

CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL CONTROL DE CÁRCAVAS, DISEÑO DE MUROS DE RETENCIÓN Y REVEGETACIÓN DE PAISAJES AGRARIOS

Manual del operador en inversiones no productivas

Europa 
invierte en las zonas rurales



Unión Europea
Fondo Europeo Agrícola
de Desarrollo Rural



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL CONTROL DE CÁRCAVAS, DISEÑO DE MUROS DE RETENCIÓN Y REVEGETACIÓN DE PAISAJES AGRARIOS

**Manual del operador
en inversiones no productivas**

Sevilla, 2011



Crerios técnicos para el control de cárcavas, diseño de muros de retención y revegetación de paisajes agrarios: manual del operador en inversiones no productivas / [autores, J.A. Gómez... et al.]. -- Sevilla : Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación, 2011

55 p. : il. ; [24] cm. -- (Agricultura. Formación)

 ndice: Introducción; Control de cárcavas; Muros de contención; Setos de vegetación; Bosques isla; Referencias; Anejo 1. Uso de SIG; Anejo 2. Estimación de máximas lluvias diarias en Andalucía; Anejo 3. Ejecución de las plantaciones de setos y bosques islas.

D.L. SE 6046-2011

Agricultura. -- Paisaje agrario. -- Control de la erosión. -- Degradación ambiental. -- Desertización. Gómez, J.A.

Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca

Agricultura (Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca). Formación

631.458_631.584.9



Autores: J.A. G mez¹, E.V. Taguas², T. Vanwallegem¹, J.V. Gir ldez^{1,2}, F. S nchez³, J.L. Ayuso², A. Lora⁴, J. Mora^{4,5}

Fotografías: los autores excepto donde se indique lo contrario.

Edita: Junta de Andalucía.

Consejería de Agricultura y Pesca.

Publica: Secretaría General Técnica.

Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Producción editorial: Signatura Ediciones, S.L.

Serie: Agricultura. Formación.

D.L.: SE-6046-2011.

¹ Instituto de Agricultura Sostenible. CSIC

² Departamento de Ingeniería Rural. Univ. de Córdoba.

³ Departamento de Zootecnia. Univ. de Córdoba.

⁴ Departamento de Ingeniería Forestal. Univ. de Córdoba.

⁵ Consultor agroambiental.

ÍNDICE

1. Introduccin	3
2. Control de cárcavas.	4
3. Muros de contencin.	21
4. Setos de vegetacin	24
5. Bosques isla	29
6. Referencias	32
7. Agradecimientos	32
8. Anejo 1. Uso de SIG: determinacin de los atributos geomorfolgicos de una cuenca vertiente para el clculo de los hidrogramas de diseo.	33
9. Anejo 2. Estimacin de mximas lluvias diarias en Andalucía.	41
10. Anejo 3. Ejecucin de las plantaciones de setos y bosques islas.	50

1. INTRODUCCIÓN

Este manual pretende ofrecer de manera resumida los conocimientos necesarios para un diseo racional de las actuaciones sobre el medio incluidas en el *programa de subvenciones para inversiones no productivas* dirigidas al control de la erosin y el mantenimiento de la biodiversidad en explotaciones agrarias.

Está dirigido en primer lugar a los tcnicos encargados de evaluar las propuestas presentadas y de hacer su seguimiento en campo a lo largo del periodo de 5 años contemplado en el programa de ayudas. Igualmente está dirigido a los agricultores y tcnicos encargados de disear, ejecutar y mantener dichos proyectos en sus explotaciones.

Este trabajo ha sido elaborado a partir de los criterios generales recogidos por diversos manuales de conservacin de suelos y de mantenimiento de la biodiversidad. No debe olvidarse que estos criterios generales deben adaptarse con flexibilidad e imaginacin a las condiciones particulares (de suelos, clima, topografa...) de cada zona. Por este motivo, en su redaccin se ha hecho un esfuerzo en explicar cuáles son los criterios generales para la realizacin de cualquiera de las actuaciones previstas, y en proporcionar ejemplos de aplicacin.

Por desgracia, el seguimiento de la efectividad de este tipo de medidas de control de la erosin en zonas agrcolas en Espaa ha sido muy limitada. Por ello, el trabajo de adaptar estos criterios generales a las particularidades de diferentes comarcas y situaciones se espera hacer en versiones futuras de este manual, utilizando para ello la evaluacin de los esfuerzos de conservacin impulsados por esta iniciativa.



Figura 1. Cárcavas y regueros en un olivar en pendiente.

2. CONTROL DE CÁRCAVAS

2.1. DEFINICIONES

Por cárcava se entiende una incisin en el terreno provocada por el flujo del agua. La distincin entre reguero y cárcava se suele basar en una divisin arbitraria en funcin de su tamao. En este manual se considerar reguero toda aquella incisin en el terreno de pequeo tamao (entre 5 y 40 cm de anchura y de profundidad inferior a 60 cm), en ocasiones discontinua y que suele desaparecer con el tiempo debido a las operaciones habituales de cultivo (Figura 3). Una cárcava, por el contrario, es de mayores dimensiones, no desaparece con las operaciones habituales de cultivo y en bastantes ocasiones suele formar una estructura continua (Figuras 2 y 4).



Figura 2.
Sistema de cárcavas profundas en un olivar.



Figura 3.
Regueros durante una tormenta.

Por control de cárcavas se entiende el conjunto de actuaciones dirigidas a frenar el crecimiento y, con el tiempo, rellenar y restaurar las cárcavas presentes en una explotacin. Así sustituimos una cárcava por una zona en la que la escorrentía fluye de manera controlada. Un dique de retencin aislado no supone por sí solo una medida de control de cárcava si ésta es alimentada por otras que vienen de aguas arriba sobre las que no se actúa. Este manual insistirá en este tema.



Figura 4. Cárcava de grandes dimensiones.

La legislacin prohíbe hacer actuaciones sin permiso en cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas, de dominio público. Éstos se definen legalmente¹ como “el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias”. Sin embargo son de

¹ De acuerdo al “Reglamento del Dominio Público Hidráulico”, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril y modificado por RD 606/2003 de 23 de mayo

dominio privado los “cauces por los que ocasionalmente discurran aguas pluviales, en tanto atraviesen, desde su origen, nnicamente fincas de dominio particular.” En ellos se pueden construir obras siempre que no varfen el curso natural de las aguas en perjuicio del intercs pblico o de terceros, o cuya destruccin por la fuerza de las avenidas pueda ocasionar daos a personas o cosas.

2.2. CRITERIOS GENERALES

2.2.1. Crácvas continuas y discontinuas

Existen dos tipos de crácvas: continuas y discontinuas. Las discontinuas son crácvas que aparecen de manera aislada, normalmente en una ladera. Las continuas son crácvas que forman redes que se extienden a lo largo de una pequea cuenca y que normalmente van creciendo en tamao a medida que nos aproximamos a la zona situada ladera abajo.

Principios bsicos de control de crácvas

1. Mejorar las condiciones de la zona desde donde vierte el agua a la crácvava para reducir la escorrenta (por ejemplo aumentando la cobertura por vegetacin).
2. Desviar, si fuera necesario, toda o parte de la escorrenta que entra en la crácvava. Un ejemplo donde esto puede ser necesario es en crácvavas formadas a causa de cunetas mal diseadas.
3. Estabilizar la crácvava mediante medidas estructurales (casi siempre por diques de retencin) y si fuera necesario revegetacin.

La Figura 5 muestra un esquema de control del conjunto de la red de crácvavas comenzando con el agua que viene ya concentrada aguas arriba. La Figura 6 muestra un ejemplo de crácvava iniciada por una cuneta de una carretera mal terminada.

Siguiendo con el ejemplo de la figura superior, las crácvavas de menor tamao se controlarn con diques de retencin ms pequeos y de materiales menos resistentes, mientras que las crácvavas de mayor tamao requerirn diques de retencin de mayor tamao y ms resistentes, con estructuras para que el agua rebose sin provocar daos.

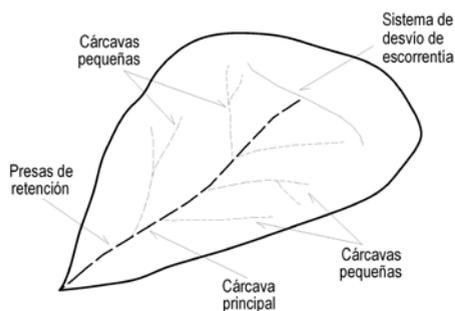


Figura 5. Esquema conceptual de control de una red de crácvavas. Elaboracin propia a partir de Blanco y Lal (2008).



Figura 6. Crácvava iniciada por un desagüe de carretera mal finalizado.

2.2.2. Espaciamiento

El objetivo de los diques de retención que se construyen a lo largo de la cárcava no es retener todo el agua, sino frenar su velocidad para que el sedimento deposite antes de que el agua pase por lo alto del muro de retención y con el tiempo rellenar la cárcava y restaurarla (Figuras 7 y 8). En ocasiones la cárcava no se rellena del todo, pero deja de crecer en tamaño y se puede considerar controlada.

La regla básica para espaciar entre sí los diques de retención a lo largo de la cárcava, es hacerlo para intentar aproximarse a una situación en la que el nivel máximo del agua detrás de un dique llegue hasta el pie del dique de retención situado inmediatamente aguas arriba (Figuras 7 y 8). Se trata de lograr que no quede ninguna sección de la cárcava en la que el agua no esté retenida para reducir su velocidad. Por motivos de coste esta criterio general es difícil de seguir exactamente en campo, y las tablas de espaciamento recomendado, como la Tabla 1, incorporan un factor de corrección empírico que asume en la práctica un mayor espaciamento.



Figura 7. Vista de varios diques de retención espaciados.

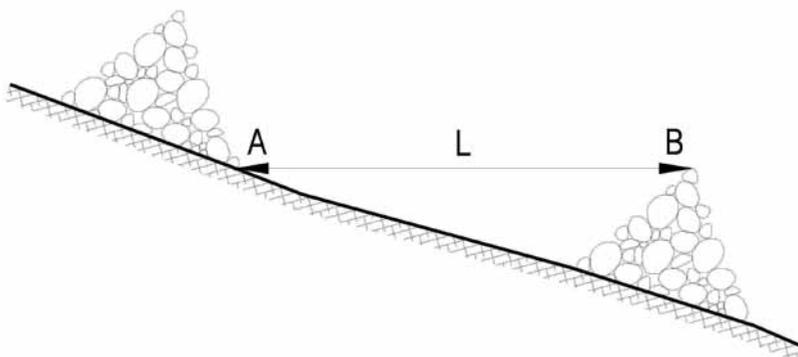


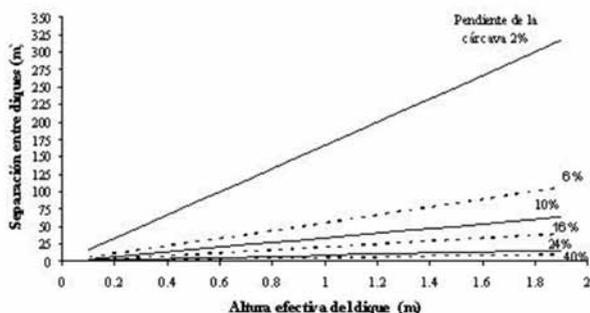
Figura 8. Espaciamento entre diques de retención (L). La línea A-B marca el punto de máxima elevación de agua. Elaboración propia a partir de Gray y Leiser (1989).

Este espaciamento dependerá de la pendiente de la cárcava y de la altura del dique. La Figura 9 y la Tabla 1 de la página siguiente pueden ayudar a determinar cuál es ese espaciamento de manera práctica. Conviene no olvidar que son distancias aproximadas y que se pueden variar ligeramente si eso permite un diseño más eficaz, por ejemplo moviéndolas para situar el dique de retención en una sección más estrecha y donde sea más fácil y barato de construir. En pendientes muy elevadas será difícil ajustarse al espaciamento óptimo ya que obligaría a colocar los diques demasiado cercanos. En este caso sería deseable dimensionar estas distancias a lo económicamente viable.

