

## SEGUIMIENTO DE LA REVEGETACIÓN DE TALUDES EN AUTOVÍAS

Álvaro Enríquez de Salamanca  
Sánchez-Cámara

DRABA Ingeniería y  
Consultoría Medioambiental  
Tlf: 916360301  
e-mail: draba@drabaicm.e.telefonica.net

María José Carrasco García

DRABA Ingeniería y  
Consultoría Medioambiental

Francisco García Vila

Centro de Estudios y  
Experimentación de Obras Públicas

Juan Manuel Varela Nieto

Centro de Estudios y  
Experimentación de Obras Públicas

### RESUMEN

CARRASCO, M.J., A. ENRÍQUEZ DE SALAMANCA, F. GARCÍA & J.M. VARELA (2004).  
Resultados del seguimiento de la revegetación de taludes en autovías.

La presente comunicación recoge las conclusiones de los trabajos sobre seguimiento de la revegetación de taludes en autovías realizados por el CEDEX. Estos trabajos analizan la cobertura y composición florística de numerosos taludes de desmonte y terraplén, comparando la situación actual con la vegetación natural del entorno y con las previsiones establecidas en función del proyecto de revegetación y de la ejecución de las obras. Se concluye comentando la evolución global de los taludes, y proponiendo algunas actuaciones y técnicas para mejorar las labores de revegetación.

Palabras clave: Talud, revegetación, seguimiento ambiental, autovías.

### ABSTRACT

CARRASCO, M.J., A. ENRÍQUEZ DE SALAMANCA, F. GARCÍA & J.M. VARELA (2004).  
Results of the pursuit of the revegetation of slopes in highways.

The present communication gathers the conclusions of the works on pursuit of the revegetation of slopes of highways realized by the CEDEX. The above mentioned works there analyze the coverage and floristic composition of numerous slopes, comparing the current situation with the natural vegetation of the environment and with the forecasts according to the project of revegetation and of the execution of the works. One concludes commenting the global evolution of the slopes and proposing some performances and skills to improve the works of revegetation.

Key words: Slope, revegetation, environmental pursuit, highways.

**ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. OBJETIVOS .....	4
3. METODOLOGÍA.....	5
4. RESULTADOS .....	8
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	17

## 1. INTRODUCCIÓN

La construcción de grandes infraestructuras de transporte terrestre lleva aparejadas diversas afecciones ambientales, tanto en su fase de obras como durante su explotación. La construcción de una plataforma donde se asentará la infraestructura, supone no solo la eliminación de la vegetación existente, sino también unos movimientos de tierras, cuya entidad dependerá del relieve de los terrenos atravesados y de la geometría del proyecto.

La evolución en el diseño de infraestructuras persigue la búsqueda de mayor comodidad para los usuarios, mayor seguridad, y menores tiempos de desplazamiento, tanto por carretera como por ferrocarril. Estos requerimientos, que se imponen al proyecto de construcción, se traducen en una mayor rigidez de los trazados, ya que implican menores posibilidades de adaptarse al terreno. A este respecto, conviene indicar que la mejora en la geometría de las infraestructuras de transporte origina un fuerte incremento en los movimientos de tierras (si se compara con las antiguas carreteras) y, en consecuencia, este tipo de obra da lugar a la aparición de grandes taludes en terraplén y desmante, cuyas pendientes y longitudes de impluvios, en claras condiciones de rexistasia, dan lugar a procesos erosivos que, a corto plazo, la naturaleza es incapaz de colonizar; tales procesos de erosión hídrica están condicionados por los factores siguientes:

- Superficie de su cuenca receptora de aguas.
- Longitud de la línea de máxima pendiente del talud.
- Pendiente del talud.
- Dureza litológica.
- Proporción de materia particulada.

Si los tres primeros factores aumentan, crece el coeficiente de escorrentía (en consecuencia, también la capacidad de arrastre de materiales erosionados) y disminuye la precipitación efectiva. Se puede actuar sobre ellos con cunetas de coronación, bermas y muros de retención de tierras, base de la generación de suelos y coluviones. La dureza del sustrato proporcionará datos sobre la capacidad de campo del suelo y la facilidad con que se encontrarán los agentes de la erosión para crear finos capaces de generar suelos.

Tanto los problemas de infiltración de agua como los de revegetación, están íntimamente relacionados con la proporción de materia particulada presente en el suelo. En el caso de terraplenes, estos están formados íntegramente por materiales con granulometrías térreas y, en consecuencia, su capacidad de almacenamiento de agua es alta, siendo así fáciles de penetrar por las raíces de las plantas. En cambio, los taludes en desmante, en general, tienen inicialmente una proporción de finos pequeña y, por tanto, la infiltración es muy baja y, en consecuencia, la precipitación efectiva es reducida; acentuándose estas circunstancias con el aumento de la pendiente de los taludes y el descenso de la friabilidad de las litologías. En esas condiciones, las raíces de las plantas tienen graves problemas para desarrollarse, ya que solo pueden utilizar las fisuras de las rocas.

La formación de estos taludes da lugar a unas afecciones paisajísticas, al surgir en el medio unas superficies desnudas y carentes de vegetación, a menudo de fuerte incidencia visual. Además, el binomio pendiente-ausencia de vegetación convierte a los taludes en zonas de muy elevado riesgo de erosión, donde se pueden producir arrastres de tierras que no solo resultan ambientalmente indeseables, sino que también pueden afectar a la funcionalidad de la infraestructura, especialmente entarquinando sus drenajes.

Con el doble objetivo de frenar la erosión e integrar paisajísticamente las obras en su entorno, se comenzó la búsqueda de soluciones aplicables a los taludes para implantar en ellos vegetación. Por otra parte, la importante ocupación del territorio nacional por las redes de transporte terrestre ha dado lugar a la creación de unas 30.000 ha de taludes en carreteras de alta capacidad, que aumentan hasta unas 50.000 ha si se incluyen las carreteras convencionales. Conseguir que esta importante cantidad de territorio, repartida por toda la geografía nacional, tenga la mejor calidad posible dentro de las limitaciones (fundamentalmente de pendiente y de sustrato), que imponen los taludes artificiales, es de gran importancia para el mantenimiento de la biodiversidad.

En España, salvo algunos casos excepcionales, la aplicación de técnicas de revegetación en taludes comenzó en la década de 1970, se desarrolló de los años 80 y se generalizó en los 90, siendo en la actualidad parte integrante de todos los proyectos constructivos. Las primeras actuaciones de revegetación realizadas, que tuvieron un carácter experimental, a menudo carecían de proyectos específicos y fueron adjudicadas a las pocas empresas que se dedicaban a estas labores, quienes recurrieron inicialmente a las prácticas agrícolas y forestales tradicionales, mejoradas progresivamente mediante la aplicación de nuevas técnicas y materiales específicos, siendo entonces la más novedosa el empleo de hidrosiembras. En la actualidad, la situación ha evolucionado, con un gran mercado y con proyectos concretos, aunque de definición y calidad muy variable.

En todo ese tiempo ha sido una constante la importación de técnicas y materiales de otros países occidentales, donde llevaban tiempo empleándose, aunque las peculiaridades climáticas de la región mediterránea hacen que no todas esas técnicas y productos sean aplicables, ya que a veces están diseñadas, por ejemplo, por y para países lluviosos. Esta influencia extranjera en el mercado de técnicas y materiales, la relativa juventud en la aplicación generalizada de técnicas de revegetación y la escasa investigación específica, ha llevado a que el diseño de estas actuaciones de restauración de la cubierta vegetal en taludes se base, en algunos casos, en aplicar criterios de jardinería en vez de repoblación forestal, y en realizar, en otros casos, siembras y plantaciones, cuyo criterio de supervivencia va poco más allá de la inauguración del tramo de autovía. La falta de información práctica o aplicada al territorio español, tanto sobre eficacia de las distintas técnicas como sobre los problemas asociados a ciertas especies vegetales, ha dado lugar con frecuencia a reincidir en errores evitables.

Una inmejorable fuente de conocimiento de la excelencia de las revegetaciones es el seguimiento ambiental de las obras ya realizadas, especialmente si se realiza cuando ha pasado el tiempo suficiente para poder documentar las actuaciones realmente ejecutadas, y analizar su evolución a lo largo del tiempo.

Dado que ha pasado ya al menos una década desde la ejecución de las primeras grandes obras de revegetación, asociadas a las autovías desarrolladas en las décadas de 1980 y 1990, es un buen momento para evaluar resultados. Por ello, dentro del marco de convenios de colaboración con la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del Ministerio de Fomento ha desarrollado, desde hace unos ocho años, diversos trabajos sobre el seguimiento ambiental de medidas correctoras empleadas fundamentalmente en la construcción de autovías (revegetación de taludes, mejora de la permeabilidad para la fauna, dispositivos de protección de la calidad de las aguas y defensa del patrimonio histórico-artístico). Los datos obtenidos en el seguimiento de una muestra suficientemente representativa de taludes revegetados, durante la construcción de autovías, son la base de este estudio.

