GUÍA DEL MÉTODO PARA LA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS FILTROS VEGETALES

eutromed
Prevención de la eutrofización por nitrógeno agrícola

PROYECTO LIFE + "EUTROMED"

Proyecto seleccionado y financiado por la Unión Europea con la finalidad de mejorar la calidad de nuestras aguas y suelos agrícolas.



EDITA:

Diputación Provincial de Granada. Servicio de Medio Ambiente.

AUTORES:

Valentín Contreras Medrano.

Raquel Fernández Rozalén.

Antonio Castellano Hinojosa.

COORDINACIÓN DE LA EDICIÓN:

Fco. Javier García Martínez.

Caridad Ruiz Valero.

DISEÑO GRÁFICO Y MAQUETACIÓN:

PÚLSAR. DISEÑO GRÁFICO. PUBLICIDAD

DEPÓSITO LEGAL:

GR-236-2015

INFORMACIÓN DE CONTACTO:

Diputación de Granada.

c/ Periodista Barrios Talavera, 1.

18014. Granada.

www.eutromed.org

GUÍA DEL MÉTODO PARA LA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS FILTROS VEGETALES

PROYECTO LIFE + "EUTROMED"

Proyecto seleccionado y financiado por la Unión Europea con la finalidad de mejorar la calidad de nuestras aguas y suelos agrícolas.



Índice

índice

1. INTRODUCCIÓN....7
2. SELECCIÓN DEL ÁREA DE ACTUACIÓN....17
   2.1. Actuaciones realizadas para la selección del área de actuación en EUTROMED....17
   2.2. Criterios generales para la selección de las áreas a tratar por filtros vegetales....23
3. INSTALACIÓN DE LOS MODELOS DE FILTROS VEGETALES....27
   3.1. Inventario y localización de los filtros vegetales....27
   3.2. Descripción de los filtros vegetales....28
   3.3. Procedimiento de instalación de los filtros vegetales....38
4. MANTENIMIENTO DE LOS FILTROS VEGETALES....49
   4.1. Desarrollo de la cubierta vegetal....49
   4.2. Conservación de los filtros vegetales instalados....53
   4.3. Manejo del cuaderno de campo para el control de los filtros vegetales instalados....59
5. CONCLUSIONES Y PROPUESTAS....65
6. GLOSARIO....69
7. BIBLIOGRAFÍA....73

ANEJOS:

Anejo 1. Modelo de hoja del cuaderno de campo....77
Anejo 2. Croquis descriptivo de los modelos de filtros vegetales....78
Anejo 3. Características técnicas de los productos a emplear....79



Introducción

1. Introducción

La contaminación por nitratos de las aguas continentales y litorales es uno de los fenómenos más extensos, continuados y de mayor importancia de cuantos afectan a la calidad de las aguas naturales, con los consiguientes efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud (Hermosín, 2004). Esta contaminación consiste, por lo general, en concentraciones elevadas de nitratos en las aguas superficiales y subterráneas, si bien la eutrofización de los embalses, estuarios y aguas litorales puede producirse sin que se den necesariamente concentraciones elevadas (Figura 1).

De las diferentes causas de contaminación de las aguas por nitratos, es la contaminación agraria la de mayor peso, importancia y gravedad, pues no sólo genera el mayor aporte de nitratos, sino que además, dada su procedencia principalmente de tipo difusa, es mucho más difícil identificar a sus causantes directos y por consiguiente, más difícil su estudio y seguimiento, así como el establecimiento de medidas para su control y corrección.

Al mismo tiempo, el enriquecimiento de las aguas en fosfatos tiene efectos medioambientales negativos, al provocar un crecimiento excesivo de plantas acuáticas, llegando a crear desequilibrios ecológicos en comunidades y problemas en canales y embalses, lo que genera costes importantes en limpiezas periódicas además de problemas de contaminación de las aguas con pérdida de calidad,

sedimentación, degradación para usos recreativos y la disminución de la salud de los ecosistemas acuáticos.

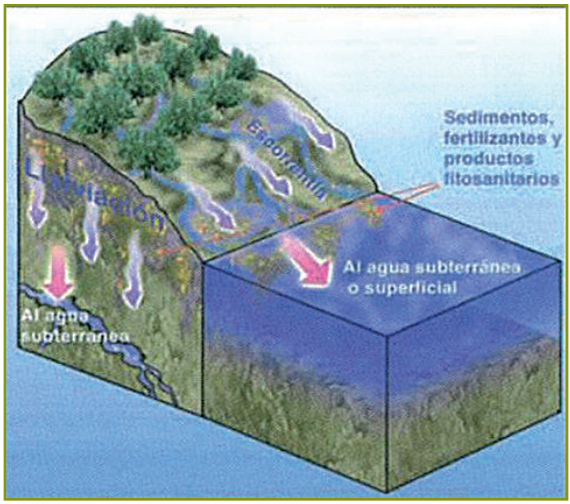


Figura 1. Movimiento del agua y contaminantes en el suelo (tomado de Consejería de Agricultura y Pesca, 2009).

De esta manera, la calidad de las aguas a nivel europeo es objeto de atención preferente por parte de las autoridades ambientales de la Unión Europea. La Directiva Marco de Aguas y la Directiva de Nitratos canalizan este interés a través de estrategias de prevención y control de la contaminación, dirigidas a garantizar el buen estado químico del agua. Así, por ejemplo, la Comunidad Autónoma de Andalucía ha establecido una serie de zonas vulnerables

a la contaminación por nitratos de origen agrario, en concreto 24, que se detallan en el Decreto 36/2008 de 5 de febrero (BOJA 36, 20/2/2008), modificado por la Orden de 7 de julio de 2009 (BOJA 157, 13/08/2009) y se observan en la Figura 2.

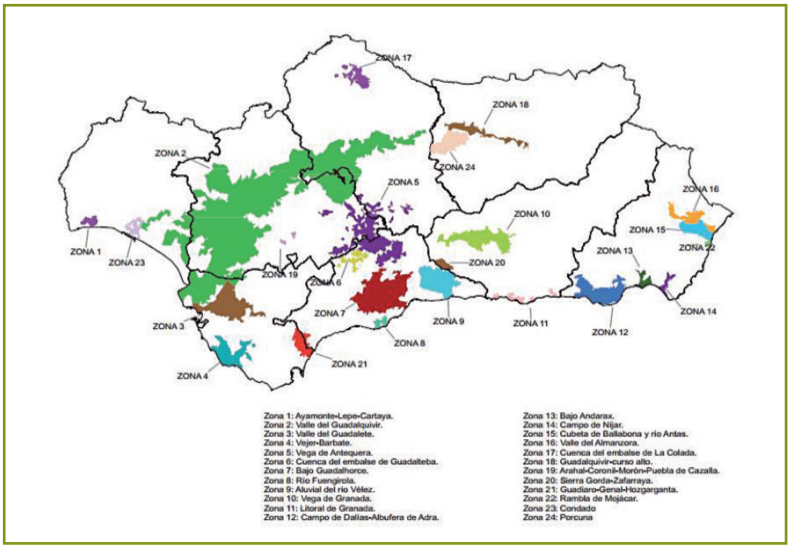


Figura 2. Zonas Vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

En consecuencia, y debido a la importancia del problema de la eutrofización en la Cuenca Mediterránea, surge la iniciativa del proyecto EUTROMED, cuyo objetivo es demostrar, a través de una experiencia piloto, la eficacia de una tecnología dirigida a reducir la concentración de nitratos en el flujo superficial de agua en tierras

agrícolas con clima mediterráneo como es la cuenca del Río Cubillas (Provincia de Granada), que vierte sus aguas sobre el acuífero Zona 10 (Vega de Granada).

Por otro lado, en estas mismas áreas aparece al mismo tiempo la erosión del suelo como problema ambiental de máxima transcendencia (Catt et al, 1998). Dicho problema se presenta en diversos lugares del planeta y en particular en el territorio español, agravándose en las regiones semiáridas, donde el agua es un recurso escaso. La erosión es un proceso que tiene lugar de forma espontánea en la naturaleza, si bien su intensidad varía de unos escenarios a otros. La intervención del hombre hace que la intensidad del proceso pueda verse fuertemente incrementada.

La roturación de tierras y su puesta en cultivo supone una alteración del equilibrio dinámico del sistema. Un suelo con cobertura vegetal suficiente está protegido de la acción directa de la lluvia, del sol y del viento. Así, al eliminar la vegetación se altera el equilibrio natural, la superficie queda desprotegida de los agentes climáticos, se recibe menos aportes de materia orgánica por parte de las plantas cultivadas y el laboreo acelera los procesos de mineralización del suelo. Las nuevas condiciones suelen ser menos favorables para el mantenimiento de la estructura del suelo, lo que lo hace más vulnerable a la erosión y a la pérdida de su capacidad de infiltración del agua de lluvia, lo que disminuirá también las dis-

ponibilidades hídricas para las plantas con la misma cantidad de lluvia que venía recibiendo.

La escorrentía producida por un evento lluvioso unido a las irregularidades del terreno hace que ésta pueda fluir concentrada, sin que se formen canales más que a partir de aquella posición en que la fuerza cortante del agua supere la resistencia del suelo. Una vez formado el canal, su crecimiento es rápido y aumenta vertiente abajo, ya que en el canal favorece la velocidad de flujo ante la ausencia de vegetación que lo disipe y ayude a su infiltración.