Pendiente cárcava %	2	6	10	16	20	24	30	40
Altura dique m								
0.1	17	6	3	2	2	1	1	1
0.3	50	17	10	6	5	3	2	2
0.5	83	28	17	11	8	4	3	3
0.7	117	39	23	15	12	6	5	4
0.9	150	50	30	19	15	8	6	5
1.1	183	61	37	23	19	9	8	6
1.3	217	72	44	27	22	11	9	7
1.5	250	83	50	32	25	13	10	8
1.7	283	95	57	36	29	15	12	9
1.9	317	106	64	40	32	17	13	10

Tabla 1. Espaciamiento óptimo, en metros, entre diques de retención. Elaboración propia a partir de Coppin y Richards (1990).

Figura 9. Espaciamiento óptimo entre diques de retención. Elaboración propia a partir de Coppin y Richards (1990).



2.2.3. Cabeceras de las cárcavas

El control de la cárcava debe comenzar desde su cabecera, que es el lugar donde empieza a formarse. Los bordes superiores de esta cárcava deben rodearse plantando vegetación (herbácea y/o leñosa según los casos) para frenar la velocidad del agua y hacer que sus raíces retengan mejor el terreno (Figuras 10 y 12).

La anchura mínima de esa zona de vegetación dependerá del tamaño de la cárcava. Si en el nacimiento es pequeña (profundidad menor de 1 m) posiblemente baste con sembrar una barrera de vegetación herbácea de una anchura no menor de 5 m si esta compuesta por gramíneas y 10 m si lo está preferentemente de leguminosas.

Si la cárcava es mayor de 1 m de profundidad en su cabecera lo recomendable es usar un seto de vegetación combinando especies leñosas y herbáceas; la Figura 11 da una idea de su anchura recomendada. La sección de setos de vegetación da más información acerca de su diseño.

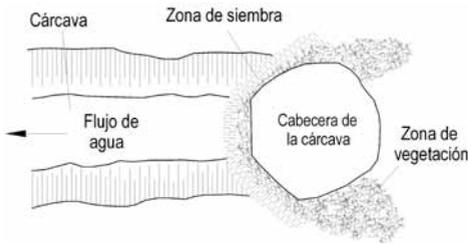


Figura 10. Esquema de disposición de vegetación en cabecera de la cárcava. Elaboración propia a partir de Gray y Leiser (1989).

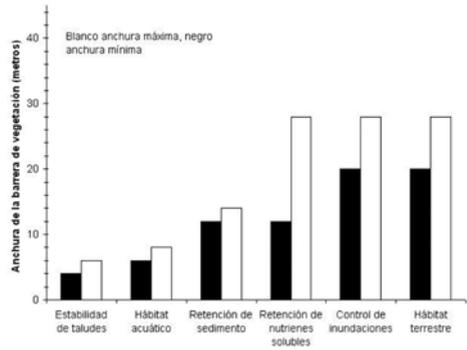


Figura 11. Anchura recomendada para barreras de vegetación. Elaboración propia a partir de Schultz et al. (2009).

Figura 12. Ejemplo de siembra de vegetación en cabecera de cárcava. Cortesía del NRCS.

2.2.4. Diseño de diques de retención

Si la cárcava es de pequeño tamaño y de paredes poco escarpadas, se puede controlar con bandas de vegetación permanente sembradas de manera perpendicular a la pendiente (Figura 13). Durante el periodo de implantación de esta vegetación, es posible instalar balas de paja a modo obstáculo para retener la escorrentía (Figura 14). Nunca use diques temporales de paja para áreas vertientes de más de 0.8 ha.

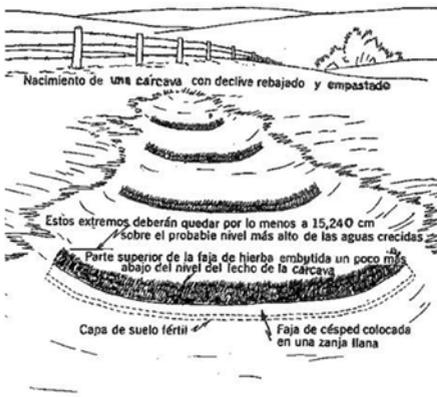


Figura 13. Control de pequeña cárcava mediante bandas de cubiertas vegetales. Secretaria de Estado de los EEUU (1950).

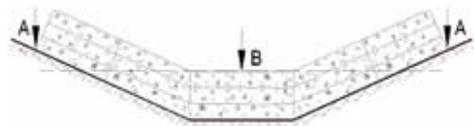


Figura 14. Balas de paja a modo de dique provisional. El punto B siempre a menor altura que A para que el dique sea efectivo. Elaboración propia a partir de Gray y Leiser (1989).

Si la cárcava es de mayor tamao se deben construir diques de retencin que se pueden hacer de diferentes materiales, que deben escogerse en funcin de su disponibilidad y coste. La inmensa mayoría de los diques de retencin se suelen construir de componentes porosos, ya que al permitir el paso de parte del agua reducen las tensiones sobre la estructura y la abaratan. Además, al ser flexibles tienen cierto margen para acomodarse mejor al terreno a medida que se consolida. Por ello, los materiales que posiblemente se empleen serán rocas y piedras, estacas y ramas o estacas y tela metálica. La Figura 15 muestra algunos ejemplos y en las siguientes páginas se explican con la finalidad de que el usuario final los pueda adaptar de la mejor manera posible a sus condiciones, eso sí, respetando los criterios básicos de diseo.

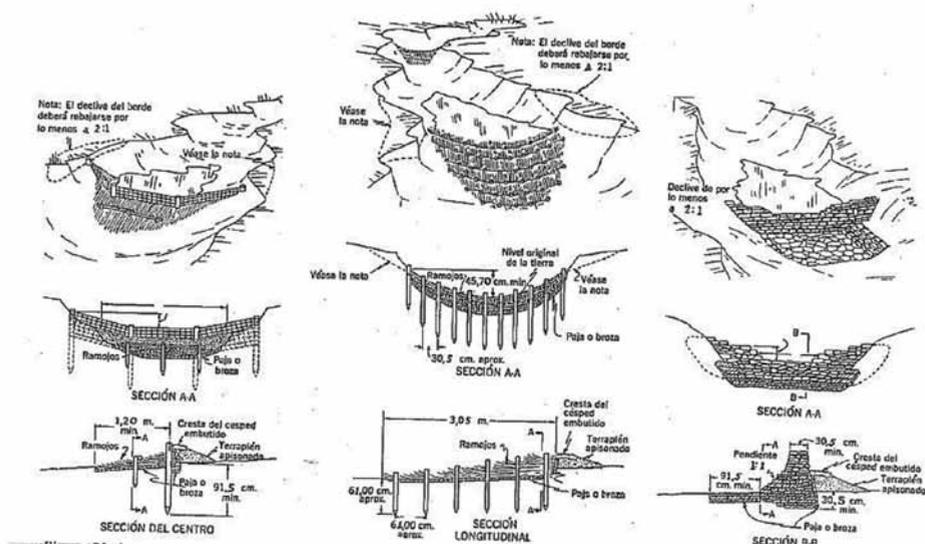


Figura 15. Ejemplos de diques de retencin. Secretaria de Estado de los EEUU (1950).

Crterios bsicos de diseo de diques de retencin

1. Por seguridad y coste hay que procurar construir diques de menos de 1.2 m de altura, medida desde el punto donde empieza a verter el agua (aliviadero).
2. Todos, no importa lo pequeos que sean, deben hacerse dejando una zona rebajada (en el centro) para evacuar el exceso de agua cuando rebose sin que se salga por los lados del muro. Esto se llama aliviadero.
3. En la zona donde cae el agua de este aliviadero se debe reforzar el lecho para amortiguar el impacto del agua que cae. Como regla aproximada esta zona de disipacin de energa debe tener una longitud entre 1.5 y 2 veces la altura efectiva del dique.
4. Un buen diseo debe considerar la forma y tamao de estos elementos. Hacerlo reducirá los problemas como que el agua se abra camino por los bordes del dique haciéndolo ineficaz, o éste se derrumbe al formarse un socavn al pie del mismo.

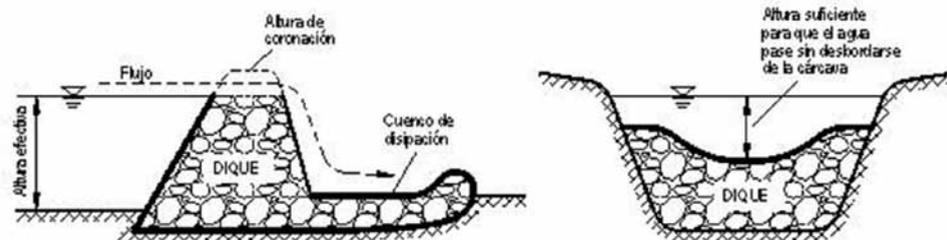


Figura 16. Componentes de un dique de retención. Elaboración propia a partir de Gray y Leiser (1989)

Cálculos a efectuar

1. La **anchura del dique** de retención, A_p , eso es la longitud de dique para cerrar la cárcava viene dada por esta ecuación:

$$A_p = A_{fc} + \frac{(H_{max} (A_{sc} - A_{fc}))}{P_c}$$

Donde A_{fc} es la anchura de la cárcava en su fondo, A_{sc} es la anchura de cárcava en el punto más alto de la sección donde se construye el dique, P_c es la profundidad total de la cárcava, y H_{max} es la altura efectiva del dique (medida desde la altura máxima de agua en la coronación del aliviadero).

2. El **volumen máximo de sedimento** que se puede almacenar detrás de un dique de retención, V_s viene dado por esta ecuación:

$$V_s = 0.5 H_e A_p D_p \cos(\psi)$$

Donde D_p es la separación entre diques de retención, y ψ el ángulo correspondiente a la pendiente de la cárcava.

3. Caudal de diseño

Se recomienda calcularlo a partir de la tormenta con un periodo de retorno de 25 años usando la **fórmula del método racional** siguiente:

$$q = \frac{C i A}{3.6}$$

Donde **q es el caudal de diseño** (m^3/s), C es el coeficiente de escorrentía, (Tabla 2 en la página siguiente), i es la intensidad de lluvia (mm/h) correspondiente a ese periodo de retorno y por una duración igual al tiempo de concentración de la zona aguas arriba del dique de retención, y A es el área aportadora (km^2). El tiempo de concentración, T_c se puede calcular a partir de diferentes fórmulas, siendo una de las mas usadas la de Kirpich:

$$T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385}$$

Donde **T_c es el tiempo de concentración** (minutos), L es la máxima longitud recorrida por la escorrentía (m), y S la pendiente (en tanto por uno) media del área aportadora.

Para usar la Tabla 2 debe **clasificar el suelo** de acuerdo a una de las cuatro categoras que establece el SCS:

Grupo A: Suelos con alta velocidad de infiltracin cuando estn saturados. Son generalmente suelos profundos, bien drenados y de textura arenosa o franco-arenosa.

Grupo B: Suelos con velocidad de infiltracin moderada en saturacin. Son generalmente suelos de profundidad media, bien drenados y de textura franca o franco-limosa.

Grupo C: Suelos con baja velocidad de infiltracin en saturacin. Son generalmente suelos con una capa que limita el flujo de agua y de texturas finas.

Grupo D: Suelos muy baja velocidad de infiltracin. Son generalmente suelos arcillosos de carcter expansible, suelos con una limitacin a la infiltracin muy cercana a la superficie o muy poco profundos y sobre un material parental muy poco permeable. Son normalmente suelos de texturas finas.

