribución:</p> <p>Generalizada <input type="radio"/></p> <p>Localizada <input type="radio"/></p>
<p>¿Se observan hundimientos?</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p>	<p>Distribución:</p> <p>Generalizada <input type="radio"/></p> <p>Localizada <input type="radio"/></p>

Mapa de procesos erosivos (plano u ortofotoimagen de la zona restaurada delimitando las zonas afectadas por procesos erosivos)			
Descripción de los procesos erosivos detectados			
Código del mapa	Descripción	Código del mapa	Descripción

### 7. Sustratos edáficos y enmiendas

Sustratos										
Tipo de sustratos utilizados <sup>51</sup>		<input type="radio"/> Sin sustrato o sustrato extremadamente pedregoso <input type="radio"/> Sustrato pedregoso inerte (tierra fina 20-40%) <input type="radio"/> Sustrato fino inerte (tierra fina > 40%) <input type="radio"/> Tierra vegetal (suelo edáfico)								
Proporción de mezcla de los sustratos utilizados <sup>52</sup>										
Procedencia										
Fecha de la extendida de los materiales										
Grosor de suelo repuesto (cm):										
Pedregosidad superficial: ¿se observan bloques de más de 25 cm de diámetro en superficie?										
<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No		<input type="radio"/> Presencia generalizada <input type="radio"/> Presencia localizada								
Presencia en el sustrato edáfico de hierros, escombros o otros residuos transportados con el sustrato:										
<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No										
Distribución:										
<input type="radio"/> en un solo punto <input type="radio"/> 1-5 puntos <input type="radio"/> > 5 puntos diferentes										

Enmiendas o abonos			
Enmiendas o abonos utilizados			
Procedencia <sup>53</sup>			
Dosis (Peso seco/ha)		Fecha de aplicación	

51. Marcar los diferentes tipos de sustrato utilizados.

52. A indicar cuando se haya utilizado más de un sustrato diferente. Indicar aproximadamente la relación volumétrica de mezcla (p. ex. 1 tierra vegetal / 1 sustrato pedregoso).

53. Indicar el lugar de procedencia del producto.

**8. Cubierta vegetal (vegetación)**

Labores para el establecimiento de la cubierta vegetal		
<i>Siembras</i>		
Especies sembradas	Proporción en la mezcla de semillas (%)	Fecha de siembra
Densidad de siembra de la mezcla de semillas (kg/ha)		
Descripción del proceso y la metodología de siembra (en el caso de restauraciones agrícolas hay que hacer referencia al plan de rotación de cultivos y barbechos)		

Plantaciones			
Especies plantadas	Altura de los plantones (m)	Fecha de plantación	Densidad de la plantación (pies/ha)

Riegos de apoyo	
¿Se aplica algún riego?	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Goteo <input type="radio"/> Manga (manual) <input type="radio"/> Exudante <input type="radio"/> Roto aspersor <input type="radio"/> Aspersor fijo <input type="radio"/> Inundación <input type="radio"/> Otros
Duración:	<input type="radio"/> Primer año <input type="radio"/> Hasta el segundo año <input type="radio"/> Hasta el tercer año <input type="radio"/> Hasta el cuarto año <input type="radio"/> Hasta el quinto año <input type="radio"/> Más de cinco años



Descripción de la cubierta vegetal presente																						
<i>Plantas herbáceas</i>																						
Especie (o denominación identificativa)																						
Sp1												Sp11										
Sp2												Sp12										
Sp3												Sp13										
Sp4												Sp14										
Sp5												Sp15										
Sp6												Sp16										
Sp7												Sp17										
Sp8												Sp18										
Sp9												Sp19										
Sp10												Sp20										
Patrón de distribución del estrato herbáceo <input type="radio"/> En clapas <input type="radio"/> En franjas <input type="radio"/> Homogéneo <input type="radio"/> Continuo <input type="radio"/> Discontinuo																						
Altura media aproximada (cm)																						
¿Se observan especies diferentes de las sembradas? <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> Dominantes <input type="radio"/> En proporción similar a las sembradas <input type="radio"/> Esporádicas																						
¿Se ha producido entrada de exóticas/invasoras de forma espontánea? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No																						
Indicar que especies han entrado:																						
Indicar cuanta superficie ocupan (m <sup>2</sup> ):																						
Fecha de la medida:																						