Fotografía 1. Regueros que se transforman en cárcavas.
Cárcava 51 del área demostrativa de EUTROMED, antes del tratamiento.

Regueros, cárcavas y barrancos, en algunos casos, representan tres grados de desarrollo de un mismo proceso, sin que exista un límite bien establecido entre ellos. Se trata de acompañantes habituales en los paisajes de Andalucía y de toda la vertiente mediterránea.

Por todo ello, el proyecto EUTROMED asume como uno de los retos principales, demostrar la importancia de la utilización de filtros vegetales para evitar, reducir, corregir o compensar (en este orden) dos problemas ambientales que coexisten al mismo tiempo en la Cuenca del Río Guadalquivir y en toda la Cuenca Mediterránea, como son la eutrofización y la erosión.

La vegetación es capaz de disminuir la energía cinética de la gota de lluvia al interceptarla, reduciendo tanto el volumen como la fuerza erosiva de la misma, protegiendo al suelo del impacto directo de las gotas y de la radiación solar, y mejorándolo físicamente, ya que al aumentar la cobertura vegetal se aumenta el contenido en materia orgánica. Pero además, se disminuye la energía del flujo de escorrentía con la rugosidad superficial originada por la vegetación, aumentando el volumen de agua infiltrada y actuando las raíces como una red que aumenta la resistencia del suelo al esfuerzo cortante.

También se sabe que la utilización de filtros vegetales con plantas nitrófilas disminuye la concentración de nitratos en las aguas de

escorrentía que los atraviesan, por la retención de nitratos en el suelo a través de los sedimentos atrapados en los filtros vegetales, por la presencia de bacterias desnitrificantes y por la propia capacidad de asimilación de la vegetación nitrófila.

Estudios recientes (Juan Vicente Giráldez y otros, 2014), financiados al igual que LIFE+ EUTROMED con fondos de la Unión Europea, demuestran cómo cubiertas artificiales instaladas sobre suelos desnudos en taludes de carreteras y otras obras de infraestructuras en Andalucía, (en el caso de Mancha Real, Jaén con margas propias de los suelos de olivar), disminuyen hasta un 98,32 % el volumen de escorrentía respecto del testigo, y hasta el 99,50 % la cantidad de suelo arrastrado o perdido por erosión.

Por otro lado, son conocidas las elevadas tasas de erosión en campos agrícolas mantenidos sin cobertura vegetal, así como los altos niveles de nitratos como consecuencia de la contaminación por actividades agrícolas, que se concentran en barrancos y arroyos. Así, de forma continuada, se busca una solución al problema a través de un mayor conocimiento para la prevención de la erosión de los suelos y de la eutrofización de las aguas, así como de las técnicas de conservación a aplicar. De esta forma, los filtros vegetales utilizados en el proyecto EUTROMED ayudan a mejorar y ampliar el conocimiento de esta tecnología para el control de la eutrofización y de la erosión en cuencas de clima mediterráneo, demostrando

cómo ayudan eficientemente a la restauración de cárcavas e, indirectamente, a la conservación medioambiental de arroyos y ríos.

Con esta guía se trata de ofrecer una herramienta práctica para la selección de las áreas susceptibles de un tratamiento similar a EUTROMED, así como para la instalación de los filtros vegetales desarrollados en el mismo. Dichos filtros son instalados en las zonas donde se concentran las escorrentías de las laderas de cultivo con insuficiente cubierta vegetal en clima mediterráneo, lo que lleva a la formación de regueros y cárcavas y al arrastre, disueltos en las aguas, del exceso de fertilizantes que terminan por alcanzar arroyos, ríos, acuíferos y embalses, contaminándolos.



Fotografía 2: Situación inicial predominante en el Arroyo Juncarón (izq.) y situación objetivo con presencia de bosque de galería (dcha.), actualmente existente en un único punto del arroyo.



Selección área actuación

2. Selección del área de actuación

2.1. Actuaciones realizadas para la selección del área de actuación en EUTROMED.

El área de actuación seleccionada para el desarrollo del proyecto EUTROMED se localizó en la cuenca del Río Cubillas. Dicha cuenca vierte a la Unidad de la Vega de Granada, la cual está designada como "Zona vulnerable a la contaminación por nitratos de origen agrario" bajo el ámbito de la Directiva de Nitratos (Decreto 261/1998, de 15 de diciembre).

Para seleccionar esta área de actuación se siguieron varios pasos que se detallan a continuación:

1. **Búsqueda de un lugar que cumpliera con los objetivos del proyecto.**

   Se seleccionó la Zona vulnerable a la contaminación por nitratos "Zona 10: Vega de Granada" y dentro de ella una de sus cuencas vertientes, el Río Cubillas, como ámbito de actuación, debido a que esta cuenca presenta problemas de eutrofización y constituye una zona de explotación agraria tradicional y convencional dentro de la Cuenca del Río Guadalquivir. Además, la zona está caracterizada por el clima mediterráneo y se encuentra afectada por problemas de erosión como consecuencia, entre otros motivos, de

ausencia de cubierta vegetal en un cultivo de gran extensión territorial como es el del olivar (Foto 3).



Fotografía 3. Cultivo de olivar localizado entre los municipios de Iznalloz y Deifontes, Granada.

2. Difusión e información del Proyecto EUTROMED.

Con el objetivo de informar a los agricultores de las localidades cuyas parcelas se encuentran situadas dentro de la cuenca del Río Cubillas, se programaron varias jornadas, ponencias, notas de prensa, reuniones, mesas redondas y visitas de campo

con el propósito de informar y orientar acerca de los propósitos del Proyecto EUTROMED y cómo estos podían beneficiar al territorio y a los agricultores al mismo tiempo.

3. Contacto con cooperativas y otras organizaciones localizadas en el área de actuación.

Para facilitar el acercamiento a los agricultores y llegar a un mayor número de ellos, se contactó con las cooperativas de la zona, quienes facilitaron el conocimiento del parcelario y la identificación y localización de sus propietarios.

4. Selección de las cooperativas y organizaciones colaboradoras.

En nuestro caso, al tratarse de un proyecto piloto, no se pudo seleccionar más que a una cooperativa, que fue la Cooperativa San Isidro de Deifontes (Figura 3) debido al interés mayoritario mostrado por los agricultores-socios de la misma, que agrupaban parcelas de características similares, con una problemática acentuada de erosión en cárcavas y de degradación de arroyos a los que vierten sus aguas. Además, las explotaciones agrícolas agrupadas en la cooperativa constituían comunidad para el riego de sus olivos en la Cuenca del Río Cubillas, que como antes se ha dicho, vierte sus aguas a la Zona vulnerable “Vega de Granada”.



Figura 3: Localización geográfica del Municipio de Deifontes.

5. Visita del área de actuación y selección de la parcela o cuenca piloto demostrativa.

Se visitó el área de trabajo con el objetivo de conocer las características del terreno (suelos, cultivos, pendientes, cárcavas, barrancos, accesibilidad, etc.) y mejorar el conocimiento a propósito de los tratamientos necesarios a efectos del establecimiento de la parcela piloto demostrativa.

Con todo ello, se determinó que dentro de la Cuenca del Río Cubillas, la microcuenca del Arroyo Juncarón era fiel reflejo del problema

ambiental a tratar por el proyecto, al caracterizarse por un clima mediterráneo continentalizado (Figura 4), con suelos poco evolucionados (calizas, margas y dolomías), topografía accidentada y con presencia predominante de olivar. La combinación de estos factores (lluvias torrenciales, suelo poco consolidado, pendientes considerables, actividad agraria y baja cubierta vegetal) acelera los procesos erosivos en el suelo favoreciendo la formación de surcos y cárcavas de entre 0,5 y 3 m de profundidad, y provoca el arrastre de nitratos en las aguas de escorrentía procedentes de la aplicación excesiva de fertilizantes, que intentan compensar la pérdida de materia orgánica en el suelo.

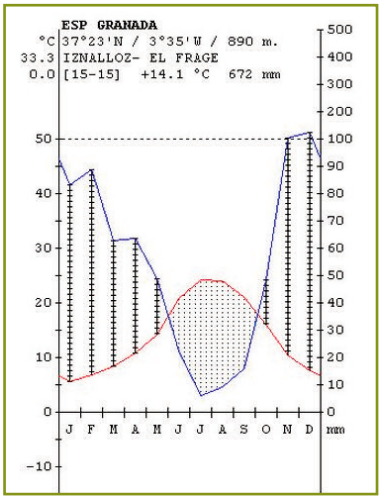


Figura 4: Diagrama ombrotérmico del área de actuación seleccionada (tomado de Rivas-Martínez, 1996).

Además, el modelo tradicional de explotación agrícola de olivar característica de estos territorios, que impone una escasa cubierta vegetal sobre suelos pobres, con bajo contenido en materia orgánica y poco consolidados, donde se facilita el arrastre de la capa superficial por los procesos erosivos y la formación de surcos o cárcavas (Foto 4), ha supuesto la destrucción de la vegetación de ribera de venajes, barranqueras y barrancos para evitar su competencia con el cultivo, para promover -aún más si cabe- la degradación de las laderas y sus drenajes naturales superficiales hasta la formación de grandes cárcavas de difícil y costosa solución.