Uso de suelo	A			B			C			D		
	0-2%	2-6%	>6%	0-2%	2-6%	>6%	0-2%	2-6%	>6%	0-2%	2-6%	>6%
Cultivo	0.08 ^a	0.13	0.16	0.11	0.15	0.21	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.31
	0.14 ^b	0.18	0.22	0.16	0.21	0.28	0.20	0.25	0.34	0.24	0.29	0.41
Pastos	0.12	0.20	0.30	0.18	0.28	0.37	0.24	0.34	0.44	0.30	0.40	0.50
	0.15	0.25	0.37	0.23	0.34	0.45	0.30	0.42	0.52	0.37	0.50	0.62
Bosque	0.05	0.08	0.11	0.08	0.11	0.14	0.10	0.13	0.16	0.12	0.16	0.20
	0.08	0.11	0.14	0.10	0.14	0.18	0.12	0.16	0.20	0.15	0.20	0.25
Zona industrial	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.70
	0.85	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	0.87	0.86	0.86	0.88
Aparcamientos	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87
	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97

Tabla 2. Coeficientes de escorrenta para el mtodo racional en funcin del uso del suelo, clase hidrolgica de suelo y pendiente. Fuente: Schawb (1993). ^a coeficientes para tormentas con periodo de retorno menor de 25 aos y ^b para periodos de retorno mayores de 25 aos.

Dimensiones a calcular

4. El aliviadero

Se debe disear de manera que sea capaz de evacuar el caudal de diseo rebosando por el centro del dique de retencin sin que sta alcance los lados del dique y comience a erosionar las paredes de la cárcava. Normalmente son de secciones rectangulares o trapezoidales, siendo mejores las segundas porque son ms eficaces desalojando ramas y restos que pueden quedar atrapados. La Tabla 3 ayuda a dimensionar ese aliviadero una vez conocido el caudal de diseo.

Capacidad de evacuar caudal (m³/segundo)

Anchura de aliviadero m	0.2	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	5.2
Altura de agua en aliviadero m								
0.15	0.02	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
0.30	0.04	0.10	0.25	0.40	0.50	0.60	0.75	0.90
0.45	0.07	0.20	0.50	0.70	0.90	1.20	1.40	1.50
0.60	0.11	0.35	0.70	1.10	1.50	1.80	2.20	2.50
0.75	0.15	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.30
0.90	0.20	0.60	1.30	2.00	2.70	3.30	3.90	4.70

Tabla 3. Capacidad de un aliviadero de sección trapezoidal o parabólica en función de su anchura y altura (calado máximo de agua permisible sobre la coronación del aliviadero). Pathak et al. (2005).

En el caso de diques de retención pequeños no siempre se efectúa un cálculo para dimensionar el aliviadero. De no ser posible, al menos se recomienda utilizar como orientación las siguientes dimensiones de aliviadero en base al área aportadora, que es la superficie que vierte en la cárcava por encima del dique de retención. No obstante, es muy conveniente siempre que sea posible efectuar su cálculo de acuerdo a lo descrito en este manual. Sólo así entenderemos la magnitud de los caudales que debemos tratar de evacuar en situaciones de lluvia extrema y cómo pueden variar a distancias relativamente cortas. Se propone un ejemplo, a continuación, donde se evalúa la influencia de evacuar el caudal máximo determinado para la misma localidad (Jaén) que el ejemplo de la página 14 de acuerdo a lo descrito en este manual. Para esa localidad, la intensidad de lluvia máxima para un tiempo de concentración de 3 minutos y un periodo de retorno de 25 años son 81.4 mm/h. A partir de ella se puede calcular la escorrentía para diferentes áreas aportadoras para dos supuestos:

- A) Un coeficiente C de 0.62. El más alto de zonas agroganaderas correspondiente a pastos en un suelo de clase hidrológica D y pendiente superior al 6%.
- B) Un coeficiente C de 0.12. Relativamente bajo, correspondiente a una zona con cultivo emergido en un suelo de clase hidrológica A y pendiente superior al 6%.

A) El área de un campo de fútbol sala, unas 0.08 ha (20x40 m).

En este caso para el supuesto A, suelo de baja capacidad de infiltración, el caudal máximo sería de 0.01 m³/segundo y para el supuesto B, suelo con alta capacidad de infiltración, el caudal máximo sería 0.002 m³/segundo. Observando la tabla de la página anterior podemos comprobar para evacuar el caudal del supuesto de mayor escorrentía, que un **aliviadero de 20 cm de ancho y unos 15 cm de altura** sería suficiente para evacuar este caudal. Para el caudal mas pequeño conviene dejar este mismo ya que si fuera de menores dimensiones podría atascarse fácilmente por restos arrastrados por la escorrentía.

B) El rea de un campo de fútbol, unas 0.7 ha (100x70 m).

En este caso para el supuesto A, baja capacidad de infiltracin, el caudal mximo sera de 0.1 m³/segundo y para el supuesto B, alta capacidad de infiltracin, 0.02 m³/segundo. **Un aliviadero de 30 cm de altura y 60 cm de ancho** es suficiente para evacuar el caudal mayor y de para el menor sera suficiente uno de 20 cm de ancho por 15 cm de alto.

C) Dos hectreas, el rea de unos tres campos de fútbol.

En este caso para el supuesto A, baja capacidad de infiltracin, el caudal mximo sera de 0.3 m³/segundo y para el supuesto B, alta capacidad de infiltracin, 0.06 m³/segundo. **Un aliviadero de 45 cm de altura y 145 cm de ancho** es suficiente para evacuar el caudal mayor y de para el menor sera suficiente uno de 30 cm de ancho por 30 cm de alto.

D) Quince hectreas, el rea de unos veintidos campos de fútbol.

En este caso para el supuesto A, baja capacidad de infiltracin, el caudal mximo sera de 2.2 m³/segundo y para el supuesto B, alta capacidad de infiltracin, 0.4 m³/segundo. **Un aliviadero de 60 cm de altura y 360 cm de ancho** es necesario para evacuar el caudal mayor y de para el menor sera necesario uno de 100 cm de ancho por 45 cm de alto.

Como puede apreciarse las dimensiones pueden variar enormemente en funcin del tipo y uso del suelo y el rea aportadora. De ah la recomendacin anterior de estimar estos caudales de diseo.

2.2.5. Tipos de diques en funcin de sus materiales

Los diques de piedra y roca deben hacerse con tamaos que no sean demasiado pequeos para evitar que el agua las arrastre. En general no debe haber trozos de material menores de 10 cm de diámetro, y el porcentaje de rocas menores de 14 cm de diámetro no debe superar el 25% del total del peso de rocas empleadas. Aunque no existen reglas generales, se puede usar como aproximacin la distribucin de rocas para diques de altura efectiva entre 1 y 2 m de la Tabla 4. La Figura 17 muestra un esquema para la construccin de un dique de rocas y piedras.

Diámetro cm	Porcentaje peso total
10-14	25
15-19	20
20-30	25
31-45	30

Tabla 4. Distribucin recomendada del peso de rocas en funcin de su tamao en un pequeo dique. Fuente: Adaptado de Gray y Leiser (1989).

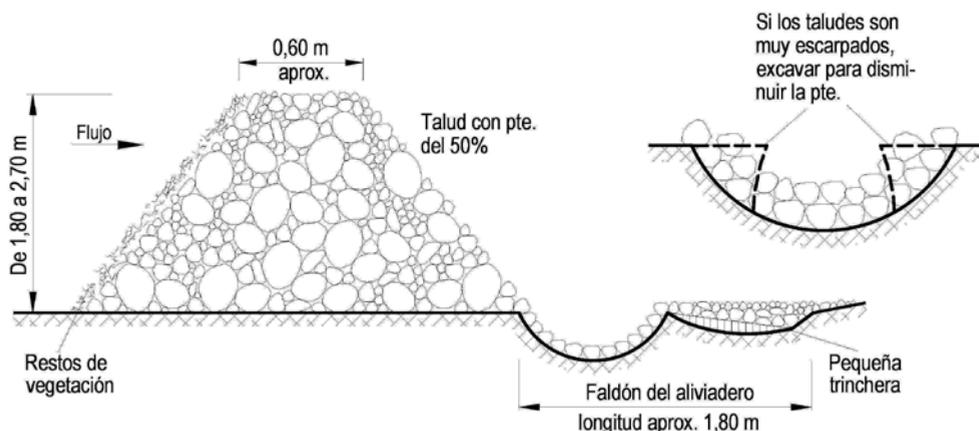


Figura 17. Esquema de un dique de rocas. Elaboración propia a partir de Gray y Leiser (1989).

Los diques hechos de estacas y ramas son una alternativa económica en situaciones en las que haya disponibilidad de estos materiales. Para diques de altura menor de 1.5 m y de anchura menor de 4.5 m, una fila de estacas y ramas puede ser suficiente para montar un dique de acuerdo al esquema de la Figura 18.

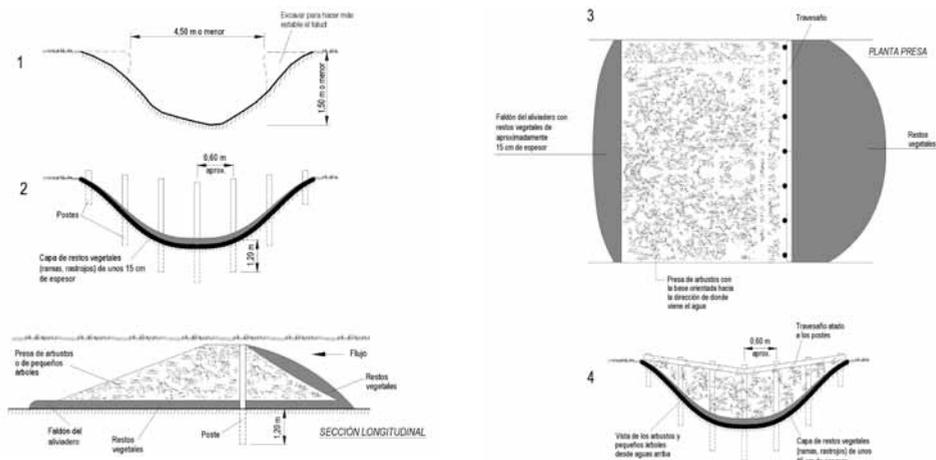


Figura 18. Esquema de dique de una fila de estacas y ramas. Elaboración propia a partir de Gray y Leiser (1989).

Si el tamaño del dique es superior a 1.5 m y 4.5 m de anchura, el dique de estacas y ramas debería hacerse con una doble fila de estacas, de acuerdo al esquema de la Figura 19.

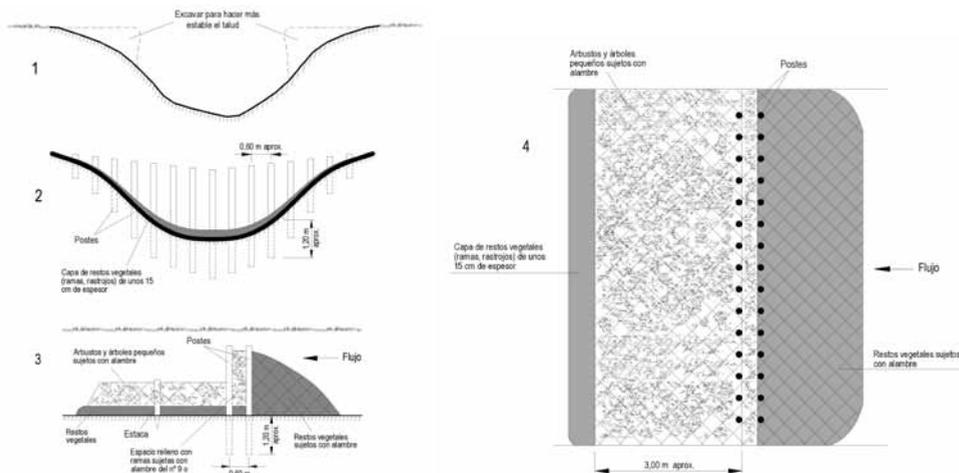


Figura 19. Esquema de dique de doble fila de estacas y ramas.
Elaboración propia a partir de Gray y Leiser (1989)

Para cárcavas de poca profundidad y anchura inferior a 4 m también se pueden construir diques de retención efectivos con alambre y ramas. Para ello, debe disponer las ramas de acuerdo a la Figura 20, usando alambre galvanizado de, al menos, el número 9 para mantenerlas en su sitio con la ayuda de estacas clavadas en el terreno como mínimo a 0.9 m de profundidad.