Plantas leñosas (arbustivas y arbóreas)						
Especie	Densidad (pies/100 m <sup>2</sup> ) o Presencia (1) - Ausencia (0)					

Plantas leñosas (arbustivas y arbóreas)	
Patrón de distribución:	<input type="radio"/> En clapas <input type="radio"/> En franjas <input type="radio"/> Homogéneo
Problemas de desarrollo:	<input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> Nanismo <input type="radio"/> Hojas cloróticas <input type="radio"/> Crecimiento desestructurado <input type="radio"/> Afectación por plagas <input type="radio"/> Otros:
¿Se ha producido entrada de autóctonas de forma espontánea?	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No Hay que indicar que especies autóctonas han entrado:
¿Se ha producido entrada de exóticas/invasoras de forma espontánea?	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No Indicar que especies han entrado:  Indicar la superficie aproximada que ocupan (m <sup>2</sup> ):
¿Se observan órganos reproductores, frutos o semillas?	Ha habido reproducción espontánea? <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> No Hay que indicar que especies presentan frutos carnosos:
Abundancia global:	<input type="radio"/> un solo individuo <input type="radio"/> 2 individuos <input type="radio"/> 3 individuos <input type="radio"/> 4 o más individuos
Fecha de la medida/observación:	

**Medidas de recubrimiento en la zona evaluada**  
(Imprimir tantas copias como haga falta)

**Parcela 1**

		En dirección a la pendiente																			
		0m		1m		2m		3m		4m											
Herbáceas		0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
Leñosas		-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																					
		5m		6m		7m		8m		9m											
Herbáceas		0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
Leñosas		-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																					

		Perpendicular a la pendiente																			
		0m		1m		2m		3m		4m											
Herbáceas		0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
Leñosas		-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																					
		5m		6m		7m		8m		9m											
Herbáceas		0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
Leñosas		-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																					

### Parcela 2

		En dirección a la pendiente																													
		0m			1m			2m			3m			4m																	
Herbáceas		0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80					
Leñosas		-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																															
		5m			6m			7m			8m			9m																	
Herbáceas		0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80					
Leñosas		-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100					
Efectivo																															

		Perpendicular a la pendiente																								
		0m			1m			2m			3m			4m												
Herbáceas		0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
Leñosas		-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																										
		5m			6m			7m			8m			9m												
Herbáceas		0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
Leñosas		-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																										

### Parcela 3

En dirección a la pendiente

	0m	1m	2m	3m	4m	
	0	80	80	80	0	80
	20-	0	0	0	0	20-
	40	20-	20-	20-	20-	40-
	60	40-	40-	40-	40-	60-
	80	60-	60-	60-	60-	80
	100	80	80	100	80	100
Herbáceas						
Leñosas						
Efectivo						
	5m	6m	7m	8m	9m	
	0	80	80	80	80	80
	20-	0	0	0	0	20-
	40	20-	20-	20-	20-	40-
	60	40-	40-	40-	40-	60-
	80	60-	60-	60-	60-	80
	100	80	100	100	80	100
Herbáceas						
Leñosas						
Efectivo						

Perpendicular a la pendiente

	0m	1m	2m	3m	4m	
	0	80	80	80	0	80
	20-	0	0	0	0	20-
	40	20-	20-	20-	20-	40-
	60	40-	40-	40-	40-	60-
	80	60-	60-	60-	60-	80
	100	80	100	100	80	100
Herbáceas						
Leñosas						
Efectivo						
	5m	6m	7m	8m	9m	
	0	80	80	80	80	80
	20-	0	0	0	0	20-
	40	20-	20-	20-	20-	40-
	60	40-	40-	40-	40-	60-
	80	60-	60-	60-	60-	80
	100	80	100	100	80	100
Herbáceas						
Leñosas						
Efectivo						

### Parcela 4

En dirección a la pendiente

	0m	1m	2m	3m	4m	
	0 20- -20	40- 60- 80	80 - 100	0 20- -20	40- 60- 80	0 - 20
	40 60 80	20 40 60	60 80 100	20 40 60	40 60 80	20 40 60
Herbáceas						
Leñosas						
Efectivo						
	5m	6m	7m	8m	9m	
	0 20- -20	40- 60- 80	80 - 100	0 20- -20	40- 60- 80	0 - 20
	40 60 80	20 40 60	60 80 100	20 40 60	40 60 80	20 40 60
Herbáceas						
Leñosas						
Efectivo						