Fotografía 4. Ejemplo de cárcava presente en la Cuenca del Río Cubillas.

2.2. Criterios generales para la selección de las áreas a tratar por filtros vegetales.

Como criterios generales a seguir para la selección de otras áreas o regiones en clima mediterráneo susceptibles de tratar por los filtros vegetales desarrollados en EUTROMED, se pueden citar los siguientes:

1. Problemática ambiental de falta de control de la erosión de los suelos y de contaminación de aguas por exceso de nutrientes de origen agrario.

2. Áreas con condicionantes climatológicos similares al clima mediterráneo caracterizado fundamentalmente por un reparto muy irregular en la cantidad y frecuencia de la pluviometría: épocas de fuertes lluvias, en forma de tormentas y temporales, seguidas de severas y prolongadas sequías.

3. Áreas de orografía y edafología similar: vaguadas con barrancos y arroyos entre fuertes pendientes sobre suelos poco permeables, pobres en materia orgánica y escasamente evolucionados sobre calizas, arcillas, margas y dolomías.

4. Aprovechamientos de cultivos agrícolas que impongan una insuficiente cubierta vegetal sobre todo en terrenos en pendientes.

5. Presencia de cárcavas de profundidades entre 0,5 y 3 m, que presenten desarrollos verticales u horizontales, limpias de vertidos de escombros, piedras o ramas, y sin problemas de deslizamientos o movimientos en masa de tierra o bloques.

6. Disposición de los ciudadanos y vecinos del territorio para afrontar labores de restauración y conservación de suelos de forma decidida.

Así, aquellos agricultores de las zonas interesados en participar en un proyecto réplica del LIFE + EUTROMED deben firmar un Acuerdo Voluntario en el que se recogen los compromisos adoptados por todas las partes. Entre los compromisos y beneficios recogidos en los acuerdos voluntarios del proyecto EUTROMED se encuentran los siguientes:

Compromisos del acuerdo para el agricultor:

- Permitir la instalación de las estructuras filtrantes y la realización de las mediciones correspondientes en sus explotaciones.

- No interferir sobre los filtros instalados durante todo el periodo del proyecto.

- Adoptar buenas prácticas en la fertilización, siguiendo las indicaciones de los asesores del proyecto.

- Asistir a las sesiones formativas organizadas en el marco del proyecto.

Beneficios del acuerdo para el agricultor:

- Asesoramiento gratuito y especializado en sus explotaciones para la instalación de las estructuras filtrantes y su mantenimiento, y en la puesta en marcha de buenas prácticas agrarias.

- Formación gratuita sobre diferentes aspectos relacionados con el control de la erosión y conservación del suelo de su explotación.



Fotografía 5. Importancia de la formación a los agricultores.



Instalación filtros vegetales

3. Instalación de los modelos de filtros vegetales

3.1. Inventario y localización de los filtros vegetales.

Una vez elegida el área de actuación (Fotografía 6), se procedió a seleccionar y cuantificar los tipos de tratamiento en función de la pendiente y de la profundidad de la cárcava, aplicándose los diferentes modelos desarrollados en EUTROMED a base de estructuras de piedra o hierro y filtros de fibras vegetales, y plantas (filtros vegetales), tal y como se describen en el apartado siguiente.

Para ello se realizó un inventario topográfico de todas las cárcavas, localizando sus coordenadas mediante GPS, definiéndolas numéricamente y reflejando sobre el cuaderno de campo (ver modelo adjunto en Anejo 1), longitudes, anchuras y profundidades en las mismas. Todo ello, al objeto de localizar administrativa y geográficamente la cárcava, y poder hacer una cuantificación de la intervención y un seguimiento de su evolución.



Fotografía 6. Imagen de la zona de actuación situada en el Municipio de Deifontes.

3.2. Descripción de los filtros vegetales.

Los filtros vegetales utilizados en las experiencias constituyen una tecnología blanda de bajo coste basada en la fijación de sistemas prefabricados a base de fibras vegetales de la zona tales como esparto, paja u otras, sobre los que se fijarán las plantas. Estos sistemas actúan de filtro en las líneas de escorrentía de las laderas, reteniendo los sólidos arrastrados y en suspensión en el agua, que contienen una buena parte de los nitratos, mientras la vegetación que se vaya implantado progresivamente en el sistema absorberá otra parte de los nitratos disueltos en el agua. De ahí el gran interés que tiene conseguir una gran cobertura vegetal en el interior de estas líneas de escorrentía.

Además, los sistemas prefabricados a base de fibras vegetales minimizan los procesos erosivos reteniendo buena parte de los sólidos arrastrados, constituyendo el soporte y el refuerzo necesario para facilitar la implantación vegetal en estos entornos donde resulta tan difícil debido a la erosión, fijando entre sus intersticios las partículas de suelo y las semillas o las raíces de las plantas, las cuales pueden utilizar estas estructuras como soporte y substrato a la vez.

Así, se han establecido cuatro modelos que se recogen en la Tabla 1 y 2, y se adjuntan los croquis de los mismos en el Anejo 2.

Tabla 1: Descripción de los filtros vegetales según 4 modelos basados en la pendiente y profundidad del terreno.

Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Pendiente <10%	**Pendiente 10-20**	**Pendiente >10%**	**Pendiente > 10%**
Profundidad <0,5m	**Profundidad 0,5-1,0 m**	**Profundidad >1,0 m**	**Profundidad >1,5m**
Descripción de los tratamientos			
Se aplicarán series de 4 biorrollos de esparto de 15 cm de diámetro y longitud de 3 m, colocados transversalmente al flujo de agua cada 5 m de distancia y terminando con un quinto biorrollo también de esparto pero de 30 cm de diámetro apoyado sobre un gavión flexible de longitud 2-3m, relleno de piedra de 30 cm de diámetro.	Se aplicarán series de 4 biorrollos de esparto de 30 cm de diámetro y de 3-6 m de longitud, que se fijan transversalmente al flujo de agua cada 3 m de distancia, y terminando con un quinto biorrollo apoyado sobre un gavión flexible relleno de piedra de al menos 30 cm de diámetro y longitud variable.	Sobre la cárcava rellena y perfilada mecánicamente, se instalará una manta orgánica sobre la cual se fijarán cada 3 m transversalmente al flujo de agua series de biorrollos de esparto de 30 cm de diámetro de hasta 6 m de longitud, sobre gaviones flexibles de longitud variable.	Se aplicarán series de empalizadas de hierro forradas de manta orgánica reforzada tipo E3R, de anchura y altura variable, acompañadas de biorrollos sobre las márgenes, fijadas mediante tensores transversalmente al flujo de agua uniendo esta estructura a alguna de las de los modelos anteriores y como máximo la distancia de relleno de sedimentación.

Estos modelos serán aplicados a las cárcavas indistintamente a lo largo del recorrido de una cárcava, ya que ésta puede variar a lo largo de su trazado tanto en su pendiente, como en la estructura del terreno y en su caudal acumulado, lo que incide sobre la profundidad de la cárcava.



Fotografía 7. Modelo 1 a base de biorrollos de 15 cm de diámetro sobre regueros de menos de 15 cm.



Fotografía 8. Antes y después del modelo 2 a base de biorrollos de 30 sobre gaviones flexibles en cárcavas de más de 50 cm.



Fotografía 9. Modelo 3 a base relleno de cárcavas de 1 m y cobertura con mantas, biorrollos y gaviones flexibles.



Fotografía 10. Modelo 4 a base de empalizadas de acero con cerramientos de mantas y biorrollos sobre cárcavas de más de 1,5 m.

Para la aplicación de los tres modelos primeros (modelos 1, 2 y 3) es condición imprescindible la inexistencia de rellenos de escombros, piedras o ramas, ya que en su defecto estos rellenos facilitarían el drenaje vertical del flujo propiciando el arrastre por embolsamiento de todas las estructuras instaladas sobre ellos. En el desarrollo del modelo 4, tan solo se precisa máxima estabilidad, tanto en el fondo como en las márgenes de la cárcava, en el punto donde se ubica la empalizada.

Tabla 2. Resumen esquemático de los materiales empleados en los diferentes modelos.

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Pendiente	**< 10 %**	**10 - 20 %**	**> 10 %**	**> 10%**
Profundidad de cárcava	**< 0,5 m**	**0,5 – 1,0 m**	**> 1,0 m**	**> 1,5 m**
Series:				
Nº de biorrollos en la serie	4	4	1	1
Diámetro de biorrollo	15 cm	30 cm	30 cm	15 cm
Longitud del biorrollo	3 m	3- 6 m	3- 9 m	Variable
Manta orgánica (m2 mínimo)			12 – 33 m2	Variable
Empalizada metálica				1
Distancia entre biorrollos	5 m	3 m	3 m	Variable
Final de serie	Biorrollo de 30 cm de diámetro sobre gavión flexible relleno de piedra de 30 cm de diámetro.		Gavión flexible relleno de piedra	

Por encima de estas estructuras se realiza la plantación de especies vegetales nitrófilas a razón de 2 ó 3 unidades por metro.



Fotografía 11. Ejecución de la plantación por encima de las estructuras.