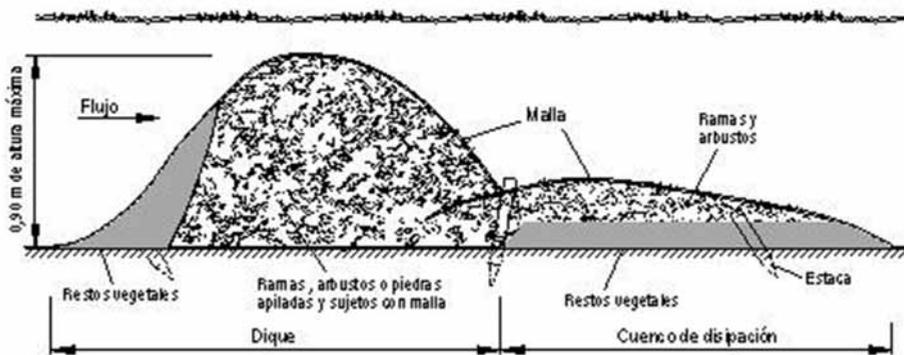


Figura 20. Esquema de dique de ramas y alambre.
Elaboración propia a partir de Gray y Leiser (1989).

Para cárcavas de poca profundidad (menos de 1 m) otra opción es el dique de láminas metálicas o de madera. Para ello debe disponer las planchas de acuerdo a la Figura 21. Es indispensable disponer en la zona de caída de agua una zona de amortiguación para evitar que se socave el dique. Esta zona de amortiguación la puede hacer de rocas o ramas siguiendo el ejemplo de las figuras anteriores.



Figura 21. Esquema de dique de láminas metálicas o de madera. Elaboración propia a partir de Gray y Leiser (1989).

La lista de materiales anterior no puede ser exhaustiva, y siempre pueden existir otras combinaciones viables para construir diques de retención. Por ejemplo, como en la Figura 22, gaviones flexibles elaborados con biorrollos de fibras vegetales.

2.3. MANTENIMIENTO

El mantenimiento de los diques de retención y de la cárcava restaurada es tan importante como su instalación y se puede resumir en una serie de puntos básicos.

1. Inspeccionar siempre todos los diques después de cada tormenta importante. Si se está en una temporada de sequía debe de hacerse periódicamente (cada 3-6 meses).
2. Reparar inmediatamente los daños observados, procurando mantener el dique de acuerdo a su diseño original.
3. Retirar los restos de avenidas acumulados (palos, ramas...) y sedimentos que obstruyan el aliviadero y puedan estar reduciendo su capacidad de desagüe.
4. Una vez que la cárcava esté estabilizada, procurar mantener la superficie cubierta con vegetación para prevenir su reactivación.
5. Si observa que empiezan a formarse nuevos regueros o pequeñas cárcavas en una ya restaurada, comenzar a controlarla de inmediato siguiendo los criterios detallados en esta sección. Si es necesario, recrecer ligeramente el dique de retención.



Figura 22. Pequeños diques de contención construidos con gaviones flexibles de biorrollos.

2.4. Ejemplo

A continuacin se muestra un ejemplo de cmo se pueden usar las tablas y figuras incluidas en esta seccin. El enfoque utilizado en este ejemplo NO es de aplicacin a todas las situaciones que se pueden encontrar en el campo, sino que cada una de ellas exigir una respuesta especfica.

Se tiene una finca de olivar con pendiente mayor al 6% y un suelo de textura franco arenosa en la provincia de Jaén. A lo largo de una cárcava, se ha localizado un enclave favorable (coordenadas UTM, huso 30, $X = 452.121$, $Y = 4.192.011$, $Z = 750$ m) para el establecimiento de un pequeo dique de retencin (Figura 23). En dicho punto, la cárcava tiene un rea de desagüe de 2.5 ha, una longitud aproximada de 200 m y una pendiente del 10% (calculados conforme al Anejo 1). La seccin transversal correspondiente tiene una profundidad de 1.10 m y una anchura superior e inferior de 1.15 m y 0.30 m, respectivamente.

En la situacin concreta planteada en este ejemplo se calcula:

- El espaciamiento idneo de pequeos diques agua arriba del enclave y las actuaciones complementarias en cabecera.
- La anchura de coronacin del dique en el punto de actuacin elegido, la longitud del dissipador, las dimensiones del aliviadero y el volumen del sedimento que el dique podra almacenar.



Figura 23. Vista del rea del desagüe que vierte al punto de actuacin (izquierda) e imagen y dimensiones de la seccin transversal de la cárcava en dicho punto (derecha).

Solucin

- Se prev que la altura del dique sea de 0.7 m, as que se selecciona la Tabla 1 de doble entrada Pendiente-Altura de dique (página 7) y se busca el valor correspondiente a dichos parmetros (10%–0.7 m) \rightarrow 23 m es la separacin (aprox. 8 pequeos diques repartidos en los 200 m de longitud). En cabecera podra establecerse una franja de vegetacin con objeto de estabilizarla y retener sedimentos de una anchura aproximada de 11 m (Figura 11).

- b) La anchura de la coronación del dique viene determinada por la expresión de la página 10:

$$A_p = A_{fc} + \frac{(H_{max} (A_{sc} - A_{fc}))}{P_c}$$

Donde: $A_{fc} = 0.30$ m; $H_{max} = 1.00$ m; $P_c = 1.15$ m; $A_{sc} = 1.10$ m $\rightarrow A_p = 0.99$ m

La longitud del dissipador (faldón del aliviadero, ver página 10) debe ser entre 1.5 y 2 veces la altura del dique. En consecuencia: $1.75 \times 1.00 = 1.80$ m aproximadamente.

El cálculo de las dimensiones del aliviadero requiere la determinación del caudal de diseño. Se aplica la ecuación del método racional (página 10), estableciendo como periodo de retorno de dicho caudal, $T = 25$ años.

$$q = \frac{C i A}{3.6}$$

Donde C es el coeficiente de escorrentía (suelo de tipo A, de uso "cultivo" y pendiente $> 6\%$, Tabla 2 de la página 9) $\rightarrow 0.16$. A es el área tributaria = 0.025 km².

La determinación de la lluvia de diseño requiere el cálculo del tiempo de concentración, T_c , de la cuenca en el punto de actuación que determina la duración del aguacero más desfavorable. Según la fórmula de Kirpich (página 10):

$$T_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385} = 0.0195 \times 200^{0.77} \times 0.10^{-0.385} = 2.8 \text{ min}$$

Para el cálculo de la intensidad de lluvia para un periodo de retorno de 25 años y una duración igual al tiempo de concentración de 2.8 minutos, se sigue la metodología de establecida en la Instrucción de Carreteras 5.1-IC "Drenaje superficial" (BOE 123, 23 mayo de 1990). En primer lugar se ha de determinar la magnitud, denominada también cuantil, de la precipitación máxima diaria en el punto de localización de la estructura de control de la escorrentía, para el periodo de retorno especificado de 25 años. Para ello se aplicará la metodología establecida en la Monografía del Ministerio de Fomento titulada *Máximas llluvias diarias en la España peninsular*.

Para el cálculo del cuantil se utiliza el mapa incluido en el Anejo 2, en el que se representan, para Andalucía, la distribución espacial del coeficiente de variación C_v y del valor medio de las series anuales de las máximas precipitaciones diarias en la región. Con las coordenadas UTM de la ubicación de la estructura a proyectar citadas anteriormente, se estiman los siguiente valores de C_v y \bar{P} :

$$C_v = 0.425 \quad \bar{P} = 43 \text{ mm}$$

De la Tabla 2 del Anejo 2, para un periodo de retorno $T = 25$ años y un valor de $C_v = 0.425$, se obtiene un valor del cuantil regional $Y_T = 1.892$. En consecuencia, el valor del cuantil local X_T , o magnitud de la máxima precipitación diaria en el punto de ubicación de la estructura será:

$$X_T = Y_T \bar{P} = 1.892 \times 43 = 81.4 \text{ mm}$$

Una vez estimada la máxima precipitación diaria para 25 años de periodo de retorno, el cálculo de la intensidad de lluvia para una duración de 2.8 minutos y 25 años de periodo de retorno se realiza aplicando la siguiente expresión:

$$i_t = i_d \left(\frac{i_1}{i_d} \right) \frac{28^{0.1-t} - 0.1}{28^{0.1} - 1}$$

Siendo i_t (mm/h) = intensidad media correspondiente al tiempo de concentración de 2.8 minutos. i_d (mm/h) = intensidad media diaria de la precipitación para el periodo de retorno considerado igual a 81.4 mm/24 h = 3.39 mm/h. i_1/i_d = cociente entre la intensidad horaria y la diaria, independiente del periodo de retorno y que puede obtenerse del mapa de la Figura 24 = 8. t (h) = tiempo de concentración en horas = 0.047 h.

La intensidad media para una duración de lluvia igual a 2,8 minutos (tiempo de concentración), será

$$i_t = i_d \left(\frac{i_1}{i_d} \right) \frac{28^{0.1-t} - 0.1}{28^{0.1} - 1} = 3.39 \times (8) \frac{28^{0.1-0.047} - 0.1}{28^{0.1} - 1} = 108.36 \text{ mm/h}$$

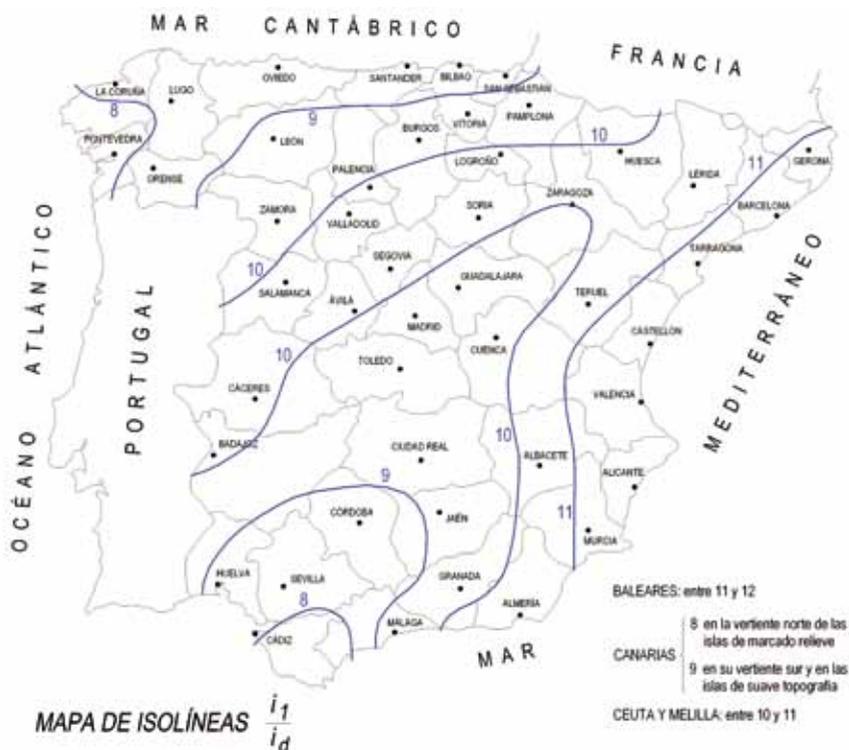


Figura 24.

Mapa de isólinas adaptada por José A. Cobacho a partir de Ministerio de Fomento (1999).

Finalmente, con este dato se puede abordar el cálculo del caudal punta para 25 años de periodo de retorno, mediante la expresión del método racional

$$q = \frac{CIA}{3.6} = \frac{0.16 \times 108.36 \times 0.025}{3.6} = 0.120 \text{ m}^3/\text{s}$$

Entrando en la Tabla 3 de la página 12 ($Q = 0.120 \text{ m}^3/\text{s}$) se procede a dimensionar el aliviadero, resultando. *Anchura de aliviadero* = 0.60 m y *altura de agua sobre el vertedero* = 0.35 m.