## **2. OBJETIVOS**

Los trabajos realizados han buscado dos objetivos fundamentales. Por una parte, se ha hecho un balance, aunque parcial, de los resultados obtenidos en la revegetación de taludes, pasados unos años desde la ejecución de las obras, realizando al mismo tiempo una revisión crítica de los criterios y técnicas empleadas, con la pretensión de extraer conclusiones y conocimientos que puedan servir para mejorar en el futuro las tareas de revegetación. Por ello, el alcance de estos trabajos no debe entenderse como una evaluación concreta de unos tramos de autovías, sino como una intención de definir posibilidades de mejora y de abrir vías de reflexión, dirigidas a un mejor desarrollo futuro de las labores de restauración de la cubierta vegetal. Por otra parte, se ha establecido una metodología de seguimiento de la revegetación de taludes, que sea utilizable en el seguimiento de la restauración de taludes. Con ella, se busca el establecimiento de criterios sólidos que permitan asentar las bases de una línea de trabajo futura destinada al el seguimiento global de las repercusiones ambientales que originan las grandes obras de infraestructuras.

### 3. METODOLOGÍA

La primera fase metodológica ha consistido en seleccionar los tramos de autovía donde realizar los estudios. Esta elección se ha basado en varios criterios: el primero ha sido situar los tramos en los pisos bioclimáticos mediterráneos que ocupan la mayor parte del territorio peninsular, correspondiendo, en base a este criterio, la mayor representación del muestreo al piso mesomediterráneo, que es el que ocupa mayor extensión en la península; el segundo criterio de selección ha sido elegir tramos construidos hace más de cinco años, de tal forma que el tiempo transcurrido desde la ejecución de las tareas de revegetación, haya sido el suficiente como para poder establecer un diagnóstico sobre la eficacia de tales tareas y, finalmente, se han buscado tramos sobre los que se dispusiera de alguna información sobre la ejecución de las obras, pero esto solo ha sido posible en los casos en los que coincidió que el equipo de trabajo había participado, en su día, en labores de aseguramiento de la calidad de las obras en cuestión, siendo la relación de tramos estudiados la siguiente:

#### Piso termomediterráneo

- Autovía de Valencia (A-3). Tramo: Requena - Chiva (Provincia de Valencia). Se estudiaron un total de 8 taludes, 3 desmontes y 5 terraplenes.

#### Piso Mesomediterráneo

- Autovía de Valencia (A-3). Tramo: Arganda del Rey - Perales de Tajuña (Provincia de Madrid). Se estudiaron un total de 29 taludes, 14 terraplenes y 15 desmontes.
- Autovía del Noroeste (A-6). Tramo: Madrid (Puerta de Hierro) - Las Rozas (Provincia de Madrid). Se estudiaron un total de 14 taludes, 10 desmontes y 4 terraplenes.
- Autovía M-40. Tramo: Nudo de El Barrial (enlace con la A-6) - Enlace con la carretera de El Pardo M-605 (Provincia de Madrid). Se estudiaron un total de 13 taludes, 10 desmontes y 3 terraplenes.
- Autovía del Norte (A-1). Tramo: San Agustín de Guadalix - Atalaya de Venturada (Provincia de Madrid). Se estudiaron un total de 7 taludes, todos ellos en desmonte.
- Autovía de Andalucía (A-4). Tramo: Variante de Aranjuez (Provincias de Madrid y Toledo). Se estudiaron un total de 10 taludes, 5 desmontes y 5 terraplenes.

#### Piso Supramediterráneo

- Autovía de las Rías Bajas (A-52). Tramo: Sitrama de Tera- Asturianos (Zamora). Se han estudiado un total de 41 taludes, 19 desmontes y 22 terraplenes.

En conjunto, se han estudiado un total de 122 taludes, 69 desmontes y 53 terraplenes.

Seleccionados los tramos de estudio, se procedió a la recopilación de los proyectos constructivos de cada uno de ellos, tratándolos de forma totalmente independiente, para posteriormente analizar las conclusiones correspondientes a cada uno de los tramos con el fin de obtener unas conclusiones generales. Una vez realizada la selección de los tramos de estudio, el primer paso que se llevó a cabo fue definir los taludes concretos a muestrear.

El estudio analiza tanto la **cobertura** de los taludes como su **composición florística**, aspectos diferentes a la hora de realizar los trabajos de campo. Para estudiar la cobertura se seleccionó un número importante de taludes, ya que la obtención de datos de campo es relativamente rápida. Sin embargo, para la realización de inventarios florísticos detallados se utilizó un número menor de taludes, con el fin de incrementar el nivel de detalle de los trabajos. En conjunto, se ha buscado un equilibrio entre desmontes y terraplenes, así como entre márgenes de la autovía, por la posible influencia de la exposición sobre la cubierta vegetal de los taludes. Se ha establecido una metodología de trabajo propia, cuyo esquema metodológico se concreta en las fases siguientes:

➤ **Análisis de la vegetación espontánea**

El primer paso en el proceso de seguimiento de las actuaciones de revegetación ha sido, obviamente, conocer la vegetación del entorno, para poder comprender la evolución de las zonas tratadas.

Este análisis de la vegetación espontánea se ha basado en dos líneas de trabajo, la recopilación y análisis de bibliografía botánica especializada, y la realización de inventarios florísticos de campo en el entorno de los taludes que se pretende estudiar en detalle, a los que se han unido datos sobre el grado de cobertura herbácea y leñosa de la vegetación natural, de forma que también sea posible comparar la situación de los taludes con la situación original.

➤ **Análisis de los proyectos**

El análisis de los proyectos, en los apartados dedicados a la revegetación, permite una primera valoración del proceso de restauración, determinando la idoneidad de las especies propuestas, las densidades y distribución de las especies o las técnicas de implantación de los vegetales. Trabajando sobre estos datos, se establece tanto el grado de cobertura leñosa y herbácea como la composición florística de los taludes esperables de acuerdo con lo señalado en el proyecto.

➤ **Análisis de la ejecución de las obras**

Es una realidad demasiado habitual que en la ejecución de las obras de revegetación no se respeten los proyectos. Una comparación de lo planteado en el proyecto con la situación actual puede resultar de escaso interés si en la fase de obras no se ha ejecutado lo proyectado. Cuando ha sido posible, se ha analizado la fase de ejecución de las obras, determinando las actuaciones realmente ejecutadas. De igual manera que en el caso anterior, con estos datos, se ha establecido tanto el grado de cobertura leñosa y herbácea como la composición florística de los taludes previsibles de acuerdo con lo realmente ejecutado.

➤ **Análisis de la situación actual**

Conocidos los antecedentes, se ha procedido a la realización de trabajos de campo en los taludes de los tramos de autovía seleccionados. Estos trabajos han consistido en primer lugar en realizar inspecciones visuales de los taludes, para determinar su grado de cobertura herbácea y leñosa. En función del porcentaje de suelo cubierto por vegetación herbácea o leñosa, se han establecido cinco clases de cobertura: muy baja, baja, media, alta y muy alta. Por otra parte, de forma paralela a la obtención de esos datos de cobertura, se ha anotado para cada talud su tipología, altura, rocosidad y litología.

En aquellos taludes seleccionados de forma previa para su estudio en detalle, se ha procedido a la realización de inventarios florísticos, anotándose las especies de vegetales vasculares presentes, señalando su abundancia y sociabilidad, su tamaño o grado de desarrollo, su forma vital y su naturalidad en la zona.