Las **especies vegetales** elegidas cumplirán los siguientes requisitos:

- Gran capacidad de absorción de fertilizantes.
- Desarrollo rápido, de pequeño tamaño y buena capacidad de propagación, sin que llegue a convertirse en mala hierba o competencia para los árboles.

- Abundantes raíces secundarias que contribuyan a su anclaje al suelo y la fijación de sólidos y percolación del agua, pero sin que igualmente supongan una competencia para el cultivo.
- Resistencia o falta de interés alimenticio por conejos u otros roedores, que pueden afectar de forma importante al desarrollo vegetal
- Disponibilidad en vivero.

Plantas adecuadas a esta aplicación pueden ser muchas labiadas y gramíneas como:

- *Lavandula latifolia.*
- *Rosmarinum officinalis.*
- *Santolina chamaecyparisus.*
- *Thymus mastichina.*
- *Thymus zyggis.*
- *Stypa tenacissima.*
- *Lygeum spartyum.*
- *Cynodon dactilon.*

En nuestra experiencia, la Santolina chamaecyparisus ha resultado muy ventajosa ya que aparte de cumplir todas las condiciones anteriores presenta muy baja o nula afección por los conejos.



Fotografía 12. Plantas nitrófilas: *Lavandula latifolia, Rosmarinum officinalis, Santolina chamaecyparisus.*

En definitiva, la selección de especies nitrófilas ha de ser llevada a cabo de acuerdo a las características fitosociológicas propias de la zona, de las exigencias del cultivo y de las características del terreno (pendiente, suelo, humedad, presencia de roedores, etc.), realizándose su plantación o siembra en el entorno de las estructuras de los filtros y de las cárcavas.

Como es sabido, la principal causa de que los nutrientes alcancen las aguas superficiales son los procesos de erosión-escorrentía (Alvarez-Benedi et al 2005). Reducirlos no sólo podría, en principio, evitar la eutrofización sino también conservar la fertilidad del suelo. Para ello, adoptaremos los modelos descritos en las Tablas 1 y 2, con la instalación y fijación de gaviones flexibles, biorrollos y mantas orgánicas, en cada caso, con ayuda de maquinaria de movimiento de tierras y trabajos de ejecución manual.

Asimismo, el crecimiento de la vegetación nitrófila, con buena capacidad para desarrollarse en las condiciones requeridas, aumenta la capacidad de asimilación de nitratos y además favorece el desarrollo de bacterias desnitrificantes asociadas a las raíces de las plantas favoreciendo el proceso de desnitrificación.

De este modo, la escorrentía generada en la superficie del terreno a partir de las precipitaciones, disolverá y arrastrará los nitratos presentes en el suelo donde encontrará los filtros vegetales, que actuarán frenando la erosión y reteniendo nutrientes. Las plantas nitrófilas en ellos implantadas, actuarán retirando o asimilando nitratos y otros nutrientes a través de dos vías: en el propio crecimiento y desarrollo de la vegetación nitrófila, y por la actividad de las bacterias desnitrificantes, que transforman los nitratos en nitrógeno gas.

Por tanto, gracias a la tecnología propuesta, la escorrentía inicial rica en nitratos y otros nutrientes, se vería amortiguada en calidad y cantidad de agua transportada, así como en reducción de sólidos o sedimentos en suspensión y por consiguiente de su capacidad de abrasión del terreno. La toma de muestras que se pueda llevar posteriormente a cabo determinará, mediante los correspondientes análisis de laboratorio, la eficacia del proceso.



Fotografía 13. Puntos de muestreo para medición de la eficacia del sistema sobre la cárcava 51: tratada a la derecha y su control a la izquierda.

3.3. Procedimiento de instalación de los filtros vegetales.

Una vez inventariadas todas las cárcavas y siguiendo los esquemas descriptivos de los modelos propuestos, se puede proceder al tratamiento e instalación de los filtros vegetales. Para ello, en primer lugar, se cuantificarán y se demandarán todas las unidades de los materiales necesarios para la misma, como son: ml de biorrollos, m^2 de mantas orgánicas, ml gaviones flexibles, m^3 de piedras, m^2 de enrejados metálicos y nº de picas o tensores necesarios para

su anclaje. También se identificarán las especies vegetales más adecuadas para tal uso, y el número de ellas, tal y como se ha indicado en el apartado anterior.

Para la instalación de los filtros vegetales sobre el terreno se procederá de la siguiente manera:

1. Se tendrá en cuenta y se respetará en la medida de lo posible la vegetación natural existente, así como algunos elementos estructurales como rocas o tocones, que puedan estar dando estabilidad y biodiversidad a la cárcava.

2. Se comenzará la instalación con la apertura de las zanjas de fijación o atado de biorrollos y gaviones, las cuales serán de una profundidad al menos igual a la mitad del diámetro de los gaviones o de los biorrollos, siendo preciso dimensionar adecuadamente la profundidad y longitudes de las zanjas de atado, ya que es muy importante que los extremos de estas estructuras queden más altas que su punto medio, de forma que en la concavidad formada entre ambos extremos y su punto central tenga la sección suficiente para acoger el caudal de máxima avenida en ese punto. En todo caso, estos extremos no deben sobresalir del terreno natural, o hacerlo lo menos posible, al objeto de no suponer un obstáculo al paso de la maquinaria que pueda favorecer su arrastre durante las prácticas de cultivo.



Fotografía 14. Instalación de biorrollos de 15 cm (modelo 1) en zanjas de atado: importancia del mantenimiento de la capacidad central de desagüe.

3. Se ha de procurar que en ningún momento estas estructuras supongan un obstáculo al curso de agua sino sencillamente una pequeña diferencia de nivel, que el agua salve sobre la superficie del biorrollo o del gavión intentando producir el menor salto posible del agua en su curso.



Fotografía 15.- Retención de sedimentos en la estructura biorrollo/gavión en el curso de agua.

4. En el caso de tramos para desarrollo del modelo 3 se iniciará la instalación, con un relleno de la cárcava con las tierras de los bordes de la misma hacia su interior, realizando un compactado del terreno movido y un perfilado de la cárcava, al objeto de disipar la escorrentía laminándola en una mayor sección superficial, para a continuación abrir zanjas de atado transversal a una distancia entre las mismas que estará

en función de la pendiente y la conveniencia de su ejecución. En nuestro caso se establecieron zanjas a una distancia de entre 3 y 5 m.



Fotografía 16. Relleno y perfilado de cárcavas en modelo 3.



Fotografía 17. Llenado de gaviones flexibles.

5. En el modelo 3, seguidamente a la apertura de zanjas de atado tras el relleno y perfilado de cárcavas, previo a la instalación de biorrollos y de los gaviones flexibles, se procederá al extendido y fijación de las mantas orgánicas, recomendablemente provistas de mallas de refuerzo y resistentes al sol (tipos Bonterra 2E3R o 2K3R), cuyas características aparecen en el Anejo 2. Dichas mantas han de cumplir la función de fijar el suelo movilizado y desnudo, reteniendo finos y semillas de forma permanente. En su instalación habrá que tener en cuenta lo siguiente:

- Se ha de conseguir que las mantas estén en pleno contacto con el suelo, sin tensar, extrayendo bajo las mismas los elementos que impidan su adherencia tales como piedras, escombros, ramas, etc.
- Se ha de facilitar la entrada del agua hacia el interior del tratamiento por lo que en sus bordes o límites del tratamiento se excavará una pequeña zanja longitudinal a cada lado de la cárcava, al objeto de fijar la manta con pequeñas grapas de acero corrugado en forma de U invertida, de diámetro entre 6- 8 mm y longitud 15 cm, para luego tapar con el mismo suelo excavado.
- Igualmente, para facilitar la entrada del agua, se tendrá especial cuidado con los regueros que se incorporan a la cárcava, tratando de evitar que el agua pueda penetrar por debajo de la manta.
- Finalmente, toda la superficie cubierta con mantas, se fijará al suelo con las mismas grapas antes descritas a una profusión de 1 unidad por m^2 .



Fotografía 18. Instalación de mantas orgánicas, biorrollos y gaviones flexibles en zanjas excavadas sobre el relleno de las cárcavas (modelo 3).

6. En todo caso, para la sujeción o fijación de biorrollos y gaviones flexibles, se emplearán picas de acero corrugado de diámetro entre 8 -10 mm y de una longitud al menos el doble de la de estas estructuras, es decir, para biorrollos o gaviones de 30 cm de diámetro, la pica debe medir más de 60 cm. Estas se colocarán preferentemente dobles, a cada lado de las estructuras, o por encima de las mismas, cogidas en todo caso por alambre galvanizado que las envolverá y tensionará.

7. En el modelo 4, se emplearán estructuras a base de enrejados de 15 x15 cm de acero corrugado de 12 – 14 mm de diámetro, de una altura no superior a 1 m, cortadas in situ en paños a

medida de la sección de la cárcava, que se colocará inclinada sobre el terreno con una pendiente aproximada a los 70º y en cuyo centro se cortará el vertedero a medida del caudal máximo calculado para ese punto. Sobre la base de esta estructura inclinada, previa explanación y nivelación manual, se colocará también enrejado de las mismas características, cortado en un solo tramo de no menos de 2 m longitudinales y de ancho el de la propia explanación, de forma que sirva de soporte y anclaje de la estructura inclinada mediante tirantas y picas del mismo tipo de acero.