3. MUROS DE CONTENCIÓN

3.1. DEFINICIÓN

En los sistemas de lucha contra la erosión se entiende por muro de contención un muro situado de manera perpendicular a la máxima pendiente del terreno, y que se utiliza al formar o mantener terrazas construidas para controlar la erosión y aprovechar mejor el agua de lluvia (Figura 25). Ésta es una práctica ancestral, y en la mayoría de los casos estos muros de contención son de altura limitada (1.8-2 m) y se construyen de materiales locales. En otras ocasiones el muro de contención se emplea para evitar el hundimiento (o el deslizamiento) de una ladera aunque no tenga una terraza por encima (Figuras 26 y 27).



Figura 25. Vista general y de detalle de muros de contención.

3.2. CRITERIOS GENERALES

El objetivo de los muros de contención es ofrecer estabilidad al talud de una terraza. Para conseguirlo, además de construir adecuadamente el muro, se debe de construir y mantener la terraza, o la zona por encima, en buen estado.

Principios básicos de construcción de muros de contención

1. Si son muros correspondientes a terrazas, éstas deben construirse siguiendo los criterios aproximados de la figura adjunta, con su espaciamiento vertical, IV, y horizontal, IH, de acuerdo a las siguientes ecuaciones.

$$IV = XS + Y$$

$$IH = \frac{IV 100}{S}$$

Donde S es la pendiente en tanto por ciento, X es un factor que tiene en cuenta la pluviosidad de la zona, e Y un factor que tiene en cuenta la erodibilidad del terreno (Tabla 5).

X	Zona
0.24	Lluvia alta. Aprox. por encima de 900 mm/año
0.18	Lluvia alta. Aprox. por encima de 700 mm/año
0.12	Lluvia baja. Aprox. por debajo de 450 mm/año.

Y	Erodibilidad
0.3	Muy alto riesgo de erosión.
0.75	Riesgo de erosión intermedio
1.2	Muy bajo riesgo de erosión.

Tabla 5. Valores de X e Y en las ecuaciones para espaciamiento de terrazas. Adaptado de Blanco y Lal (2008)

Principios básicos de construcción de muros de contención

2. Si es un muro que debe recibir todo el peso de una terraza, por que la creemos inestable, se debe construir capaz de resistir mucho peso. Para ello ha de tener una anchura mínima en su parte superior de 0.3 m y ensancharse 0.3 m por cada metro de altura (talud de 1:0.3) (Figuras 26 y 27); en cualquier caso, la base debe tener como mínimo 0.45 m de anchura. Se recomienda excavar el terreno donde vaya la base del muro, como mínimo 0.3 m para proporcionar una cimentación más robusta. En general se recomienda que estos muros no superen los 1.8 m de altura, aunque si es necesario pueden ser construidas con seguridad hasta 2.0 m con esos criterios básicos.

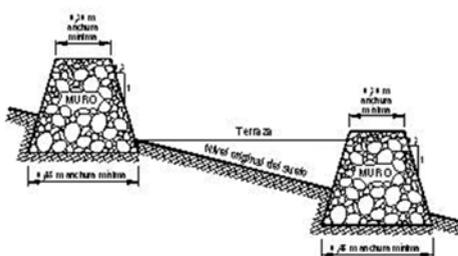


Figura 26. Esquema de un muro de contención de piedra.



Figura 27. Foto de muros de contención de piedra.

Principios básicos de construcción de muros de contención

3. Los muros de contención pueden construirse con piedras sin cementar, siempre que sepan colocarse entrelazadas de manera adecuada (Figura 28). Se trata de una técnica que requiere personal capacitado para ejecutarla, por lo que es conveniente prestar especial atención si se realizan por primera vez. Una alternativa es el uso de gaviones, que son paralelepípedos de piedras que se mantienen unidos mediante una jaula de alambre que permite colocarlos de manera modular (Figura 30).

- Otra alternativa son piedras (naturales o artificiales), o mampostería unidas entre sí con cemento. Si se opta por esta alternativa, se deben instalar drenes en la superficie del muro para evitar que la acumulación de agua en la terraza aguas arriba hunda el muro debido a la presión del agua. Los criterios de diseño de este muro (anchura espesor) dependerán de los recomendados por el fabricante del material que usemos.



Figura 28. Muro de contención de piedra.



Figura 29. Muro de contención de mampostería. Cortesía de AS Concrete.



Figura 30. Muro de contención de mampostería. Cortesía de Eurico Zimbres.

4. SETOS DE VEGETACIÓN

4.1. DEFINICIÓN

Los setos de vegetación (Figura 31) son barreras vegetales que se utilizan en los sistemas agrícolas y forestales con uno o varios de los siguientes objetivos:

1. Proporcionar alimento, hábitat y corredores para la vida silvestre.
2. Delimitar parcelas.
3. Retener sedimento y escorrentía.
4. Filtrar la escorrentía de contaminantes y nutrientes.
5. Cortavientos.
6. Mejorar el paisaje.

En función de los objetivos que se persigan, las características de los setos de vegetación variarán ligeramente.



Figura 31. Setos de vegetación para protección de cauces (izquierda) y control de erosión en lindes de campos cultivados (derecha). Cortesía NRCS.

4.2. CRITERIOS GENERALES

En general los setos de vegetación deben estar compuestos por especies leñosas, aunque también pueden ir acompañados de especies herbáceas siempre que éstas alcancen un porte superior a 1 m y sobrevivan durante todo el año. En el contexto particular de la línea de *Ayudas a Inversiones no Productivas* sólo se pueden emplearse aquellas especies incluidas en el Anexo II de la orden que las regula (BOJA N° 119 de 22 de Junio de 2009, pags. 51-71).

4.2.1. Setos para la vida silvestre

Cuando el objetivo es proporcionar un corredor y hábitat para la vida silvestre (Figura 32), la anchura mínima del seto ha de ser de 5 m, aunque siempre es conveniente ampliar esta anchura si fuera posible. Se deben utilizar siempre especies autóctonas para este tipo de seto, procurando combinar diferentes especies de árboles y arbustos para proporcionar un hábitat más diverso. Si el seto se instala para mejorar el hábitat de un curso de agua, debe estar diseñado de manera que en su madurez proporcione

sombra al agua. Si fuese necesario intervenir sobre un seto existente de este tipo, hay que procurar hacerlo en diferentes etapas en años sucesivos, nunca alterando más de 1/3 de total del mismo.



Figura 32. Ejemplo de zonas propicias para la instalación de setos vivos para mejorar el hábitat. Borde de camino (izquierda) o linde entre explotaciones (derecha).

Para instalar estos setos se pueden aprovechar estructuras lineales como caminos y lindes, o zonas improductivas de la finca (por ejemplo por su pendiente o pedregosidad) (Figuras 32 y 33). Una herramienta muy útil para decidir dónde instalar estos setos en una finca es el SIGPAC. La clasificación que SIGPAC hace de los diferentes recintos nos da información acerca de zonas posibles donde instalarlos (Tabla 6). Así los bordes de los recintos identificados como tierra arable nos indica los linderos, bordes de caminos y ruedos de edificaciones. También nos indican las zonas de pasto arbolado o arbustivo, pastizales y terreno improductivo donde podemos instalar algunos de estos setos.



Figura 33. Más ejemplos de zonas propicias para la instalación de setos vivos para mejorar el hábitat en lindes entre explotaciones.

Zonas potenciales de actuación		Recintos SIGPAC	
1.	Linderos	1.	Bordes con los recintos identificados como tierra arable (TA)
2.	Franjas, acilates y paredones	2.	Recintos identificados como pastizal (PS) o improductivo (IMP).
3.	Bordes de caminos	3.	Bordes con los recintos identificados como tierra arable (TA)
4.	Ruedos de cortijos y edificaciones rurales	4.	Bordes con los recintos identificados como tierra arable (TA)

Tabla 6. Interpretación de zonas potenciales de actuación a partir de recintos SIGPAC.

Una alternativa es la plantación lineal simple con arboleda. Consistirá en la creación de una línea de plantación a lo largo de linderos de separación de fincas o bordes de caminos. La distancia de plantación entre árbol y árbol variará en función de las dimensiones potenciales de desarrollo de cada especie; en general se tomará una interdistancia mínima entre árboles de pequeño porte de 5 m, de 8 m para árboles de porte mediano, y de 12 m para los de gran porte. Estas distancias son orientativas, pudiendo variar en función de la dinámica de cada explotación (trasiago de maquinaria agrícola, servidumbres de paso...). Un ejemplo del diseño adoptado para la plantación de una línea de arboleda de gran porte en un borde de camino rural es el que se ilustra en la Figura 34. En cualquier caso, si solicita algún tipo de ayuda, siempre debe consultar la normativa correspondiente a ese año. Eso es así porque estas distancias mínimas exigidas, entre plantas y entre setos, pueden variar entre convocatorias e incluso entre años dentro de la misma convocatoria.

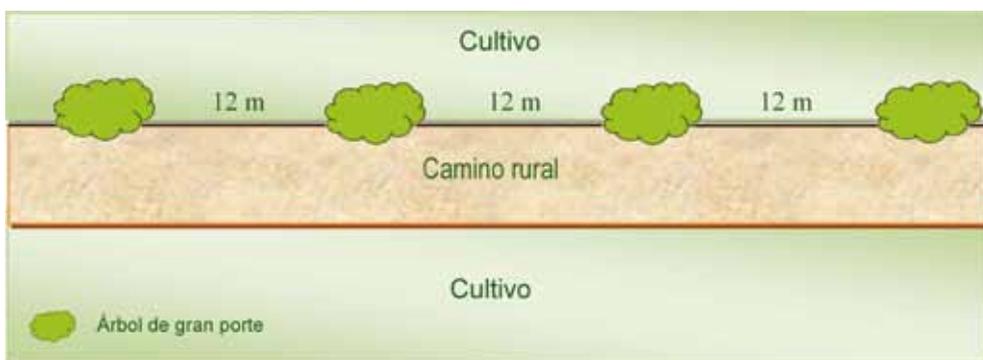


Figura 34. Esquema orientativo de seto mediante una línea de árboles.

Otra alternativa es la plantación de seto vivo. Consistirá en la creación de bandas de plantación lineal, establecidas a lo largo de lindazos en los límites de cultivos o cualquier otro tipo de infraestructura lineal (borde de camino) o entorno de ruedos de cortijos. Los tramos de las bandas serán de longitud variable en función de las características del terreno, no siendo aconsejable superar la distancia máxima entre setos de 200 m. Las bandas podrán llevar tantas líneas de plantación como anchura se le quiera dar al seto. La línea de plantación límite con el cultivo será íntegramente plantada con especies arbustivas mientras que la otra línea irá intercalada con 1 especie arbórea por cada 2 arbustivas. La planta será distribuida al tresbolillo con un marco de 1.5 x 1 m para las especies arbustivas y 1.5 x 2 m para las arbóreas. La proporción de árboles y arbustos será aproximadamente de 130 arbustos/40 árboles por cada 100 m en dos líneas de plantación de seto, siendo el diseño adoptado para la plantación de un seto tipo con dos y tres líneas de plantación el que se ilustra en los ejemplos de las Figuras 35 y 36 respectivamente.