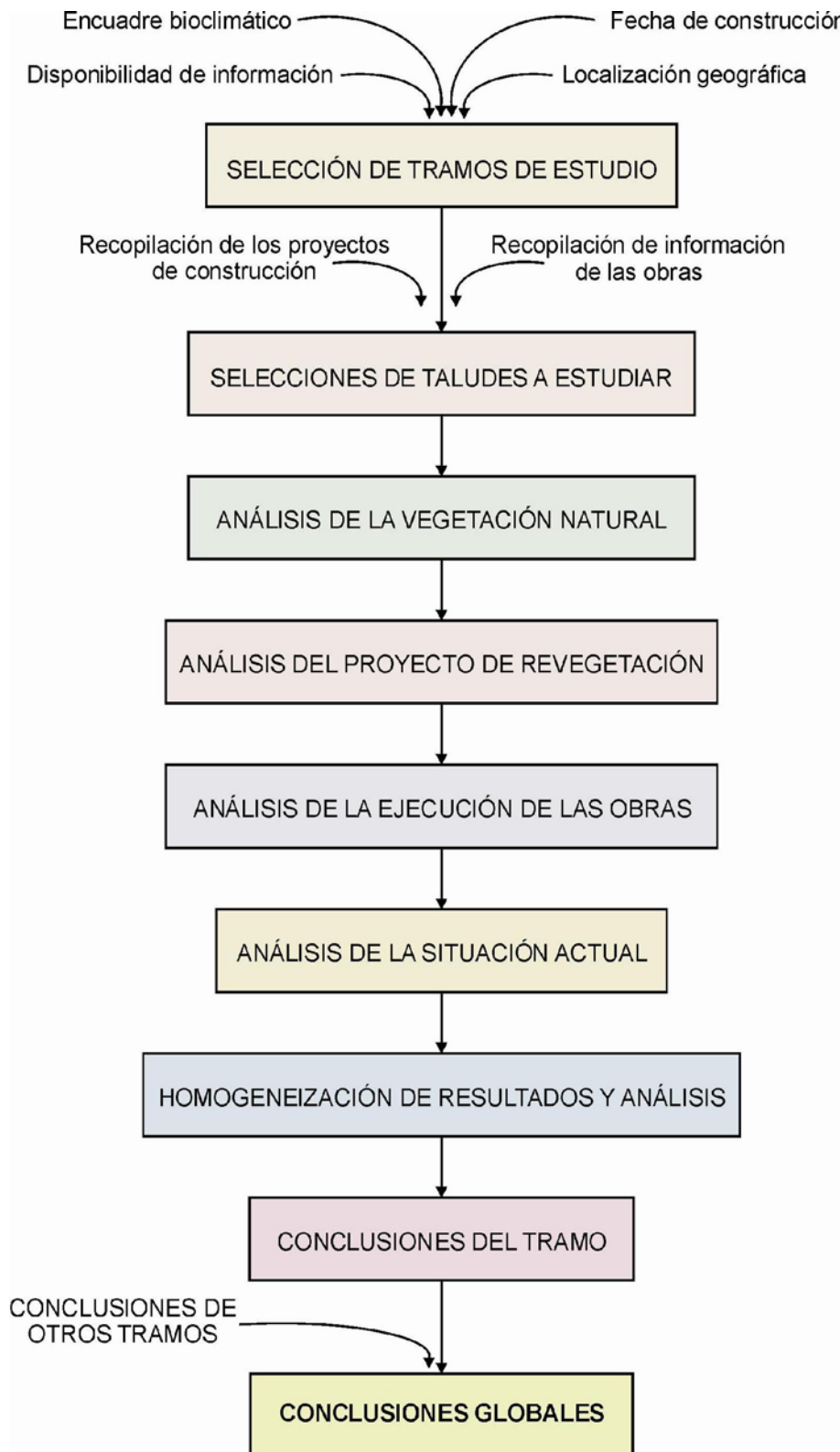
➤ **Homogeneización de resultados**

En las cuatro etapas anteriores se han recopilado datos sobre la vegetación natural, las actuaciones diseñadas, las realmente ejecutadas y la situación actual. Para poder proceder a su comparación, es precisa una etapa de homogeneización de resultados.

➤ **Evaluación global y conclusiones**

Para cada tramo, se han analizado las cuatro etapas de estudio, determinando la evolución de los taludes en cuanto a su cobertura y a su composición florística. En función de los

resultados obtenidos en cada tramo se exponen unas conclusiones generales, así como propuestas de actuación y de mejora.



*Figura 1. Esquema metodológico.*

#### 4. RESULTADOS

Los resultados y conclusiones del presente estudio se deben considerar con cautela, dada la diversidad climática, fisiográfica y litológica de la Península Ibérica, que permite la existencia de innumerables nichos ecológicos y situaciones particulares, susceptibles de dar lugar a procesos especiales en la evolución de la vegetación. Aún así, con la necesaria prudencia antes indicada, se puede afirmar que los resultados obtenidos en este trabajo son extrapolables a la mayor parte de la España mediterránea. Otro aspecto que se debe resaltar es la enorme variabilidad de las cubiertas herbáceas, sobre todo de herbazales terofíticos colonizadores. Estas cubiertas al estar dominadas por terófitos (vegetales anuales), de ciclo vegetativo muy corto, cambian constantemente, tanto fisonómicamente como en la dominancia de las especies.

Los trabajos de campo se han realizado en épocas favorables, procurando determinar la totalidad de especies presentes en los taludes, aunque no estuviesen en su momento fenológico más adecuado, lo cual ha sido posible en muchos casos por tratarse de especies muy comunes y cosmopolitas. No obstante, es inevitable que algunas especies presentes en esos taludes no hayan sido localizadas, aunque esto en principio no debe ser importante al tratarse, en general, de especies escasas o, al menos, no dominantes ni frecuentes.

##### **Evolución del grado de cobertura de los taludes**

###### ➤ **Cobertura herbácea**

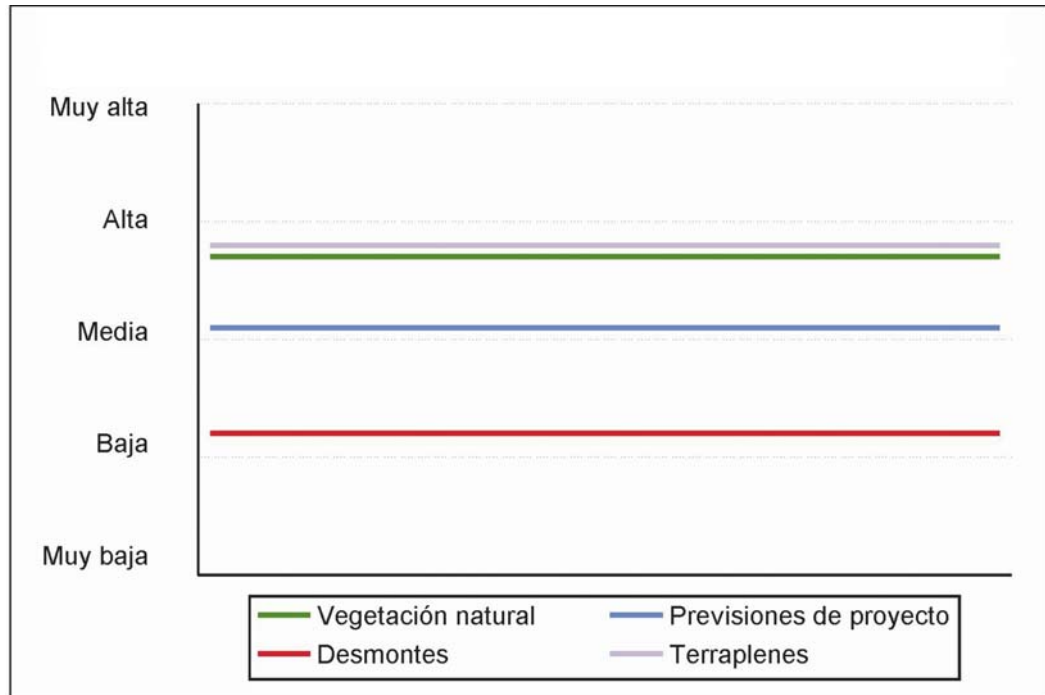
En los taludes de **terraplén**, el grado de cobertura herbácea al cabo de unos años es parecido al de la vegetación natural, superando las previsiones esperables según lo proyectado y ejecutado. Su comportamiento es, por tanto, claramente progresivo. En general, las coberturas herbáceas de los terraplenes son entre medias y muy altas (40 al 100% de cubrición del suelo), con una dominancia de valores altos de cobertura (60 al 80% de cubrición). Estos taludes tienden a colonizarse solos, si bien es muy importante hidrosembrarlos, con objeto de evitar la aparición de surcos y costras en el periodo de tiempo transcurrido entre su construcción y su colonización por la vegetación. Aunque a simple vista, cuando ha pasado un cierto número de años, no se detectan diferencias notables de cobertura entre terraplenes tratados y no tratados, es habitual que los últimos escondan, tras la cubierta herbácea, regueros y otras secuelas erosivas. En cuanto a la litología, en los terraplenes, al estar constituidos en la casi generalidad de los casos por tierras aportadas y, en consecuencia, constituidos por material suficientemente particulado, no se detectan diferencias importantes de cobertura vegetal en base a distintas características de las tierras.

En los taludes de **desmonte** el grado de cobertura herbácea es inferior, como es de esperar, al de la vegetación natural de sus entornos y a las previsiones esperables según lo proyectado y ejecutado, lo cual resulta también lógico por ser terrenos mucho más desfavorables para la instalación y desarrollo de los vegetales. Las coberturas herbáceas en desmontes son en general entre medias y muy bajas (del 60 al 0 % de cubrición del suelo), con una dominancia de valores muy bajos (0 al 20% de cubrición). La dificultad de implantación de la vegetación en desmontes es mucho mayor que en terraplenes. Si no se frena rápidamente la erosión, el constante arrastre laminar y en regueros dificulta mucho la colonización natural, observándose notables diferencias entre los taludes tratados y los no tratados, siendo más baja la cubierta vegetal en los últimos. En referencia a la litología de los desmontes, la cobertura herbácea tiende a ser mayor en los taludes arcósicos silíceos, y menor en los taludes calizos rocosos, sobre todo, en aquellos con presencia de yesos, no detectándose en estos materiales la influencia de la exposición de los taludes en su cobertura.

En conclusión, el grado de cobertura herbácea tiene una evolución claramente progresiva en terraplenes, tendiendo a aumentar con el tiempo, mientras que en los desmontes es regresiva o estacionaria, y solo en ocasiones progresiva, aconsejando esta diferencia (notable) en la evolución de desmontes y terraplenes, la aplicación de tratamientos diferenciados en cada tipo de talud, más intensos en el caso de los desmontes.