Fotografía 19. Desarrollo de empalizada metálica del modelo 4.

8. Toda la estructura anterior se forrará interiormente a modo de embolsamiento con mantas del mismo tipo de las citadas en el modelo 3, fijándose a la empalizada inclinada y a las paredes de la cárcava, y bajo la estructura de base de anclaje. Sobre los vértices de la estructura inclinada en su unión con las paredes y fondo de la cárcava, se localizará un biorrollo de 15 cm de diámetro que, prolongándose por encima de la estructura inclinada, reforzará estos puntos evitando en caso de desbordamiento el socavamiento lateral y vertical de la misma.



Fotografía 20. Empalizada metálica del modelo 4 integrada en la cárcava.



Mantenimiento filtros vegetales

4. Mantenimiento de los filtros vegetales

Antes de hablar del mantenimiento de los modelos de filtros vegetales descritos en el apartado anterior aplicados para disminuir los problemas de eutrofización y de erosión del suelo en zonas de cultivo, es necesario describir la importancia de la necesidad de favorecer y mantener una cubierta vegetal en el cultivo como primer e imprescindible filtro de la escorrentía superficial.

4.1. Desarrollo de una cubierta vegetal.

El desarrollo de una cubierta vegetal en un cultivo como el olivar, se ha de realizar al menos sobre una terceras parte del ancho de la calle situada entre árboles, fundamentalmente perpendicular a la pendiente del terreno y formando franjas de plantas herbáceas. Estas franjas actuarán como pequeñas barreras frente a la escorrentía superficial favoreciendo la infiltración del agua de escorrentía, su laminación, y evitando los procesos erosivos y la pérdida de suelo fértil. Así, en olivares u otros cultivos con pendientes superiores al 10%, se hace imprescindible la implantación de una cubierta vegetal, tal y como se desprende de los beneficios indicados en siguiente Tabla:

Tabla 3. Comparativa de efectos beneficiosos de la cubierta vegetal en pendientes.

OLIVARES EN PENDIENTE SIN CUBIERTA VEGETAL	OLIVARES EN PENDIENTE CON CUBIERTA VEGETAL
La fuerza de las gotas de lluvia que impactan en el suelo **rompe su estructura** y lo desagrega en partículas minúsculas.	La vegetación protege al suelo de las gotas de lluvia y favorecen la **conservación de su estructura.**
El agua toma velocidad con la pendiente y arrastra parte del suelo desagregado, lo que supone **la pérdida del horizonte más fértil del suelo.**	El suelo mantiene su estructura, está bien agregado y **no es arrastrado por el agua**. Las raíces de las plantas lo mantienen sujeto.
El suelo **disminuye su contenido en materia orgánica**, pues la capa fértil es arrastrada por el agua.	El suelo **aumenta su contenido en materia orgánica** y en nitrógeno orgánico al favorecerse la biodiversidad del suelo.
El agua va formando **surcos y cárcavas** que van siendo cada vez más profundas, dificultando	La vegetación **favorece la infiltración** de agua en el suelo y **evita la formación de surcos y cárcavas**. Esto permite una mayor disponibilidad de agua para el olivo.

Pero para el desarrollo y conservación de una cubierta vegetal es esencial realizar un buen manejo de la misma que permita obtener todos los beneficios señalados. Así, se pueden establecer **tres tipos de cubierta vegetal** para su manejo en un cultivo como el olivar:

1) Cubierta de especies espontáneas. Consiste en dejar crecer la hierba espontánea y eliminar, mediante herbicida selectivo o preferiblemente mediante desbrozadora, las especies con más inconvenientes para el cultivo, como suele ser las de hoja ancha, de forma que se irían seleccionando las de hoja estrecha formadas normalmente por gramíneas.

2) Cubierta de especies sembradas. Consiste en la siembra de plantas herbáceas anuales en las calles del olivar. Se debe realizar en otoño, con las primeras lluvias. Las especies que mejor se comportan son:

- Gramíneas: *Hordeum vulgare* (cebada), *Avena sativa* (avena), *Triticum spp.* (trigo).
- Leguminosas: *Vicia sativa* (veza), *Vicia ervilia* (yero), *Trifolium sp.* (trébol).

Los restos de leguminosas son menos duraderos en el suelo que los de gramíneas, pero las cubiertas de leguminosas presentan la ventaja de la fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo y puede ser empleado como abono verde.

3) Cubierta inerte. Consiste en realizar una cubierta con los residuos generados en la propia explotación (restos de poda astillados previamente, hojas de limpia, piedras, etc.).

En toda cubierta vegetal se ha de tener en cuenta:

Si el desarrollo alcanzado por la cubierta vegetal viva representara una fuerte competencia por el agua con el olivo, deberá eliminarse en primavera (marzo-abril). La eliminación puede ser mediante siega química (herbicidas) o siega mecánica (desbrozadora), siendo necesario dejar los restos vegetales sobre el terreno para que continúen haciendo su función como cubierta orgánica muerta.

No es nada recomendable el pase de rastra en olivar situado en pendiente, ya que se remueve la capa superficial del suelo y arrastra gran parte de los restos vegetales acumulados, corriendo el riesgo de ser arrastrada esta capa con las primeras lluvias otoñales, lo que supone la pérdida del horizonte más fértil del suelo.

Si se han formado regueros o cárcavas en el terreno, se hace imprescindible su control mediante la ejecución de alguno o algunos de los modelos descritos en el apartado anterior, que a modo de obstáculo o filtro disminuirá la velocidad del agua, aumentará la sedimentación, evitando a tiempo el aumento de su anchura y profundidad.



Fotografía 21. Cubierta vegetal espontánea e inerte de triturado de ramas en primer término.

4.2. Conservación de los filtros vegetales instalados.

El mantenimiento de la tecnología implantada en los regueros y cárcavas es tan importante como su instalación, ya que de él depende su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo y el logro de los objetivos pretendidos: la reducción o control de la pérdida de suelo fértil y de la retención de fertilizantes.

Para su correcta conservación, se deben respetar las siguientes recomendaciones:

Como norma general es necesario tratar de interferir lo menos posible sobre las cárcavas y los filtros vegetales implantados para que mantengan su máxima capacidad hidráulica y la mayor rugosidad del cauce, a fin de laminar lo más posible las escorrentías, facilitar su infiltración, aumentar progresivamente la sedimentación sin afectar a la biodiversidad creciente que se irá implantado hasta alcanzar la sostenibilidad del nuevo sistema de drenaje natural.



Fotografía 22. Ejemplo de estructura de filtros implantada en una cárcava en la que no se ha interferido.

Debido a lo anterior, el nuevo sistema de drenaje se ha de considerar muy vulnerable a las actuaciones normales de la explotación agrícola tal como son las aplicaciones de fitosanitarios, que afectarían a la deseable proliferación de flora y fauna beneficiosa, o las labores de cultivo y de recogida, que afectan de forma decidida sobre el restablecimiento y consolidación de la infraestructura de drenaje.

Especialmente, es preciso evitar pisar con maquinaria pesada (vehículos, tractores, remolques, cubas, buggy, etc.) el conjunto biorrollo-gavión de piedra-planta nitrófila.

Y muy expresamente, se ha de evitar el contacto o la contaminación con herbicidas de las plantas establecidas sobre la cárcava, sobre todo si se localizan en el trasdós de las estructuras, ya que las raíces de las mismas van a constituir el soporte filtrante permanente de los modelos.



Fotografía 23. Afección de herbicidas sobre la vegetación plantada y espontánea en desarrollo sobre la cárcava tratada.

Si se usan desbrozadoras o picadoras de ramón, no se pueden dar pasadas sobre los biorrollos, si bien sí se podrían dar sobre la vegetación del resto de la cárcava siempre que ello no modifique el curso de la misma ni deje al descubierto el suelo.



Fotografía 24. Daños producidos por el paso de la maquinaria sobre los filtros en la cárcava.

Si se realiza una quema de ramas, habrá que retirarse una distancia prudencial de la cárcava y de los biorrollos, para evitar que se quemen las plantas ya establecidas o sufran daños las estructuras. Conviene recordar que están fabricadas con fibras vegetales o sintéticas, que son también combustibles.

No se deben apilar ramas, piedras, ni escombros sobre las cárcavas o las estructuras filtrantes, ya que disminuyen su capacidad de desagüe favoreciendo las obturaciones del cauce y los desbordamientos laterales en los puntos de apilado o vertido.



Fotografía 25. Los vertidos de ramas sobre los filtros como ejemplo muy extendido de mala práctica.

Tras la instalación de los filtros se observará muy atentamente su evolución tras las primeras lluvias y sucesivos aguaceros. Si por cualquier circunstancia se moviera o desplazara alguna estructura se comunicará a la empresa responsable de la instalación, para lo que se ha de estipular un periodo de garantía de al menos 2 años, durante el cual se reforzarán y afianzarán las estructuras, y se resembrarán o se repondrán las plantas hasta su estabilización definitiva realizando la función de filtrado deseada.



Fotografía 26. Resiembra con gramíneas sobre las zonas no nacidas.