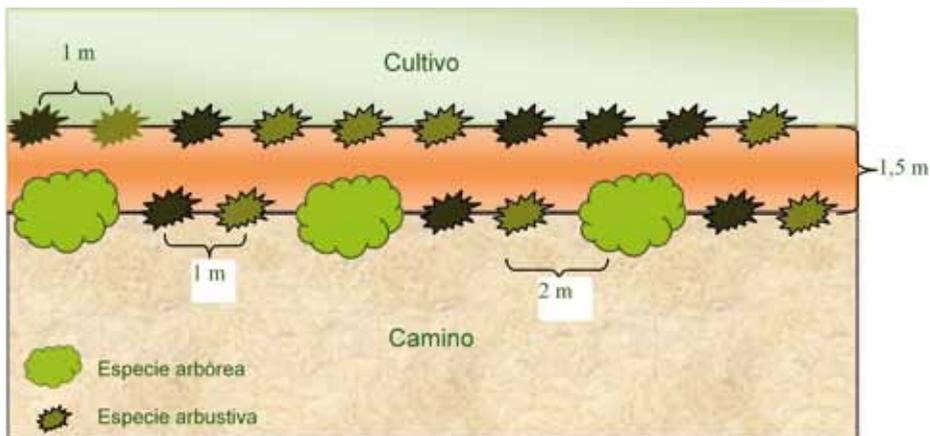


Figura 35. Esquema orientativo de seto vivo con dos líneas de vegetación.

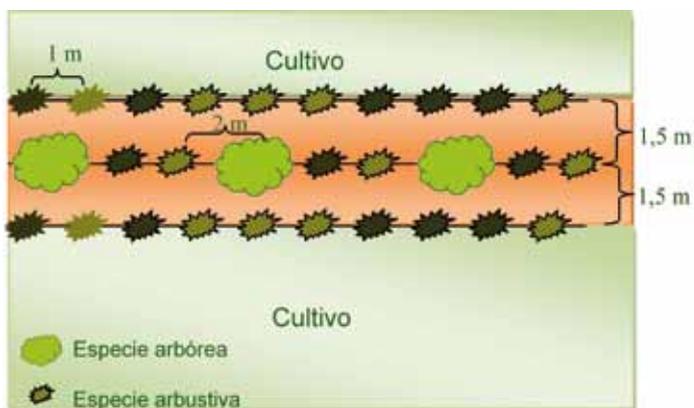


Figura 36. Esquema orientativo de seto vivo con tres líneas de vegetación.

4.2.2. Setos para control de erosión

Para que sean efectivos estos setos deben formar una barrera de vegetación densa, suficientemente rígida y alta; sólo así serán capaces de retener el terreno y el sedimento sin ser arrancados o enterrados. Deben situarse de manera perpendicular a la máxima pendiente. Para ello, cuando sean suficientemente largos se deben orientar de manera paralela a las curvas de nivel. Como orientación se pueden usar las recomendaciones de densidad de plantas indicada en la Tabla 7, medida a una altura de unos 15 cm sobre el suelo. En cualquier caso se debe buscar que al final de la primera campaña, no haya espacios entre tallos mayores de 7 cm. La Figura 37 muestra ejemplos y puede orientar acerca de la densidad óptima que se debería conseguir en este tipo de setos.

Díámetro de tronco (cm)	Zona de flujo concentrado Tallos/m ²	Otras zonas Tallos/m ²
0.25	11000	5500
0.38	2200	1100
0.51	666	333
0.64	333	166
1.25	44	22
>2.54	11	11

Tabla 7. Densidades de plantas recomendadas en setos para control de erosión (adaptada de National Resources Conservation Service. 2003).



Figura 37. Ejemplos de implantación de barreras para control de erosión y aumento de la biodiversidad.

5. BOSQUES ISLA

5.1. DEFINICIÓN

Los bosques isla son masas no lineales de vegetación rodeadas en todo su perímetro por terrenos cultivados; se crean o mantienen con el objetivo fundamental de proporcionar hábitat como reservorio de biodiversidad en zonas agrícolas. Las imágenes de la Figura 38 muestran la diferencia entre sistemas lineales (setos) y bosque isla.



Figura 38. Ejemplos de formaciones lineales (setos) y bosques isla.

5.2. CRITERIOS GENERALES

El paso inicial consiste en localizar las zonas de la finca donde implantar estos bosques. Para ello, son de aplicación los criterios generales comentados en los setos vivos en la página anterior. Las imágenes de la Figura 39 dan una idea de las zonas apropiadas para la implantación de estos bosques dentro de las explotaciones agrícolas. Para mejorar el hábitat resulta más adecuado implantar varios bosquetes dispersos dentro de la finca en lugar de una única masa. Como orientación, la superficie mínima de cada uno de estos bosquetes debería estar entre 150 – 200 m².



Figura 39. Ejemplos de zonas apropiadas para la implantación de bosques isla.

De forma general, y teniendo en cuenta que la superficie máxima para crear un bosque isla en la orden de 2010 es de 1.500 m², dependiendo de la superficie sin vegetación leñosa del recinto donde crear la masa, se propone la creación de bosquetes en el interior de cada recinto de forma poligonal (en función de la topografía del terreno) con una superficie aproximada de 170 m². La densidad de plantación será de 1 planta/m². Con

el sistema de plantación de bosquetes dentro del recinto se permite la implantación en un mayor número de recintos improductivos que posea la explotación. La relación entre árboles y arbustos será de 1:5. La plantación se ejecutará al tresbolillo con un marco de plantación aproximado de 1.15 x 1 m (Figura 40), cubriendo toda la superficie del polígono un bosque isla individual (unos 170 m²) o bien la superficie resultante de la agrupación de varios bosques isla dentro del recinto. Siempre que exista en el recinto algún árbol residual, la plantación se apoyará sobre ese pie, de tal forma que la superficie de plantación se situará inmediatamente en la posición norte de este pie arbóreo nodriza, para así reducir al mínimo la insolación de las plántulas durante la época estival y proporcionarles un microclima más favorable a su desarrollo, Figura 41. La distribución de las plantas se llevará a cabo respetando uniformemente la relación 1:5 de árbol:arbustos, o sea, dentro de una misma línea de plantación por cada especie arbórea seguirán 5 arbustos que, como máximo, pertenecerán a 2 especies distintas.

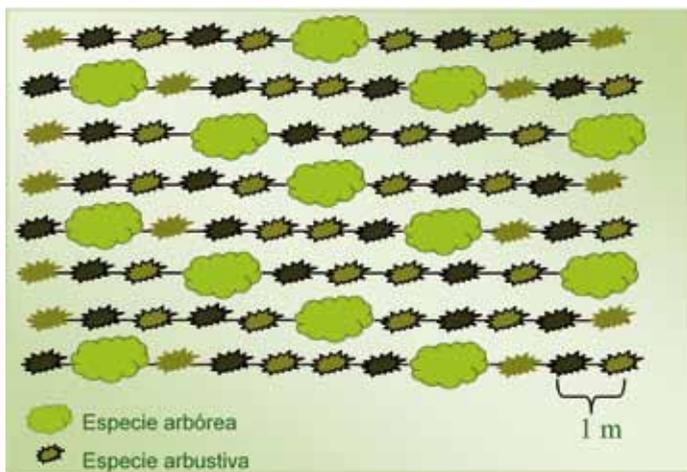


Figura 40. Esquema de plantación de bosque isla.

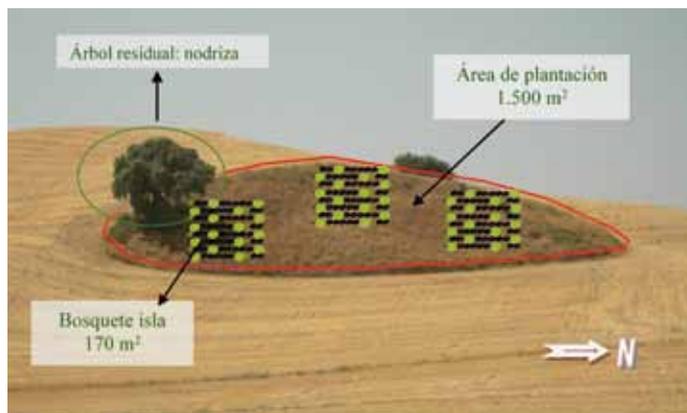


Figura 41. Ejemplo de plantación de bosque isla aprovechando árboles existentes.

5.3. ORIENTACIONES SOBRE REQUERIMIENTOS Y NECESIDADES DE LAS PRINCIPALES ESPECIES FORESTALES

Con carácter general, siempre que sea posible resulta básico realizar una selección adecuada de especies para cada zona de acuerdo, por una parte, a las características de suelo y pluviometría y, por otra, a la constitución genética de las poblaciones circundantes. Por todo ello, las especies a utilizar deben tener en cuenta el dominio territorial en el que se encuentra la zona de actuación.

Los criterios básicos a la hora de elegir las especies deben regirse bajo las siguientes condiciones:

- a) Que estén adaptadas al territorio en cuestión.
- b) Que sean apropiadas para el uso que se les quiere dar.
- c) Que sean adecuadas a las características y situación ecológicas del lugar.
- d) Que sean muy rústicas y de crecimiento relativamente rápido.
- e) Si es posible, que cuenten con ayudas económicas o subvenciones para su plantación y posible mantenimiento.
- f) Que estén disponibles en el mercado.

En general hay que evitar utilizar especies con las siguientes características:

- Especies invasoras.
- Especies que hagan competencia al cultivo colindante.
- Especies inadaptadas a las condiciones locales.
- En huertos excluir especies con hojas que tarden mucho tiempo en descomponerse.
- En frutales limitar las especies que florezcan al mismo tiempo, pues establecería competencia en la polinización.

Dada la riqueza vegetal y diversidad ecológica de Andalucía, es complicado establecer una lista exhaustiva de las especies adecuadas para cada comarca específica. En ocasiones esta lista viene indicada por el tipo de ayudas a las que nos acogamos. En el caso particular de las *Ayudas a Inversiones no Productivas* se deben utilizar aquellas incluidas en la orden que la regula ((BOJA N° 119 de 22 de Junio de 2009, pags. 51-71). Ésta indica también que deben proceder de un vivero que tenga la debida autorización para ejercer el comercio de semillas y plantas de vivero, tener al menos savia de un año, incluir cepellón y tener al menos 30 cm de altura a partir de la bolsa.

Como documento de referencia, el Manual de Diversificación del Paisaje Agrario, editado por la Consejería de Medio Ambiente en su segunda edición en 2003, establece las directrices necesarias para que una vez elegida el área donde se va a establecer la banda de vegetación, se puedan seleccionar las especies adecuadas teniendo en cuenta las condiciones del medio y la actuación perseguida.

6. REFERENCIAS

- Blanco, H., Lal, R. 2008. Principles of Soil Conservation and Management. Springer.
- Coppin, N.J., Richards, I.G. 1990. Use of Vegetation in Civil Engineering. Butterworths. London.
- Costa J.C. (coord.). 2003. Manual para la Diversificación del Paisaje Agrario. 2ª edición. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla
- Gray, D.H., Leiser, A.T. 1989. Biotechnical Slope Protection & Control. Robert E. Krieger Publishing. Florida.
- Ministerio de Fomento, 1999. Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. Dirección de Carreteras del Ministerio de Fomento, Madrid. Con MAXPLUWIN descargable en <http://epsh.unizar.es/~serreta/programa.htm>
- National Resources Conservation Service. 2003. Vegetative Barrier. Conservation Standard Code 601.
- Pathak, P., Wani, S.P., Sudi, R. 2005. Gully Control in SAT Watersheds. ICRISAT. India.
- Secretaría de Estado de los EEUU. Servicio de Lenguas Extranjeras. 1950. Manual de Conservación de Suelos. Washington D.C.
- Schwab, G.O., Fangmeier, D.D., Elliot, W.J. and Freveret, R.K. 1993. Soil and Water Conservation Engineering. J. Wiley and sons. New York. 507 pp.
- Shultz, R.C., Isenhardt, T.M., Colletti, J.P., Simpkins, W.W., Udawatta, R.P., Schultz, P.L. 2009. Riparian and Upland Buffer Practices. En: H.E. "Gene" Garret (editor). North American Agroforestry. An Integrated Science and Practice. 2nd Ed. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la contribución de una serie de proyectos de investigación que han proporcionado parte del conocimiento incluido en este manual. Esos proyectos son: P08-AGR-03925 (financiado por la Junta de Andalucía), AGL2009-12936-C03-01 (financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación), la red RESEL (financiada por el Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino), fondos FEDER y el Programa de Diversificación del Paisaje del Ayuntamiento de Córdoba. También se agradece a José Antonio Cobacho su ayuda en la elaboración de varios de los gráficos y mapas incorporados en este manual.