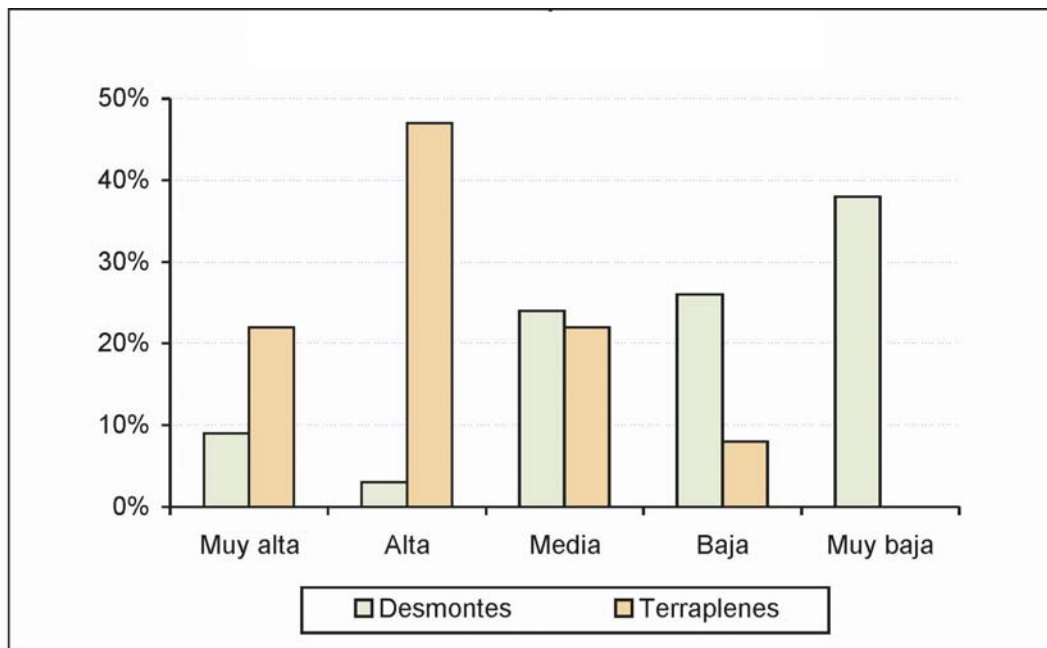


En la figura 2 se reflejan: los valores medios de cobertura herbácea en desmontes y terraplenes, los valores de referencia de la vegetación circundante y el grado de cobertura que podría esperarse según el proyecto de revegetación. En ella se puede observar que el grado de cobertura en los terraplenes iguala al de la vegetación natural de su entorno, superando además las previsiones del proyecto, apuntando así hacia una evolución progresiva. En desmontes, por el contrario, los grados de cobertura son inferiores a los de la vegetación natural y a las previsiones del proyecto, indicando una evolución regresiva.



**Figura 2.** Cobertura herbácea de taludes. Comparación de la cobertura actual de desmontes y terraplenes con la cobertura de la vegetación natural de su entorno y con la previsible según las actuaciones incluidas en los proyectos de revegetación.

La figura 3 resume los valores de cobertura herbácea obtenidos en desmontes y terraplenes. En ella se puede apreciar la dominancia de coberturas altas en terraplenes y bajas a muy bajas en desmontes.



**Figura 3.** Distribución porcentual de taludes en función de su grado de cobertura herbácea

➤ **Cobertura leñosa**

La cobertura actual del estrato leñoso es baja, y muestra un comportamiento mayoritariamente regresivo, con grados de cobertura menores que los correspondientes a la vegetación natural, y a los que se podría esperar previsiblemente según lo proyectado y ejecutado. Esto apunta a una progresiva mortandad de vegetales plantados, que no es compensada por una reproducción de los individuos que persisten o por una colonización natural.

En general, la situación actual no tiende a ser la natural, sino que presenta una cobertura menor de la previsible en función de la vegetación natural. En los terraplenes, la cobertura leñosa sigue una distribución gaussiana, con un máximo en los valores de cobertura media (40 a 60% del cubrición del suelo), aunque algo desplazado hacia coberturas bajas y muy bajas.

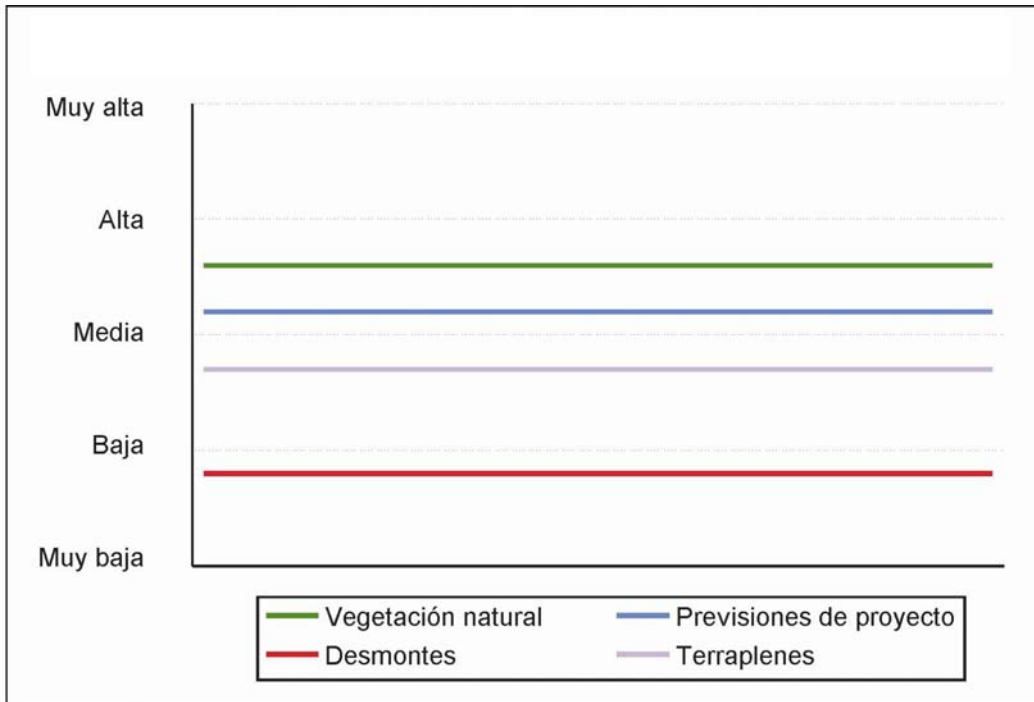
En los desmontes, las coberturas leñosas son entre medias y muy bajas, con clara dominancia de valores muy bajos (0 al 20% de cubrición). En contraposición no se detectan valores de cobertura alta o muy alta, salvo en taludes muy concretos, en los que se plantó con una densidad muy elevada y se estableció una red de riego. Los mejores resultados de coberturas leñosas en desmontes se detectan en taludes donde se está produciendo una colonización extensiva de caméfitos.

En el estrato leñoso, parece existir una cierta influencia de la exposición sobre la cubierta vegetal, siendo en general mayores las coberturas en las exposiciones norte y oeste.

Por otra parte no se detectan variaciones directamente relacionadas con la inclinación de los taludes, siendo el factor dominante en esta relación la rocosidad, ya que en los taludes analizados, generalmente, a mayor pendiente corresponde una mayor rocosidad.

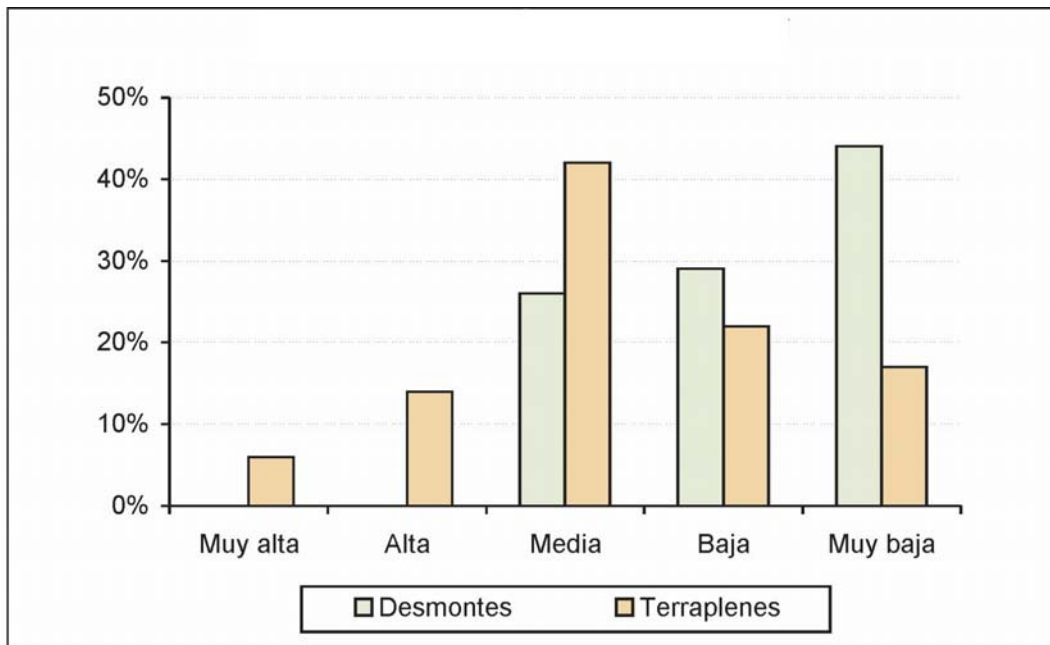
En la figura 4 se reflejan: los valores medios de cobertura leñosa en desmontes y terraplenes; los valores de referencia de la vegetación circundante y el grado de cobertura que podría esperarse según el proyecto de revegetación. Observando esta figura se puede apreciar que, tanto en desmontes como en terraplenes, el grado de cobertura medio es

inferior al de la vegetación natural y a las previsiones del proyecto, indicativo de una evolución regresiva, que es especialmente acusada en los desmontes.