Finalizado el periodo de garantía, si lo hubiese, o tras los dos años desde su puesta en campo, será necesario realizar al menos una revisión periódica anual para detectar si alguna pica de sujeción o alguna estructura ha quedado suelta o descalzada. En

ese caso, se deberá clavar o afianzar nuevamente asegurándose de su firmeza hasta que, definitivamente, ésta sea asumida por las plantas y por las partículas de suelo retenidas.

Para una mejor supervisión y control de la situación de cada estructura de filtros es necesario reflejar y mantener el cuaderno de control de campo (Anejo 1), que permitirá anotar los desperfectos o daños encontrados, su causa, la reparación realizada y fecha en la que se hizo, etc. al objeto de determinar la incidencia de los daños y la recurrencia de los mismos para plantear en su caso nuevas soluciones.

4.3. Manejo del cuaderno de campo para el control de los filtros vegetales instalados.

Para una racional conservación de los filtros instalados es recomendable el uso de un cuaderno de campo que se puede confeccionar a partir del modelo de hoja de campo, que aparece en el anejo 1, empleando una de estas hojas por cada cárcava que es objeto del tratamiento.

Su cumplimentación se realiza mediante recorrido a pié por parte del técnico responsable de la instalación y/o del mantenimiento de todas y cada una de las cárcavas de toda la cuenca. En primer lugar se hará mención al titular del terreno, que habiendo suscrito

el convenio de colaboración es el responsable del manejo de las cubiertas vegetales sobre el cultivo y de la correcta aplicación de las técnicas culturales sobre las cárcavas. Al mismo tiempo se referirá el nombre de la finca o pago, y el término municipal (TM), al objeto de facilitar su dependencia administrativa.

Para la identificación geográfica de la cárcava y de su situación inicial, se numerará o referenciará, estaquillándose para su identificación, tomándose las coordenadas al principio y final de la cárcava, según se camine en ascenso (subida) o descenso (bajada) para así establecer el orden y numeración de cada punto a tratar o tratado, siendo en este último caso cuando se tomará la profundidad previo al tratamiento del punto referenciado, para seguidamente cuantificar el tipo de estructura instalada (biorrollo de 15 o de 30, manta orgánica, gavión flexible o empalizada).

La misma hoja contempla la posibilidad al menos de tres controles o seguimientos, que se han de realizar durante los dos años de mantenimiento mínimo tras su instalación: dos el primer año, el primero tras las primeras lluvias intensas y tras el periodo de lluvias invernales o primaverales, y el tercero, el segundo año tras el periodo de lluvias.

Aquí se anotarán las necesidades o defectos hallados al objeto de realizar las correcciones necesarias:

Nueva instalación (reinstalación), que puede suponer no sólo traer nuevos materiales en el supuesto de que los anteriores hayan sido arrastrados, sino también introducir alguna nueva estructura.

Reposición de algún elemento desprendido o arrastrado, para lo que no es necesario traer nuevos materiales pero que requiere ampliar, mejorar o reforzar los elementos de anclaje.

Rotura, que requiere remplazar o reparar las estructuras dañadas.

Descalce, para lo que tan solo se requiere afianzar las bases de las estructuras o introducir algunos elementos de control de esos descalces, como pueden ser piedras o trozos de mantas a modo de tapón.

Derivación, producida con frecuencia por la obturación de la capacidad de desagüe o vertedero de las estructuras por el vertido de ramas o escombros, para lo que en muchas ocasiones precisa de ampliar o recolocar nuevamente las estructuras.

Falta de vegetación, lo que suele venir ligado a una mala práctica agraria en cuanto a la falta de control sobre los herbicidas aplicados, o a una afección excesiva de roedores (conejos),

que impedirá la consolidación de los filtros vegetales y la disminución de su capacidad de infiltración y depuración de las aguas de escorrentía. Se debe proceder a un mayor control sobre la aplicación de los herbicidas o a la utilización de repelentes de la fauna (por ejemplo excrementos de sus predadores), y una resiembra o replantación.

Malas prácticas agrarias sobre las cárcavas por el uso indiscriminado de herbicidas o fitosanitarios, el paso de maquinaria que destruye los filtros o deriva con sus rodadas el curso del agua, el vertido de ramas, etc.

Observaciones, en primer lugar referentes al punto concreto de cada estructura, como pueden ser avance (A) o retroceso (R) sobre la consolidación de la estructura, o unas observaciones generales referidas a la necesidades de comunicación con el propietario o con el tractorista en cuanto a la mejora en la ejecución de las prácticas culturales o la necesidad de establecer otras nuevas.



Fotografía 27. Seguimiento de los filtros para comprobar su adherencia tras las primeras lluvias.



Conclusiones

5. Conclusiones

Con la adopción de buenas prácticas de cultivo y la utilización de los modelos de filtros vegetales desarrollados en el proyecto LIFE+ EUTROMED, se puede conseguir:

- La estabilización de las cárcavas hasta su naturalización como barrancos o barranqueras.
- La conservación del suelo a través de la disminución de las pérdidas de suelo fértil.
- El ahorro en la aplicación de fertilizantes en los cultivos y la reducción de sus pérdidas por percolación o escorrentía.
- La mejora del contenido de humedad del suelo en el entorno de la cárcava.
- Mayor recarga de los acuíferos (pozos) del entorno.
- La disminución de la concentración de sedimentos y fertilizantes en las vaguadas.
- La creación de puntos para facilitar el paso de maquinaria y evitar la fragmentación de las fincas.

- El fomento de la biodiversidad con la formación de paisaje y el aumento de la presencia de micro y macrofauna, sobre todo aves.

- El ahorro de costes de explotación y mantenimiento de su capacidad productiva.

En todo caso, siempre serán necesarios trabajos de conservación de los tratamientos realizados al menos hasta lograr una vegetación de mínima competencia con el cultivo, adaptada a estos entornos y que proteja de la erosión el lecho y las márgenes de la cárcava de forma decisiva.

Por todo ello, se deben fomentar y aprovechar líneas de ayudas para inversiones públicas en restauración y conservación de las infraestructuras agrarias de drenaje, como son las cárcavas y barranqueras, ya que éstas mejoran la calidad ambiental del entorno sobre el que se establecen y, sobre todo, previenen el riesgo de inundación de las poblaciones situadas aguas abajo. Pero para ello es fundamental la formación de una conciencia medioambiental de cuidado y conservación de nuestro medio agrario y entorno natural por parte del agricultor y de las personas que lo habitan.



Glosario

6. Glosario

Barrancos o barranqueras: Drenaje natural de mayor o menor profundidad vegetalizado de una ladera, que sirve de curso eventual del agua de lluvia y que en su degradación por pérdida de la vegetación se convierte en cárcava.

Biorrollo: Son estructuras cilíndricas compuestas de una bolsa de red de coco o malla de polipropileno o poliamida multifilamentada o no, rellena de distintas fibras naturales (como por ejemplo esparto, coco, o paja) muy compactada, de diámetros y longitudes variables, y que se emplean fundamentalmente para la protección de las orillas de los cauces y como fajinas en la restauración de taludes, siendo recomendado para aquellos espacios sometidos a una erosión alta o muy alta.

Cárcava: Incisión producida sobre un suelo desnudo o con escasa vegetación por la concentración de un flujo de agua, que provoca la desestabilización del terreno y de su entorno.

Erosión: Proceso natural de movimiento cíclico que siguen los materiales superficiales del suelo por impacto, disgregación,

arrastre, abrasión y sedimentación, que conduce a la pérdida gradual de calidad del estado original del suelo.

Eutrofización: Enriquecimiento excesivo de nutrientes en las aguas, lo que va acompañado del consumo elevado de dichos nutrientes disueltos en el agua por parte de algas y plantas acuáticas, lo que produce el agotamiento del oxígeno y la pérdida de biodiversidad o de distintas formas de vida.

Gavión flexible: Consiste en un saco sintético (polipropileno o poliamida) multifilamentado resistente a la intemperie, de diámetro y longitudes variables, que pueden coserse entre sí, y que una vez relleno de grava de un tamaño adecuado a la luz de malla, se aplican en la protección de márgenes y lechos fluviales en espacios sometidos a una erosión muy alta, presentando la gran ventaja de su maleabilidad y adaptación a lechos irregulares, así como su adaptabilidad al socavamiento por erosión vertical.

Manta Orgánica: Las mantas orgánicas son estructuras planas constituidas por fibras naturales (esparto, paja, coco, etc.), entrecosidas con mallas sintéticas (polipropileno) o naturales (yute o coco), que se utilizan para un control eficaz de la erosión, al au-

mentar la rugosidad del lecho y disminuir la velocidad del flujo, facilitar la infiltración de agua en el terreno, aminorar las escorrentías, ejercer de acolchado vegetal, incorporándose pasado un tiempo al suelo, amortiguando la temperatura del suelo, disminuyendo la evaporación del agua retenida, aumentando su actividad microbiana y de intercambio catiónico, y favoreciendo con todo ello la implantación de la vegetación.

Reguero: Cárcava de profundidad menor de 50 cm.



Bibliografía

7. Bibliografía

Alvarez-Benedi, J; Muñoz Carpena, R. Soil-Water solute process Characterization. An Integrated Approach. CRC Press .Boca Ratón. Florida. 2005. 778p.