Perpendicular a la pendiente

	0m	1m	2m	3m	4m	
	0 20- -20	40- 60- 80	80 - 100	0 20- -20	40- 60- 80	0 - 20
	40 60 80	20 40 60	60 80 100	20 40 60	40 60 80	20 40 60
Herbáceas						
Leñosas						
Efectivo						
	5m	6m	7m	8m	9m	
	0 20- -20	40- 60- 80	80 - 100	0 20- -20	40- 60- 80	0 - 20
	40 60 80	20 40 60	60 80 100	20 40 60	40 60 80	20 40 60
Herbáceas						
Leñosas						
Efectivo						

**Sistema de referencia**

<i>Herbáceas</i>			
Especie (o denominación identificativa)			
Sp1		Sp11	
Sp2		Sp12	
Sp3		Sp13	
Sp4		Sp14	
Sp5		Sp15	
Sp6		Sp16	
Sp7		Sp17	
Sp8		Sp18	
Sp9		Sp19	
Sp10		Sp20	

<i>Leñosas</i>						
Especie	Densidad (pies/100 m <sup>2</sup> o Presencia (1)-Ausencia (0))					

Exóticas/invasoras identificadas:



**Medidas de recubrimiento en la zona de referencia**  
(Imprimir tantas copias como haga falta)

**Parcela 1**

En dirección a la pendiente

	0m	1m	2m	3m	4m		5m	6m	7m	8m	9m				
	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Herbáceas															
Leñosas															
Efectivo															

Perpendicular a la pendiente

	0m	1m	2m	3m	4m		5m	6m	7m	8m	9m				
	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Herbáceas															
Leñosas															
Efectivo															

### Parcela 2

En dirección a la pendiente

	0m			1m			2m			3m			4m						
Herbáceas	0	20-	40-	40-	60-	80	0	20-	40-	40-	60-	80	0	20-	40-	40-	60-	80	
Leñosas	-20	40	60	60	80	100	-20	40	60	60	80	100	-	20	40	40	60	80	100
Efectivo																			
	5m			6m			7m			8m			9m						
Herbáceas	0	20-	40-	40-	60-	80	0	20-	40-	40-	60-	80	0	20-	40-	40-	60-	80	
Leñosas	-20	40	60	60	80	100	-20	40	60	60	80	100	-	20	40	40	60	80	100
Efectivo																			

Perpendicular a la pendiente

	0m			1m			2m			3m			4m						
Herbáceas	0	20-	40-	40-	60-	80	0	20-	40-	40-	60-	80	0	20-	40-	40-	60-	80	
Leñosas	-20	40	60	60	80	100	-20	40	60	60	80	100	-	20	40	40	60	80	100
Efectivo																			
	5m			6m			7m			8m			9m						
Herbáceas	0	20-	40-	40-	60-	80	0	20-	40-	40-	60-	80	0	20-	40-	40-	60-	80	
Leñosas	-20	40	60	60	80	100	-20	40	60	60	80	100	-	20	40	40	60	80	100
Efectivo																			

### Parcela 3

En dirección a la pendiente

	0m			1m			2m			3m			4m							
Herbáceas	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
Leñosas	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																				
	5m			6m			7m			8m			9m							
Herbáceas	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
Leñosas	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																				

Perpendicular a la pendiente

	0m			1m			2m			3m			4m							
Herbáceas	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
Leñosas	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																				
	5m			6m			7m			8m			9m							
Herbáceas	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
Leñosas	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Efectivo																				

### Parcela 4

En dirección a la pendiente																			
0m			1m			2m			3m			4m							
0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Herbáceas			Leñosas			Efectivo			Herbáceas			Leñosas			Efectivo				
Perpendicular a la pendiente																			
5m			6m			7m			8m			9m							
0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Herbáceas			Leñosas			Efectivo			Herbáceas			Leñosas			Efectivo				

Perpendicular a la pendiente																			
0m			1m			2m			3m			4m							
0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Herbáceas			Leñosas			Efectivo			Herbáceas			Leñosas			Efectivo				
En dirección a la pendiente																			
5m			6m			7m			8m			9m							
0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80	0	20-	40-	60-	80
-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100	-20	40	60	80	100
Herbáceas			Leñosas			Efectivo			Herbáceas			Leñosas			Efectivo				