ANEJO 1: DETERMINACIN DE LOS ATRIBUTOS GEOMORFOLGICOS DE UNA CUENCA VERTIENTE PARA EL CLCULO DE LOS HIDROGRAMAS DE DISEO.

En este apartado se explica y desarrolla un ejercicio prctico (para el dimensionamiento de estructuras de control de la erosin) para la obtencin de atributos topogrficos imprescindibles en los clculos hidrolgicos para el dimensionamiento de estructuras de control de la erosin como el rea de desagüe a un punto, la pendiente de un cauce y, finalmente, el tiempo de concentracin. Los programas y/o aplicaciones utilizadas son el Modelo Digital del Terreno de Andalucía (Junta de Andalucía, 2005), ARCGIS 9 (ESRI, 2006) y ACCESS 2003 (Microsoft Office, 2003), aunque se detallan las etapas y procedimientos de manera que se aborden con cualquier tipo de software libre.

1. Procesamiento rpido de informacin topogrfica y elaboracin del modelo de elevacin del terreno.

La determinacin del rea de desagüe y otros atributos topogrficos como la pendiente y la orientacin requieren la disponibilidad de los datos primarios de localizacin y altitud tales como las coordenadas geogrficas o las coordenadas UTM y la cota o bien, el propio trazado de curvas de nivel. El Modelo Digital del Terreno de Andalucía (Junta de Andalucía, 2005; Figura 1) proporciona las coordenadas UTM (X,Y,Z) de los puntos en una malla de 10 x 10 m, los cuales pueden ser integrados en un sistema de informacin geogrficas como ARCGIS 9 (ESRI, 2006) sin necesidad de digitalizar curvas nivel u otros elementos como redes de triángulos.

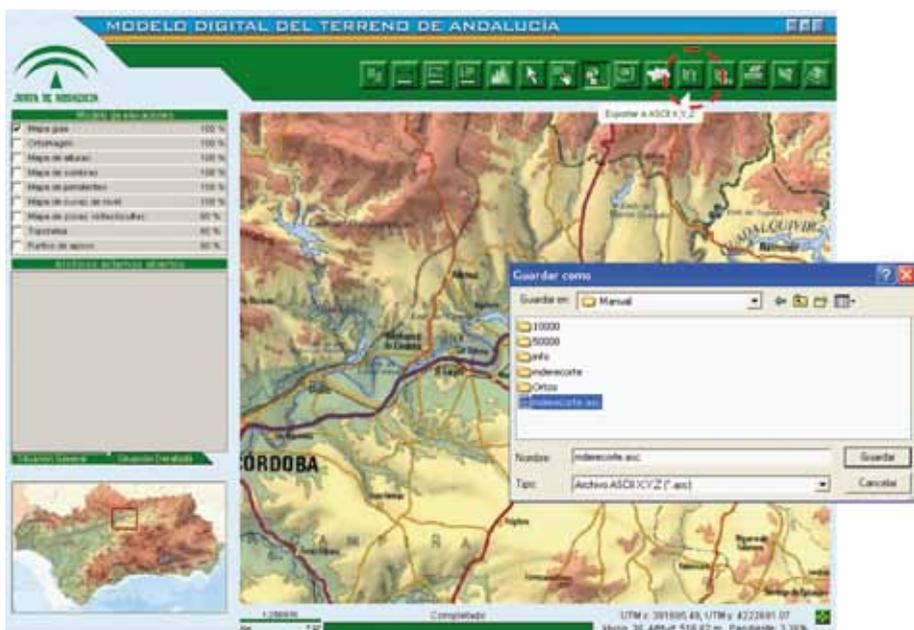


Figura 1. Ventana del Modelo Digital del Terreno de Andalucía en un rea de la provincia de Crdoba para proceder a exportar el relieve en formato ASCII (coordenadas UTM X,Y,Z).

El Modelo Digital del Terreno de Andalucía (MDT, Junta de Andalucía, 2005) permite realizar en su interfaz diversas aplicaciones como la obtención de perfiles longitudinales, pendientes, orientaciones e interpolación de curvas de nivel. En el ejemplo propuesto, el primer paso consiste en marcar la ventana correspondiente a la zona de estudio para exportar el fichero de texto (ASCII, extensión .ASC) con la información topográfica en coordenadas UTM (X,Y,Z; Figura 1). Como se observa en la Figura 1 se ha procedido a recortar un área del este de la provincia de Córdoba y se ha exportado como fichero C:\Manual\mderecorte.asc.

A continuación, es necesario transformar este tipo de fichero de texto en uno de tipo “base de datos” (.dbf). Esto puede realizarse con el programa de Microsoft Office, ACCESS, o bien con el software libre de Open Office, BASE. Para ello, se identifican las columnas con los campos X, Y y Z, respectivamente y se exportan tal y como se muestra en la Figura 2.

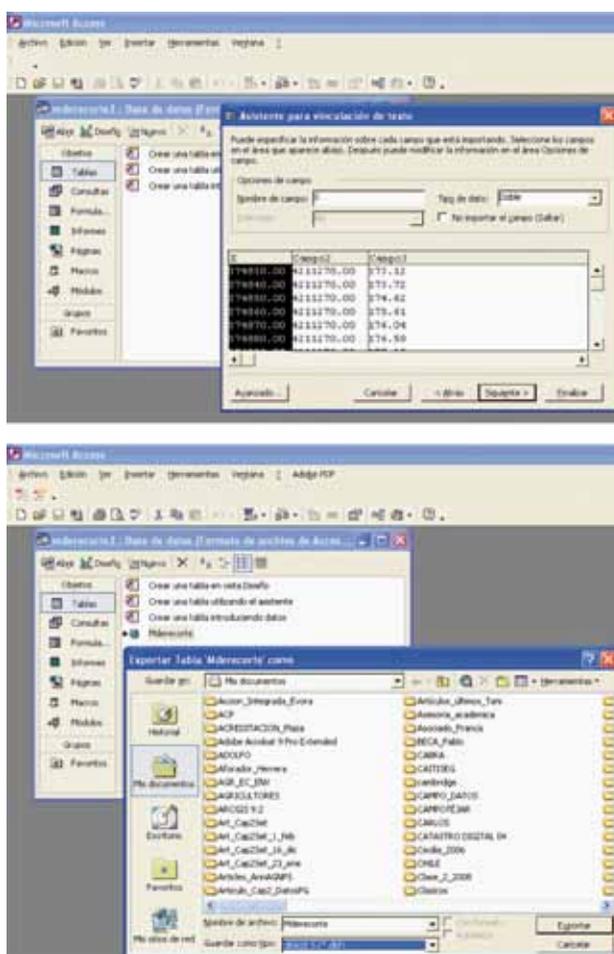


Figura 2. Identificación de la primera columna con el Campo “X” (arriba). Operación de exportar el fichero con extensión de base de datos .dbf (abajo).

A continuaci3n, es conveniente crear un directorio de trabajo donde incluir toda la informaci3n y ficheros de trabajo. En este caso, se ha creado C:\Manual y en este directorio se ha guardado el fichero Mderecorte.dbf.

Finalmente, para trabajar se ha de ejecutar ARC Catalog (Fig. 3) y crear desde la tabla "Mderecorte.dbf" un fichero de puntos de extensi3n .shp. Para ello, se pincha con el bot3n derecho del rat3n y se selecciona en el men3 contextual la orden *CREATE FEATURE CLASS > FROM XY TABLE* (Fig. 3, izquierda), relacion3ndose a continuaci3n los campo X Field, Y Field, Z Field, con las columnas X, Y, Z del fichero .dbf (Fig. 3, derecha).

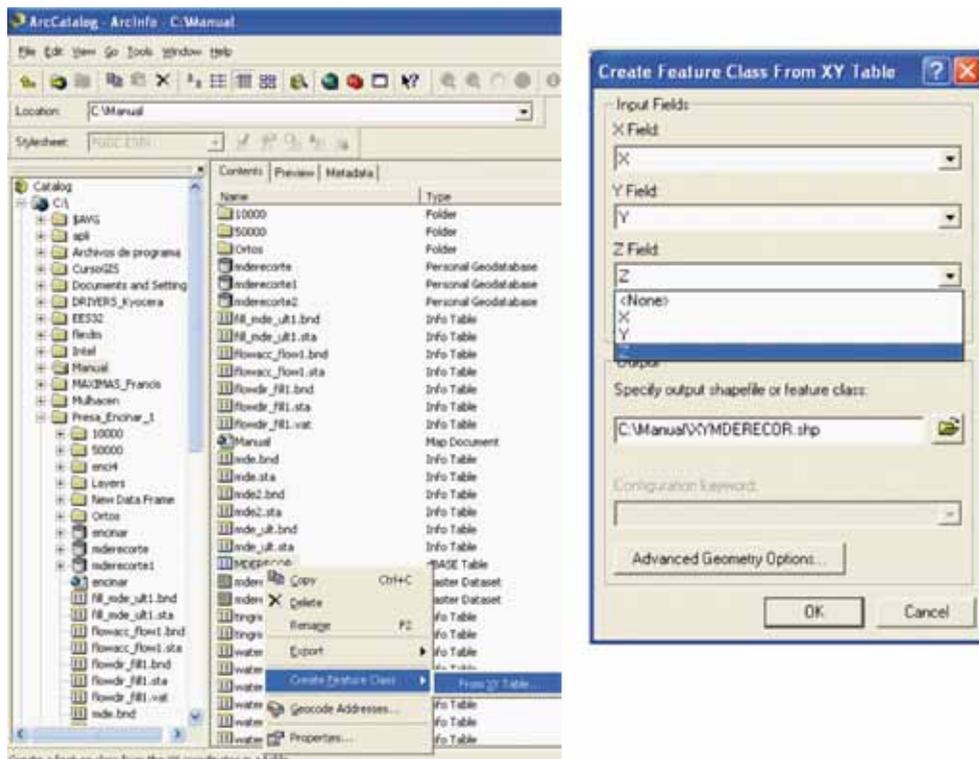


Figura 3. Incorporaci3n del fichero de base de datos a fichero de formas (puntos) de ARCGIS. (Izquierda) selecci3n de la orden correspondiente; (derecha) identificaci3n de los campos geogr3ficos.

A continuaci3n, se ejecuta ARCMAP y se aade la capa de puntos creada (Fig. 4). A trav3s de la aplicaci3n del conjunto de herramientas *Spatial Analyst* puede convertirse el fichero de puntos a un formato de matriz continua de tipo "grid", donde cada celda contiene el valor de la cota. El tamao de la malla coincide con el paso de separaci3n de los puntos (10 m, Fig. 4). Para ello se han de seleccionar las pestaas *Convert > Features to Raster* del men3 de *Spatial Analyst*.