Breeuwsma. A. y Silva, S. Phosphorus fertilisation and environmental effects in the Netherlands and Italy. European Conference on Environment Agriculture Stock Farming in Europe. Mantua, I 24pp. 1993.

Calderón, MJ; Ortega, M; Hermosin, MC; Garcia-Baudín, J; Cornejo Chemosphere, J "La gestión sostenible del agua y los fitosanitarios" Expo Agua. Zaragoza, 54,1-8 (2004).

Catt, J.A; Howse, K.R; Farina, R; Brockie, D; Todd, A; Chambers, B.J.; Hodgkinson, R; Harris, G.R, Quinton, J.N. Soil Use Manage. 14, 168-174.(1998).

Consejería de Agricultura y Pesca. El olivar andaluz. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. 2003.

Consejería de Agricultura y Pesca. Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía. Sevilla, 2009.

Giráldez, JV; Gómez, JA; Landa, B; Ramajo, L; Taguas, E; Rodriguez, A; Viedma, A; Vanwalleghem, T; Contreras V y otros. Manual de técnicas de estabilización biotécnica en taludes de infraestructuras de obra civil. Congreso Iberoamericano de Control de la Erosión y los Sedimentos. VII CICES (2014).

Hermosín, MC. La contaminación de las aguas en España: origen. Situación y principales retos. Expo Agua. Zaragoza, Septiembre 2008.30.

Rivas-Martínez, S. Geobotánica y Climatología. Granada, 1996.

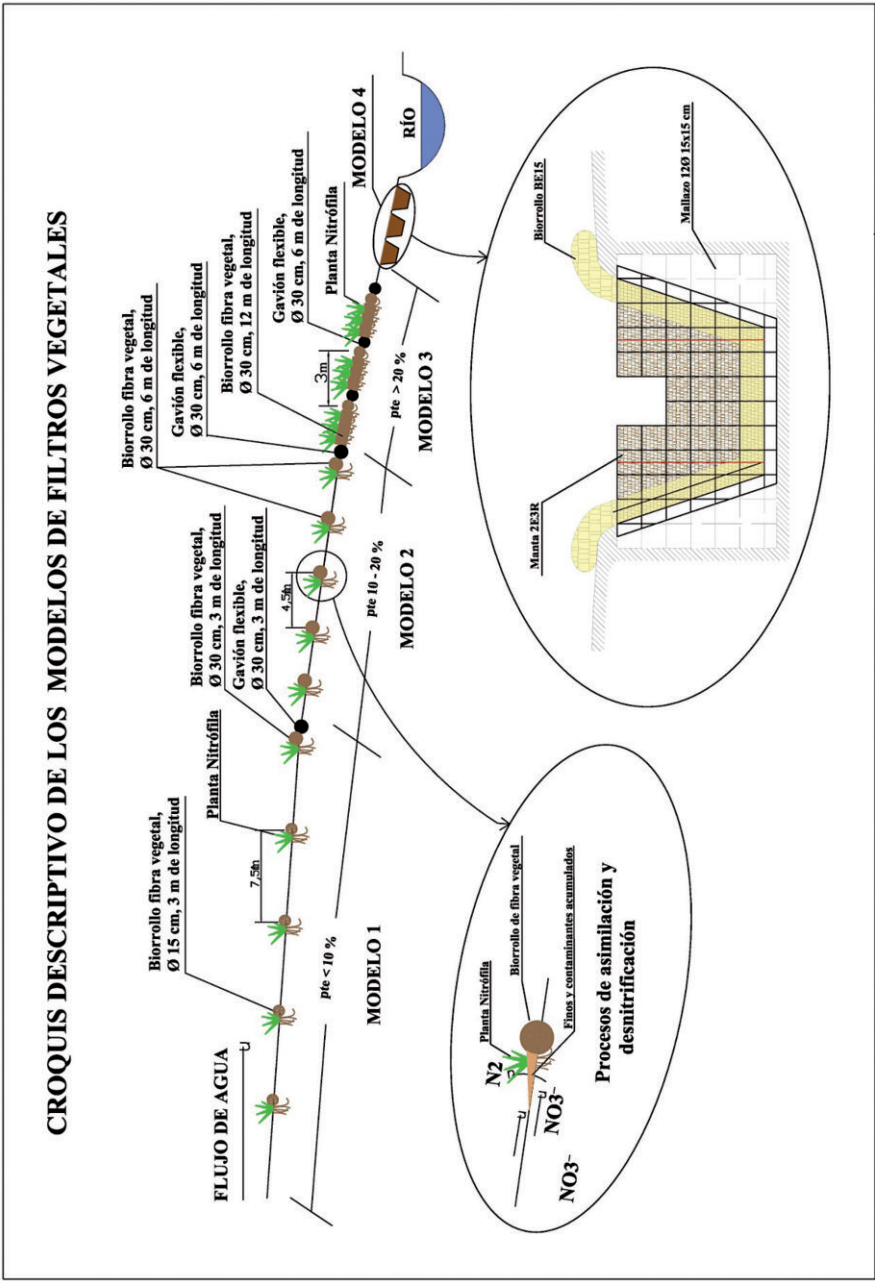


Anejos

PROPIEDAD

CÁRCAVA | LONGITUD | COORD CABECERA | FINCA: | COORD BASE | TM. | Nº ORDEN DE SUBIDA | O BAJADA

		ESTRUCTURAS TRANSVERSALES																																						
INSTALACIÓN	Nº ORDEN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Estructura transversal	PROFUNDIDAD																																								
B 15	LONGITUD																																								
B 30	LONGITUD																																								
G 30	LONGITUD																																								
E3R	m2 Instalad.																																								
EMPALIZAD	LONGITUD																																								
EMPALIZAD	ALTURA																																								
CONTROL	NUEVA INST.																																								
FECHA	REPOSICIÓN																																								
	ROTURA																																								
	DESCALCE																																								
	DERIVACIÓN																																								
	FALTA VEGET																																								
	MALA P. AGR.																																								
	OBSERVACONES																																								
CONTROL	NUEVA INST.																																								
FECHA	REPOSICIÓN																																								
	ROTURA																																								
	DESCALCE																																								
	DERIVACIÓN																																								
	FALTA VEGET																																								
	MALA P. AGR.																																								
	OBSERVACONES																																								
CONTROL	NUEVA INST.																																								
FECHA	REPOSICIÓN																																								
	ROTURA																																								
	DESCALCE																																								
	DERIVACIÓN																																								
	FALTA VEGET																																								
	MALA P. AGR.																																								
	OBSERVACIONES																																								
LLAMADA OBSERVACIONES																																								


CROQUIS DESCRIPTIVO DE LOS MODELOS DE FILTROS VEGETALES
FLUJO DE AGUA
Biorrollo fibra vegetal, Ø 15 cm, 3 m de longitud
Planta Nitrófila
7,5m
pte < 10 %
MODELO 1
Biorrollo fibra vegetal, Ø 30 cm, 3 m de longitud
Gavión flexible, Ø 30 cm, 3 m de longitud
4,5m
pte 10 - 20 %
MODELO 2
Biorrollo fibra vegetal, Ø 30 cm, 6 m de longitud
Gavión flexible, Ø 30 cm, 6 m de longitud
Biorrollo fibra vegetal, Ø 30 cm, 12 m de longitud
Gavión flexible, Ø 30 cm, 6 m de longitud
3m
Planta Nitrófila
pte > 20 %
MODELO 3
MODELO 4
RÍO
Planta Nitrófila
Biorrollo de fibra vegetal
Finos y contaminantes acumulados
N2
NO3-
NO3-
Procesos de asimilación y desnitrificación
Biorrollo BE15
Manta 2E3R
Mallazo 12Ø 15x15 cm

Anejo 3. Características técnicas de los productos a emplear.

ÍNDICE DE PRODUCTOS.

BIORROLLOS:

- **BONTERRA BE15.**
  - **Descripción.**
  - **Especificaciones Técnicas.**
- **BONTERRA BE30.**
  - **Descripción.**
  - **Especificaciones Técnicas.**

MANTAS ORGÁNICAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN:

- **BONTERRA 2E3R.**
  - **Descripción.**
  - **Especificaciones Técnicas.**

BONTERRA BE15

Los BIORROLLOS son estructuras cilíndricas fabricadas a base de fibras naturales envueltas en malla o red de coco o polipropileno.

Favorecen la implantación de especies por plantación directa en la propia estructura del biorrollo, o bien la aparición de vegetación espontánea de ribera debido al control de erosión que este tipo de estructuras realiza en los márgenes.

Ofrecen soluciones muy eficaces para restauración de márgenes fluviales y direccionales del flujo de agua, como fajinas para restauración de taludes y como elementos flexibles de filtración de sedimentos.