**Figura 4.** Cobertura leñosa de taludes. Comparación de la cobertura actual de desmontes y terraplenes con la cobertura de la vegetación natural de su entorno y con la previsible según las actuaciones incluidas en los proyectos de revegetación.

La figura 5 resume los valores de cobertura leñosa obtenidos en desmontes y terraplenes. Se aprecia la dominancia de coberturas medias en terraplenes, y muy bajas en desmontes.



**Figura 5.** Distribución porcentual de taludes en función de su grado de cobertura leñosa

#### Factores determinantes en el grado de cobertura de los taludes

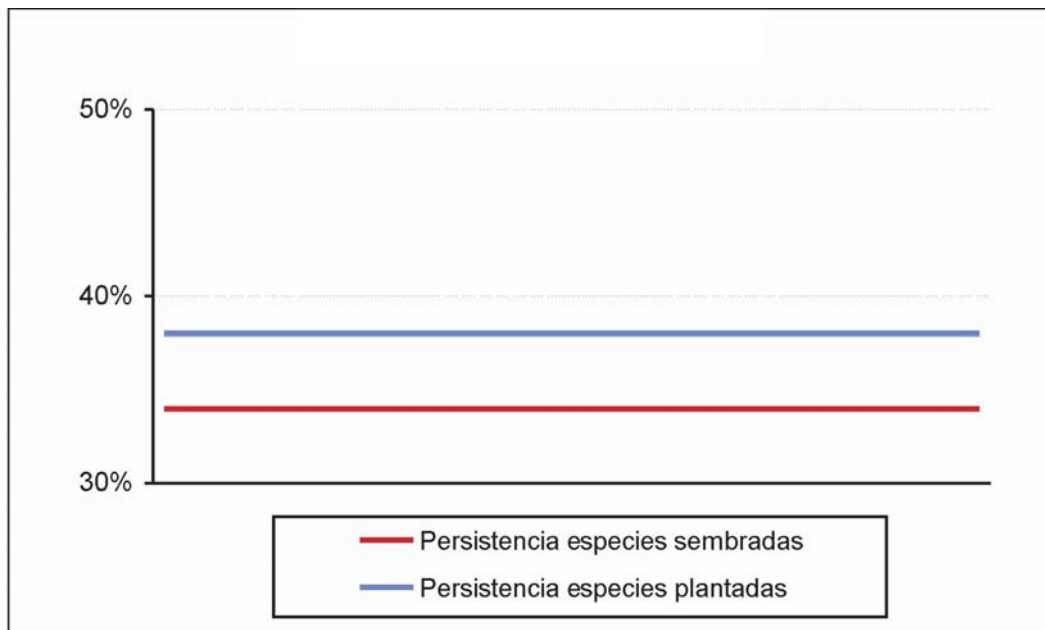
Los datos obtenidos permiten obtener conclusiones sobre factores que tienen una influencia decisiva en el grado de cobertura de los taludes:

- Se observa claramente que a mayor intensidad del tratamiento de implantación de vegetales, mayor cobertura. No obstante, conviene destacar que esto se debe más al interés y cuidado con que se ejecutan las obras, que a la bondad de tratamientos complementarios, tales como las mallas protectoras.
- Existe una correlación directa entre la calidad de las obras y los resultados a medio plazo. Esta relación tiende a diluirse en situaciones muy favorables, donde la naturaleza corrige el *desinterés* del tratamiento, pero sigue patente en situaciones desfavorables (los desmontes casi siempre lo son) durante mucho tiempo.
- En el caso de las cubiertas herbáceas, al evolucionar generalmente de forma progresiva, las deficiencias en la ejecución de las obras tienden a difuminarse con el tiempo. Sin embargo, en las plantaciones que presentan una evolución predominantemente regresiva o estacionaria, la falta de cuidado en la obra se arrastra durante muchos años. Un ejemplo de falta de cuidado es la ausencia de reposiciones de marras, generalizada en todas las obras analizadas.
- La siembra de especies leñosas da lugar a una cubierta leñosa más o menos densa (sin necesidad de ejecutar plantaciones) o al menos refuerza las plantaciones.
- En algunas zonas es muy destacable la influencia de las poblaciones de conejo sobre la cobertura de los taludes. El cerramiento convencional de las carreteras es totalmente inútil para los conejos, que pasan con facilidad bajo él. Además, al limitar el paso de predadores e incluso de cazadores, algunos terraplenes se han convertido en grandes conejeras, afectando mucho a su cubierta vegetal.
- La presencia de un cerramiento garantiza que no existirán problemas para las plantas originados por el ganado o los grandes ungulados, pero no impide los producidos por lagomorfos, siendo precisas protecciones individuales para las plantas cuando las densidades de estos últimos animales puedan ser altas.
- El lapso de tiempo transcurrido entre la realización de un talud y su tratamiento influye en la evolución de la cubierta vegetal. En el caso de los terraplenes, por lo general, aunque el talud presente daños erosivos acaba siendo colonizado, mientras que en los desmontes, el inicio de procesos de erosión laminar y en regueros puede limitar, a largo plazo, el establecimiento de una cubierta vegetal.
- La selección de especies influye en el grado de cobertura, como se detalla en el siguiente apartado. En el caso de cubiertas herbáceas, la influencia no es demasiado significativa, ya que contribuye mucho la colonización natural, pero en el caso de cubiertas leñosas, con escasa colonización natural, una adecuada elección de especies condiciona la evolución de la cubierta vegetal.
- El entorno donde se sitúan los taludes condiciona el grado de cobertura. En el caso de cubiertas herbáceas, la influencia es escasa, si bien se ven favorecidas por la presencia de herbazales ruderales y arvenses en sus alrededores. En las cubiertas leñosas, la ausencia de matorrales en el entorno limita completamente las posibilidades de colonización natural, incidiendo de forma negativa en la evolución del grado de cobertura.

### **Persistencia y evolución de los vegetales implantados**

En general, las especies hidrosebradas tienden a desaparecer, siendo sustituidas por especies de la zona, más agresivas, mejor adaptadas o simplemente con capacidad de reproducirse. El grado de persistencia de estas especies hidrosebradas es del 34% en número de especies (ver figura 6), pero prácticamente nulo en biomasa.

La persistencia de especies plantadas es ligeramente mayor en número de especies, el 38% (ver figura 6), pero a diferencia de las especies sembradas representa la inmensa mayoría de la cubierta vegetal leñosa, siendo la colonización natural más reducida.



**Figura 6.** Porcentaje de persistencia de las especies sembradas y plantadas (en número de especies)

En los taludes estudiados se han detectado muchos ejemplares que no producen semillas viables, sobre todo de especies leñosas, ya sea por falta de adaptación al medio o por tratarse de tipos seleccionados en vivero que tienen problemas para producir semilla. Sin duda, esto es un elemento relevante en cuanto al potencial de expansión de los vegetales implantados.

Un posible factor que incide en la baja persistencia de las especies herbáceas sembradas, y en los problemas de expansión de algunas leñosas, podría ser el empleo de formas o cultivares poliploides, que pudieran resultar estériles. En general, los problemas de autoexpansión de los vegetales leñosos son más habituales en las especies empleadas habitualmente en jardinería que en las propias de labores de restauración. Como ejemplo se puede indicar que, en una misma localidad se ha detectado la expansión natural de *Lavandula stoechas* subsp. *pedunculata*, espontánea en el entorno, pero no de *Lavandula officinalis*, plantada en un número muchísimo mayor y, en algunos puntos, hasta con riego.

Como conclusión hay que destacar que es importante cuidar el material vegetal a implantar, buscando ejemplares de la mayor naturalidad posible, y evitando formas o cultivares seleccionados por sus mejores características productivas u ornamentales. En este sentido, es importante realizar un adecuado control de calidad.