Ventajas de su utilización:

- **Pueden soportar flujos de agua con una energía mayor (>1.5 m/s), superando los 2.5 m/s cuando está colonizado por la vegetación.**
- **Constituyen una obra de ingeniería biológica inmediata y con la función ecológica pretendida.**
- **Ofrecen gran tolerancia a la sequía e inundaciones.**
- **Proveen una zona de refugio para mamíferos e invertebrados.**
- **Ofrecen un embellecimiento inmediato de la obra tras su instalación.**

<table>
<tr><th colspan="4">BONTERRA BE15: Especificaciones Técnicas</th></tr>
<tr><td rowspan="3">APLICACIÓN Y CONDICIONES</td><td rowspan="2">Orillas de los cauces</td><td>- Erosión alta (v >1.5 m/s)</td><td rowspan="2">  </td></tr>
<tr><td>- Erosión muy alta (v > 2.5 m/s)
- vegetado</td></tr>
<tr><td colspan="3">Taludes con pendientes mayores de 1/3 o 1/2</td></tr>
<tr><td>COMPOSICIÓN</td><td colspan="3">- 100% de fibra de esparto
- Malla de polipropileno</td></tr>
<tr><td>PRESENTACIÓN</td><td colspan="2">En piezas cilíndricas</td><td>Longitud: 3 m
Diámetro: 15 cm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ESTRUCTURA</td><td>Malla o red (exterior)</td><td colspan="2">- Polipropileno
- Color: negro
- Peso: 13,5 g/m
- Resistencia: 15 Kg/100 mm</td></tr>
<tr><td>Fibra de esparto (int.)</td><td>Peso</td><td>Aprox. 3,5 Kg/ml.</td></tr>
</table>

BONTERRA BE30

Los BIORROLLOS son estructuras cilíndricas fabricadas a base de fibras naturales envueltas en malla o red de coco o polipropileno.

Favorecen la implantación de especies por plantación directa en la propia estructura del biorrollo, o bien la aparición de vegetación espontánea de ribera debido al control de erosión que este tipo de estructuras realiza en los márgenes.

Ofrecen soluciones muy eficaces para restauración de márgenes fluviales y direccionales del flujo de agua, como fajinas para restauración de taludes y como elementos flexibles de filtración de sedimentos.

Ventajas de su utilización:

- **Pueden soportar flujos de agua con una energía mayor (>1.5 m/s), superando los 2.5 m/s cuando está colonizado por la vegetación.**
- **Constituyen una obra de ingeniería biológica inmediata y con la función ecológica pretendida.**
- **Ofrecen gran tolerancia a la sequía e inundaciones.**
- **Proveen una zona de refugio para mamíferos e invertebrados.**
- **Ofrecen un embellecimiento inmediato de la obra tras su instalación.**

<table>
<tr><th colspan="4">BONTERRA BE30: Especificaciones Técnicas</th></tr>
<tr><td rowspan="3">APLICACIÓN Y CONDICIONES</td><td rowspan="2">Orillas de los cauces</td><td>- Erosión alta (v >1.5 m/s)</td><td rowspan="2">  </td></tr>
<tr><td>- Erosión muy alta (v > 2.5 m/s)
- vegetado</td></tr>
<tr><td colspan="3">Taludes con pendientes mayores de 1/3 o 1/2</td></tr>
<tr><td>COMPOSICIÓN</td><td colspan="3">- 100% de fibra de esparto
- Malla de polipropileno</td></tr>
<tr><td>PRESENTACIÓN</td><td colspan="2">En piezas cilíndricas</td><td>Longitud: 3 m
Diámetro: 30 cm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ESTRUCTURA</td><td>Malla o red (exterior)</td><td colspan="2">- Polipropileno
- Color: negro
- Peso: 33 g/m
- Resistencia: 24 Kg/100 mm</td></tr>
<tr><td>Fibra de esparto (int.)</td><td>Peso</td><td>Aprox. 10 Kg/ml.</td></tr>
</table>

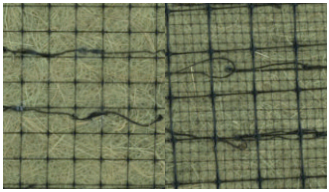
MANTAS ORGÁNICAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN

- Absorben la energía de la partícula erosiva, sea gota de agua, granizo, nieve o viento.
- Aumentan la capacidad del suelo de retención de agua al evitar la pérdida por evaporación.
- Regulan la temperatura del suelo al amortiguar la exposición a los ciclos frío-calor.
- En un plazo de tiempo (T), se incorporan al suelo formando con este un horizonte orgánico.
- Complementan elementos auxiliares en obra como bordillos, cunetas, encachados, etc.
- Reducen costes de conservación al evitar el aterramiento de cunetas y drenajes.
- Permiten lograr un alto nivel de acabado con una plena integración paisajística de la obra.
- De fácil instalación y de costes reducidos.

BONTERRA 2ER3

(MANTA ORGÁNICA ESPARTO CON DOBLE DENSIDAD TRES MALLAS DE REFUERZO)

BONTERRA 2ER3: Especificaciones Técnicas

APLICACIÓN Y CONDICIONES	**- Revestimiento de muros verdes** **- Erosión en regueros alta (<2,5 m/s)**	
COMPOSICIÓN	**- Natural: 100% Esparto (Densidad aproximada: 800 g/m2)** **- Sintético: polipropileno (Densidad 89,74 g/m2)**	
PRESENTACIÓN	**En Rollos**	**Longitud: 50m** **Anchura: 2,40m** **Diámetro aprox: 0,50 m**
ESTRUCTURA	**Hilo:** Polipropileno (PP)1000 den. Tratamiento UV	**Peso: 3,33 g/m2.** **Color: negro.** **Tenacidad: 4,12 g/den**
	Mallas en ambos lados y una intermedia entre la superior y la fibra: polipropileno (PP). Tratamiento UV	**Malla inferior: Polipropileno negro** **Peso: 19,53 g/m2** **Tamaño de la cuadrícula: 19,54 mm x 19,54mm** **Tracción longitudinal: 2,106 KN/m** **Tracción transversal: 2,163 KN/m**
		Malla intermedia: Polipropileno negro **Peso: 18,06 g/m2** **Tamaño de la cuadrícula: 6,86 mm x 6,35 mm** **Tracción longitudinal: 2,062 KN/m** **Tracción transversal: 1,810 KN/m**
		Malla superior: Polipropileno negro **Peso: 48,82 g/m2** **Tamaño de la cuadrícula: 31,75 mm x 31,75 mm** **Tracción longitudinal: 3,829 KN/m** **Tracción transversal: 4,763 KN/m**
TRACCIÓN MEDIA	**Longitudinal 9,34 KN/m**	
	Transversal 8,14 KN/m	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA RED PARA LA FABRICACIÓN DE GAVIONES (1)

NOMENCLATURA: m2. Red Poliamida Alta Tenacidad.

COMPOSICIÓN: Red de Poliamida de Alta Tenacidad con Nudos confeccionada al cuadro, de un grosor de cuerda de 3 mm y un ancho de malla de 35 mm de nudo a nudo. Lleva incorporada una cuerda de Poliéster de Alta Tenacidad de 8 mm, cosida por todo el perímetro.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Máximo tratamiento anti-solar.
- Durabilidad a la intemperie mayor a 10 años.
- Peso Específico: 180 g/m2.
- Fuerza de rotura de la Trencilla: 210 Kg.
- Fuerza de rotura de la Cuerda Perimetral: 1.050 Kg.
- Punto Fusión: 260 ºC.
- Absorción Agua: 0,4 %.
- Resistente a los aceites, ácidos y disolventes orgánicos.
- Resistencia a la Luz Solar: Excelente.
- Resistencia a la Abrasión: Excelente.
- Resistencia a la Exposición a la Intemperie: Excelente.
- No varían sus propiedades por la acción prolongada del sol, agua u otros agentes.

CARACTERÍSTICAS GAVIONES

- Gavión monotubular flexible de Red de Poliamida de Alta Tenacidad con las características técnicas anteriormente reflejadas. Diámetro: 30 cm. Longitud: 2 y 3 m.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA RED PARA LA FABRICACIÓN DE GAVIONES (2)

Descripción: UD. RED S/NUDO.

Construcción: Red Sin Nudo Sistema Raschel Doble Frontura.

Grosor hilo de malla: 3 mm.

Configuración de la luz de malla: cuadrada.

Tamaño de la luz de malla: 30 x 30 mm.

Acabado perimetral: Cosido Overlock compuesto de Cuerda de PPM y cinta y cinta poliéster.

Materia Prima: Polipropileno Multifilamento Alta Tenacidad (PPM). 300 Kilolanglys.

Propiedades del Polipropileno AT:

- Producto ecológico. Reciclable 100 %.
- Buen aislante térmico.
- Peso específico 0,91 (menos que el agua).
- 100 % inerte, no produce bacterias.
- Antialérgico.
- No acumula electricidad estática.
- No es digerible por insectos.
- Fibra no absorbente resistente a la suciedad.
- Protegida contra los rayos ultravioleta.
- Resistente a la abrasión.
- Buen aislante eléctrico.
- Resistente a los ácidos (excepto el xileno en ebullición).
- Mantiene su tenacidad en ambientes húmedos y alcalinos.

CARACTERÍSTICAS GAVIONES

- Gavión monotubular flexible de malla de PP multifilamentada con las características técnicas anteriormente reflejadas. Diámetro: 30 cm. Grosor hilo: 3 mm. Luz malla: 30 x 30 mm. Longitud: 2 y 3 m. Color negro.



SOCIOS DEL PROYECTO

Coordinador:

Diputación de Granada
Granada es Provincia

Asociados:

paisajes del sur

BonTerra® Ibérica S.L.

ugr Universidad de Granada

Cofinanciador:

JUNTA DE ANDALUCIA
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE

www.eutromed.org