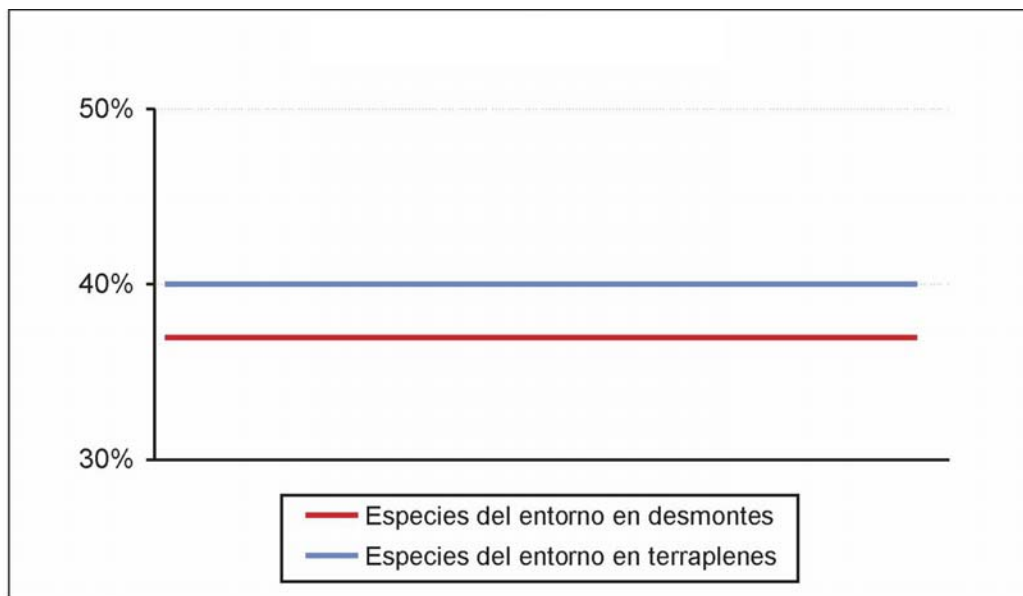
Por otra parte, a pesar de la baja persistencia de las especies herbáceas sembradas, los estratos herbáceos tienden con el tiempo a comportarse de forma progresiva, aumentando su grado de cobertura. Por ello, la labor de las especies hidrosebradas debe ser la de retener el talud y frenar los procesos erosivos, facilitando la colonización de las especies del entorno. Las exigencias, en cuanto a especies a emplear, no deben ser por tanto severas, aunque lógicamente se deben evitar especies exóticas invasoras, que podrían actuar como neocolonizadoras a partir de estos taludes.

En el caso de las especies leñosas, por el contrario, la colonización natural es lenta y compleja, pero la persistencia de las especies plantadas es mayor. Por esto, se debe prestar mucha mayor atención a la selección de especies.

Solo se detecta una expansión importante entre las especies de caméfitos (matas bajas). Por ello, la importancia de este grupo de vegetales es muy destacable, siendo el único grupo de leñosas capaz de aumentar significativamente la cobertura de los taludes, sobre todo en desmontes.

### **Colonización natural y naturalidad de taludes**

Analizando la composición florística de los taludes y de la vegetación espontánea de su entorno, y conociendo las especies plantadas y sembradas, es posible determinar el grado de colonización natural. En la figura 7 se reflejan los resultados medios de la colonización natural. Los valores en desmontes y terraplenes son bastante similares, detectándose en los desmontes un 37% de las especies que vegetan de forma natural en su entorno, y en los terraplenes un 40%; ambos porcentajes en número de especies. En biomasa los valores son mucho mayores.



*Figura 7. Colonización natural. Porcentaje de las especies que vegetan de forma natural en el entorno detectadas en desmontes y terraplenes (en número de especies)*

La inmensa mayoría de especies colonizadoras son herbáceas y dan lugar a una cubierta vegetal de alta naturalidad, basada en la colonización espontánea. Se entiende como naturalidad de esta cubierta el hecho de que resulta similar a la vegetación de su entorno, si bien ésta, en muchas ocasiones, es fruto de una intensa degradación del medio.

La colonización natural de especies leñosas es mucho más reducida, y se centra sobre todo en los desmontes, donde actúan como colonizadores los caméfitos.

Como norma general, en los terraplenes dominan las especies ruderales cosmopolitas, sobre todo cuando existen zonas agrícolas próximas, mientras que en los desmontes dominan especies características de los matorrales de la zona.

Analizando en conjunto las cubiertas herbáceas y leñosas, los desmontes presentan menores coberturas pero mayor naturalidad que los terraplenes.

### **Composición de las cubiertas vegetales según formas vitales**

En las cubiertas vegetales de los climas mediterráneos la dominancia es claramente de terófitos (vegetales anuales). Estas especies anuales deben adaptarse a un breve periodo de tiempo favorable, entre el final de las heladas invernales y el inicio de los rigores estivales, para germinar, desarrollarse, florecer y fructificar. En ocasiones, también aprovechan el periodo otoñal, entre el inicio de las lluvias y la llegada de las heladas, para un nuevo ciclo. Los terófitos se agostan durante el verano pero, si la cobertura es adecuada, sus restos secos protegen el talud durante el verano y el invierno.

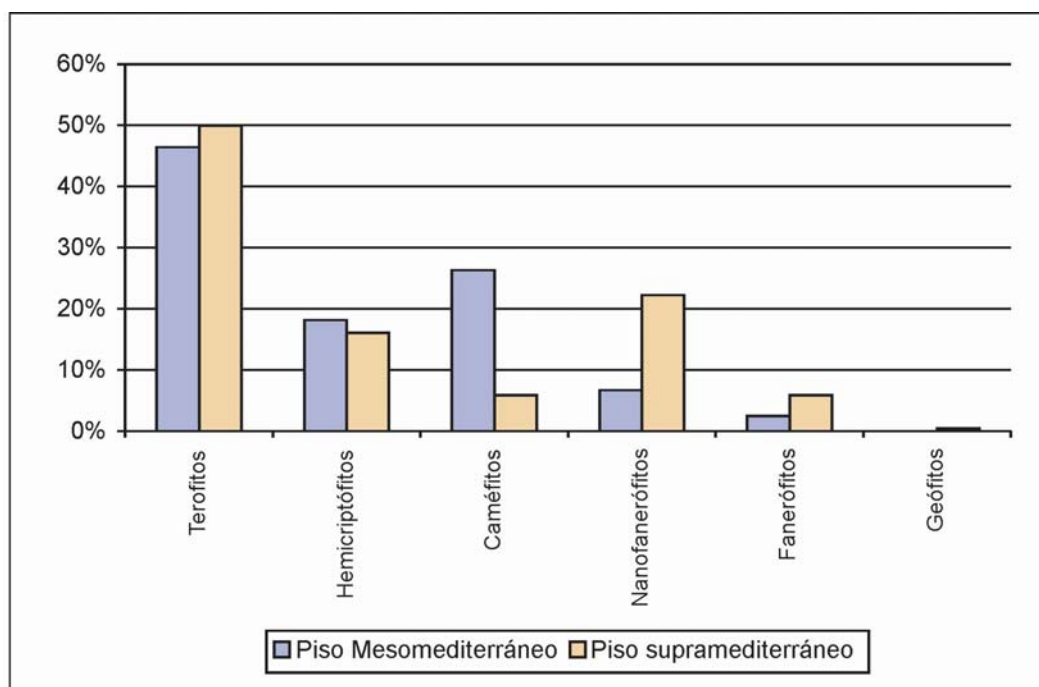
La presencia de geófitos (bulbosas) es prácticamente nula; solo se ha detectado algún ejemplar de *Muscari comosum* en un terraplén, en el piso supramediterráneo.

Los hemicriptófitos (herbáceas vivaces) suelen tener problemas, en zonas mediterráneas, para persistir en los taludes y, en general, en los herbazales, por la escasa duración de su periodo vegetativo, limitado por la sequía estival. Aunque mantienen un porcentaje aceptable en número de especies, su biomasa es muy escasa.

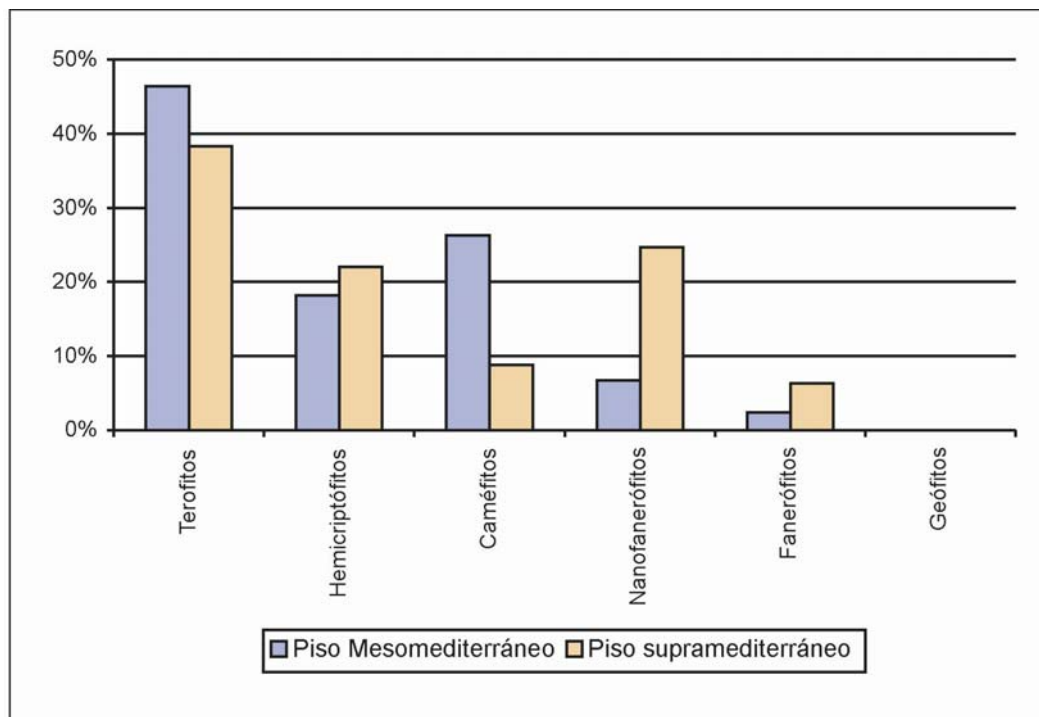
En los climas meso y termomediterráneos, parte del papel que desempeñan los hemicriptófitos es asumido por los caméfitos (matas bajas), de mayor resistencia y con sistemas radicales más profundos, que les ayudan a superar los periodos secos. Los caméfitos también resultan dominantes en la formación de cubiertas leñosas, frente a los nanofanerófitos (matas altas y arbustos). Además los caméfitos son mucho más abundantes en zonas calizas y yesíferas que en terrenos silíceos. Sobre yesos se han detectado taludes donde los caméfitos suponen el 44% del total de especies, y más del 90% de la biomasa.

En el piso supramediterráneo tiene lugar una reducción de la importancia de los caméfitos y un aumento del número de nanofanerófitos, es decir, el matorral bajo es sustituido por matorral alto.

En climas atlánticos, el peso de los caméfitos en las cubiertas vegetales, y en particular en los taludes, es escaso, mientras que los hemicriptófitos ganan mucha importancia, al desarrollarse sin problemas por la reducción o desaparición de la sequía estival.



**Figura 8.** Espectro de formas vitales en terraplenes (en número de especies)



**Figura 9.** Espectro de formas vitales en desmontes (en número de especies)

En los taludes estudiados se observa que la evolución de la cubierta leñosa, aunque es regresiva o estacionaria de forma general, en el caso de nanofanerófitos (arbustos) es especialmente regresiva, mientras que en el caso de los caméfitos es a menudo progresiva debido en buena parte a su expansión natural.

En conclusión, es preciso adaptar las formas vitales de las especies empleadas en las labores de revegetación a las características del medio donde se actuará. En función de las peculiaridades del clima, sobre todo de la sequía estival, variarán los porcentajes de hemicriptófitos, caméfitos y nanofanerófitos, que pueden actuar como vicariantes de unas regiones a otras. En general, para la mayor parte de la Península Ibérica conviene fomentar el empleo de caméfitos, tanto sembrados como plantados.

### Principales especies colonizadoras y persistentes

En los inventarios florísticos realizados se han detectado algunas especies particularmente abundantes o constantes, cuya reproducción y comercialización resultaría muy interesante para su empleo en labores de revegetación.

Entre las especies herbáceas detectadas sería muy interesante la comercialización, por su alto potencial colonizador, de semillas de las siguientes: *Bromus diandrus*, *Bromus tectorum*, *Bromus matritensis*, *Bromus rubens*, *Avena barbata*, *Avena sterilis*, *Hordeum murinum*, *Vicia cracca*, *Trifolium arvense*, *Medicago minima*, *Plantago albicans*, *Plantago lagopus* y *Plantago afra*.

En las siembras, resulta conveniente el empleo de algunos hemicriptófitos comercializados, y que son particularmente resistentes, como *Medicago sativa*, *Dactylis glomerata* o *Sanguisorba minor*, siendo de las pocas especies vivaces que se desarrollan bien en ambientes mediterráneos.

Respecto a las especies leñosas colonizadoras detectadas es recomendable la comercialización, para utilizarlas en plantaciones y para incluir sus semillas en las hidrosiembras, de las especies siguientes: *Helichrysum stoechas*, *Mercurialis tomentosa*, *Halimium atriplicifolium*, *Helianthemum hirtum*, *Alyssum serpyllifolium*, *Lepidium subulatum*, *Gypsophila struthium* y *Santolina rosmarinifolia*. Otras especies interesantes son:



*Helianthemum cinereum*, *Helianthemum squamatum*, *Linum suffruticosum*, *Lithodora fruticosa*, *Onobrychis peduncularis*, *Matthiola fruticulosa* o *Hippocrepis commutata*.

Entre las especies plantadas, resultan especialmente interesantes, por su potencial de expansión, algunos caméfitos (matas bajas) como *Thymus vulgaris* y *Santolina chamaecyparissus*, para los terrenos calizos, o como *Thymus mastichina* y *Thymus zygis* para los terrenos silíceos. En las hidrosiembras, sería muy favorable incluir también semillas de estas especies.

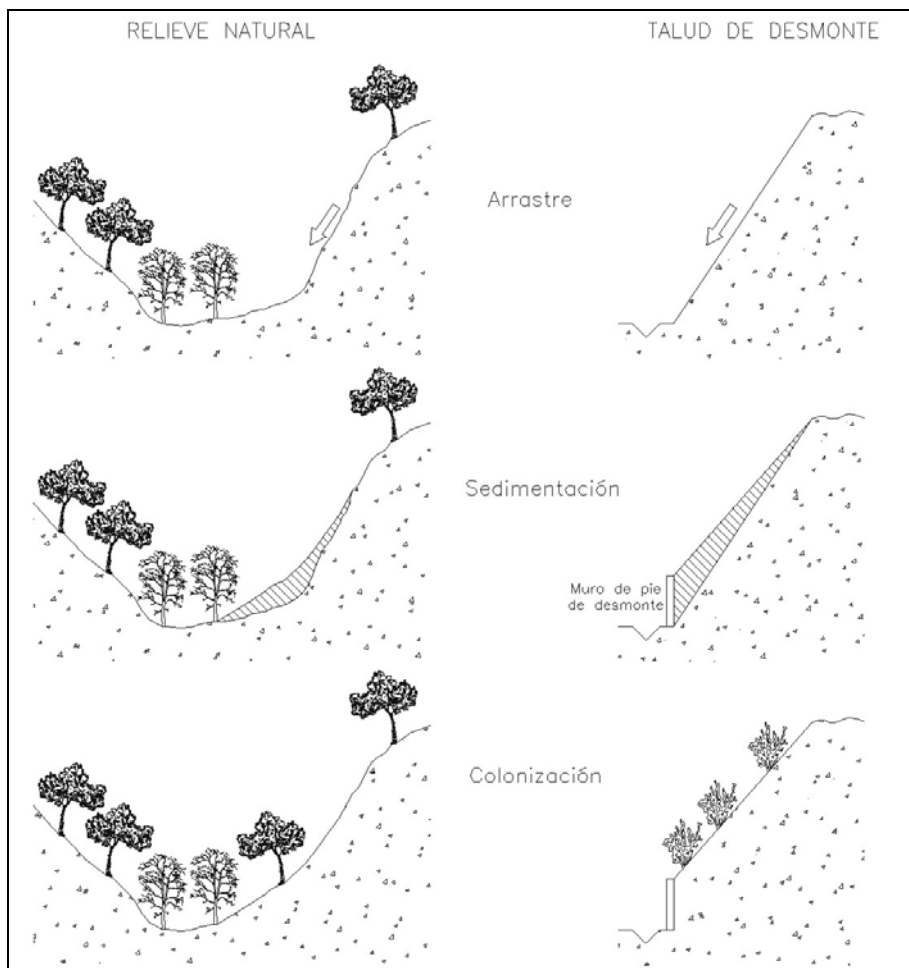
Conviene destacar la presencia de varias especies de árboles colonizadores, especialmente en la base de desmontes, junto a las cunetas de las autovías. Entre ellas se encuentran: *Populus nigra*, *Ulmus pumila* y *Ailanthus altissima*; las tres especies exóticas en la Península Ibérica. En zonas supramediterráneas también se detecta, en desmontes, la presencia de ejemplares de *Salix atrocinerea*, asociados con frecuencia a pequeñas venas de agua cortadas por el desmonte, o a escorrentía subsuperficial.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del seguimiento de la revegetación de taludes en las autorías estudiadas.

- La aplicación de técnicas de revegetación en taludes reduce o evita los problemas erosivos. Estos problemas comienzan a producirse inmediatamente después de la apertura del talud, de ahí que se deba actuar lo antes posible, tras extender en los terraplenes la tierra vegetal retirada y acopiada al abrir la caja de la infraestructura. Para mejorar la sustentación de estas tierras se deben incorporar en los bordes sin compactar las tongadas que componen los terraplenes, con el fin de asegurar que no se pierdan nutrientes y materia particulada por erosión, así como también para conservar los propágulos de la vegetación nativa de la zona, operación que es la mejor garantía para asegurar la colonización de taludes, ya que si se inician los procesos erosivos, la colonización vegetal resulta muy afectada, especialmente en los desmontes.
- Para frenar la erosión y cubrir los taludes de los terraplenes basta una cubierta herbácea, si bien la integración ecológica y estabilidad de la cubierta vegetal precisa también de un estrato leñoso. En desmontes, es recomendable que la cubierta herbácea, a menudo poco densa, se vea complementada con caméfitos (matas bajas).
- Si se frena la erosión desde un principio, las coberturas de los taludes evolucionan para ser acordes con las características ecológicas de su entorno. Así, aunque en los desmontes las coberturas son en general medias, si se analiza la vegetación natural que linda con los taludes, se observa con frecuencia que su cobertura no es mucho mayor. Sería ilógico pretender que las coberturas en los taludes sean superiores a las naturales.
- Los valores de la cobertura herbácea y leñosa en desmontes resultan significativamente menores que en terraplenes. Esto apunta a la necesidad de realizar tratamientos diferenciados en ambos tipos de taludes, ya que sus condiciones y evolución son también diferentes. Frente a unos resultados de cobertura vegetal en terraplenes aceptables, los resultados en desmontes son claramente deficientes. Por ello, los proyectos y obras deberían incidir más en el tratamiento de desmontes, aumentando la intensidad de las labores de revegetación, las densidades de plantación y la utilización de bermas y estructuras de contención de tierras (muros de pie de talud, fajinas etc.) que permitan que se den las condiciones de formación de suelos en vertientes naturales por acreción de coluviones (figura 10).
- Los terraplenes suelen tener una cobertura herbácea alta que, en general, está dominada por las especies colonizadoras ruderales, arvenses y mesegueras, con clara preponderancia de los terófitos. Esta dominancia de terófitos es un hecho común en los herbazales termo y mesomediterráneos, donde la brevedad del periodo vegetativo, desde el final de las heladas y las primeras lluvias primaverales, hasta el inicio de los rigores

estivales, obliga a las plantas a completar su ciclo vital en pocas semanas. En los desmontes no se alcanzan, en general, coberturas de los terraplenes.



**Figura 10.** Formación de suelos en vertientes naturales por acreción de coluviones, y formación de suelos en taludes en desmonte, apoyándose en muretes de pie de talud

- Muchas de las especies herbáceas sembradas tienden a desaparecer y son sustituidas por otras, mejores colonizadoras, pero sin que ello afecte a la estabilidad del talud. Por ello, en la elección de especies herbáceas se debe primar, dentro de su espontaneidad en la zona, aquellas con mejores resultados iniciales, ya que con el tiempo el talud evolucionará. Por tanto, se debe considerar que las especies sembradas tienen por misión proporcionar una cobertura completa, en el menor espacio de tiempo posible, para evitar la erosión en los taludes, facilitando así la colonización posterior de los mismos por las especies que forman los herbazales del entorno.
- Los hemcriptófitos (vivaces) suelen tener problemas para persistir en los taludes y, en general, en los herbazales mediterráneos, por la escasa duración del periodo vegetativo, entre el final de las heladas y las primeras lluvias primaverales, hasta el inicio de los rigores estivales. Por ello, es interesante el fomento de las vivaces que se desenvuelven bien, y el empleo de caméfitos como sustitutivos de los hemcriptófitos.
- Frente a la dificultad de persistencia de los hemcriptófitos, se observa un buen resultado de los caméfitos (matas bajas), que tienden a sustituir a las vivaces. Es decir, la composición ideal tiende a ser de terófitos y caméfitos en zonas mediterráneas, dejando las

mezclas de terófitos y hemicriptófitos para climas atlánticos. Por ello, las hidrosiembras deberían incorporar semillas de caméfitos.

- La evolución de la cubierta leñosa basada en plantaciones es escasa, no solo por la mortandad de ejemplares, que suele ser alta, sino también por la falta de regeneración natural. De poco sirve la plantación de especies que no son capaces de extenderse. En consecuencia se debe primar a las especies que no solo se adapten bien a las condiciones del medio, sino que también sean capaces de expandirse. De todos los vegetales plantados, los caméfitos son, nuevamente, los que mejor regeneración presentan, y los únicos que se extienden en los desmontes. En cualquier caso, parece recomendable apoyar el desarrollo de la cubierta leñosa mediante siembras de especies leñosas.
- Se detecta que con unas plantaciones excesivamente escasas, la expansión natural de los vegetales leñosos es casi imposible. Por ello, las plantaciones se deben diseñar considerando la previsible mortandad inicial y la necesidad de una cierta cantidad de planta *madre* en los taludes. De nuevo se recomienda reforzar las plantaciones con la siembra de especies leñosas, sobre todo de caméfitos.
- La cubierta leñosa en ambientes mediterráneos se debe basar, en buena parte, en caméfitos o matas bajas. Estas plantas, a menudo menospreciadas por su escaso porte, son capaces de expandirse y crear cubiertas vegetales densas y estables, muy eficientes en el control de la erosión y con un alto potencial de regeneración y expansión. El *desprecio* a los caméfitos es puramente cultural, derivado de una visión que tiende a considerar el bosque y el arbustado como formaciones vegetales buenas, y el matorral bajo como algo despreciable.
- Es una práctica habitual no plantar en los desmontes, por pensar que no se desarrollarán las plantas. En realidad, una de las principales zonas donde se observa una regeneración natural de leñosas es, en general, en los pies de los desmontes. Sí es cierto que se deben seleccionar especies adaptadas, en especial caméfitos, dejando los nanofanerófitos y fanerófitos para zonas más favorables, como terraplenes o áreas llanas.
- Considerando los bajos grados de cobertura leñosa detectados, se debe prestar mucha más atención a las plantaciones. Como recomendaciones en este sentido se debería: aumentar la densidad de plantación, utilizando plantas de una o dos savias; reponer marras e incluir en las siembras especies leñosas que, al desarrollarse, aumenten la cubierta del estrato tratado, logrando así unos mínimos de planta en los taludes.
- Considerando los problemas que tienen muchas especies vegetales empleadas para expandirse, pese a ser espontáneas en la zona, sería muy interesante un control del origen de la planta, a menudo desconocido, para evitar razas, formas, cultivares o ecotipos con dificultades para producir semillas viables.
- En referencia a las técnicas empleadas, se observa que las hidrosiembras han resultado suficientes para frenar la erosión laminar y en regueros, sin necesidad de mallas protectoras u otros elementos, siempre que se trate de taludes de secciones normales. Las mallas protectoras favorecen una mejor cobertura inicial, pero en poco tiempo pierden su utilidad, a excepción de las zonas mantenidas con riego, al evolucionar la cubierta herbácea. Las mallas plásticas son muy poco adecuadas para climas mediterráneos, a menos que se pretenda mantener la hidratación con riego, por resultar muy visibles durante el verano e invierno, cuando los terófitos están agostados.
- Es destacable la enorme influencia del entorno sobre los taludes. Así, los desmontes próximos a matorrales calcícolas, gipsícolas o espartales se han cubierto de tomillos, jabunos y espartos, mientras que los que quedan alejados de estos matorrales espontáneos ven dificultada su colonización natural.
- Todo talud, con independencia de su litología, rocosidad o exposición, se puede y debe revegetar (en las peores situaciones, taludes en desmonte sobre rocas duras y fuertes

pendientes, se puede plantar en sus bases recurriendo a muretes de pie de talud), siendo preciso escoger bien las técnicas y, sobre todo, las especies a implantar.

- Se detecta una correlación directa entre el grado de cobertura de los taludes y la calidad y cuidado con que se ejecutaron las obras de revegetación. En zonas favorables esto tiende a disiparse con el tiempo, pero en desmontes las diferencias, o los efectos de una *mala obra* pueden perdurar mucho tiempo. Esto lleva a recomendar la realización de un control en la calidad de las obras de revegetación, a menudo relegadas a un segundo plano dentro del conjunto de las obras de infraestructuras.
- En general, la pendiente de los taludes, especialmente en las geomorfologías de vertientes, debe ser la máxima admisible que soporten las litologías presentes, con el fin de evitar grandes heridas en el paisaje. En algunos estudios y declaraciones de impacto ambiental, se recomienda tender los taludes en desmonte, actuación que en general debe evitarse o adoptarse con mucha cautela, pues una medida correctora no debe producir un efecto negativo, sobre el suelo natural, superior al que se pretende corregir. Esta solución podría ser aceptable sólo en terrenos sin vegetación natural destacable, y cuando la mejora esté realmente justificada.
- Como última consideración, se insiste en la necesidad de emplear especies adecuadas al clima y características de la zona, tanto para la restauración vegetal como para el ajardinamiento. El hecho de que el objetivo de una plantación sea puramente estético no quiere decir que cualquier especie sea válida. Asimismo, el diseño de plantaciones sostenidas con riego en la España mediterránea se debería desechar, quedando relegada a tramos y nudos emblemáticos o bien a tramos urbanos.