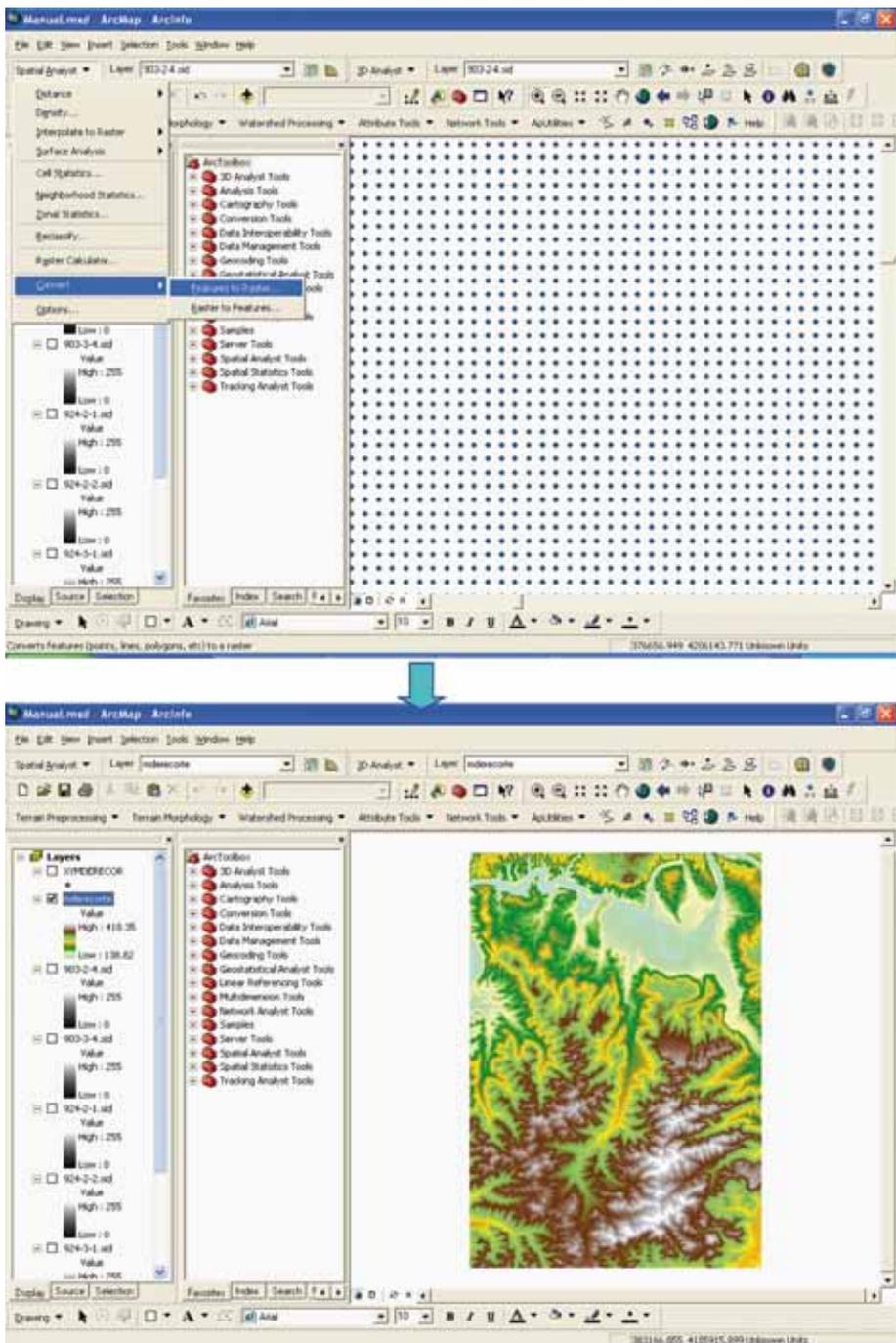


Figura 4. Ventana que muestra la conversión del fichero de puntos con la información de cota a la matriz del modelo de elevación del terreno.

2. Delimitacin del rea de desagüe en un punto a partir de Arc Hydro.

A partir del modelo de elevacin, se van a aplicar la herramienta *Arc Hydro* para delimitar el rea de desagüe que enva sus aguas a un punto, que podramos identificar con la localizacin de una actuacin (un dique, una fajina, un colector, etc.). En primer lugar, habra que activar la aplicacin, haciendo click con el botn derecho sobre la barra de herramientas y seleccionando *Arc Hydro Tools* en el men contextual que se despliega. En la Figura 5, aparecen marcadas todas las pestaas que intervienen en las operaciones de delimitacin de la cuenca

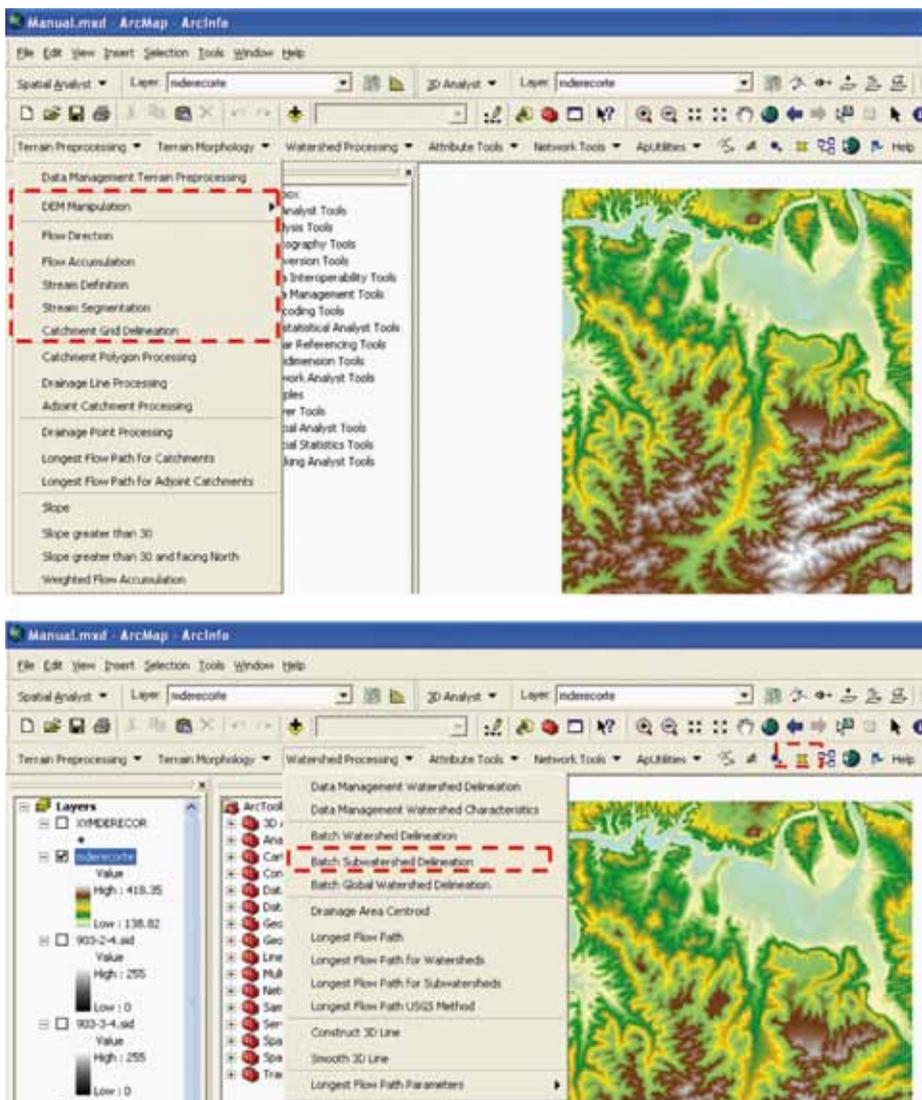


Figura 5. Ventanas con las pestaas desplegadas y rdenes marcadas para la delimitacin de una cuenca con ArcHydro.

A continuación y siguiendo el orden de numeración se citan los pasos necesarios:

1. *Corrección de sumideros – Fill sinks (MENÚ TERRAIN PREPROCESSING)*. Los sumideros o celdas aisladas de menor altura que sus circundantes generan figuras del terreno “artificiales” donde la circulación de flujo es *indeterminada*. Si el agua llega como consecuencia de la pendiente a un sumidero no tendrá cómo desaguar ladera abajo. Arc Hydro corrige de forma iterativa este tipo de problema asignándole la altura menor de las celdas que rodean a la celda-sumidero o hueco. El fichero generado por esta orden tiene como nombre por defecto *Fil* y contiene el nuevo modelo de elevación sin sumideros aislados con los campos *Value* y *Count*.
2. *Obtención de las direcciones de flujo – Flow Direction (MENÚ TERRAIN PREPROCESSING)*. En este caso, se calcula primero celda a celda, una matriz intermedia con el valor y la dirección de la máxima pendiente. Para indicar la dirección de vertido se asigna un código (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y 128) que indica la dirección de vertido desde una celda tal y como muestra la Figura 6. El resultado es una matriz *Fdr* donde se identifican *Value* como los valores de dirección y *Count* como el número de celdillas asociadas a cada dirección.

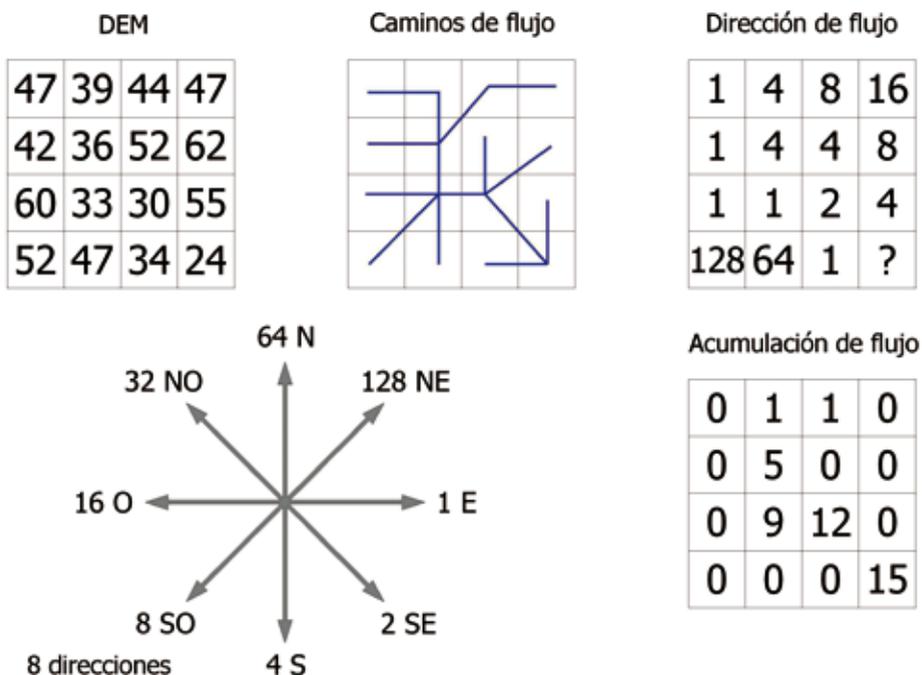


Figura 6. Obtención de la matriz de direcciones de flujo y de superficies acumuladas. A partir del DEM, se crea un matriz de pendientes donde se delinean los caminos de flujo y finalmente se le asigna a cada celda una dirección según el código de direcciones de la figura. Una vez conocidas las direcciones se contabilizan el número de celdas que vierten a una dada y se obtiene la matriz de superficies acumuladas. Cortesía de José Antonio Cobacho.

3. *Obtencin de la matriz de superficies acumuladas – Flow Accumulation (MENÚ TERRAIN PREPROCESSING)*. La matriz de superficies acumuladas computa el nmero de celdas aguas arriba que vierten a una dada. En la Figura 6, puede observarse una pequea muestra en la que destacan las celdas con valor 0 (sin celdas agua arriba) que formarían parte de la divisoria. *Arc Hydro* nombra por defecto a esta matriz *Fac* donde *Value* sería el nmero de celdas que vierten aguas arriba a una dada y *Count*, el nmero de celdas con el mismo intervalo de *Value*.
4. *Definición de la matriz de canales – Stream Definition (MENÚ TERRAIN PREPROCESSING)*. A continuacin, es necesario asignar sobre la matriz de superficies acumuladas un umbral que indica el nmero crtico de celdas donde se concentra el agua y el volumen es suficiente para la formacin de un cauce o curso de agua. El criterio normal para definir este lmite se establece tanteando distintos valores hasta encontrar aquel que forma un canal de longitud aproximada a la que aparece en el mapa topogrfico o en la fotografía aérea. El valor por defecto es aproximadamente un 10% del nmero mximo de celdas acumuladas. El resultado ser la matriz *Str* donde el valor 1 corresponde a las celdas que forman parte del canal y *NoData* al resto. Tambin la Figura 7, puede ilustrar el problema para un ejemplo donde el umbral es 7 celdas.

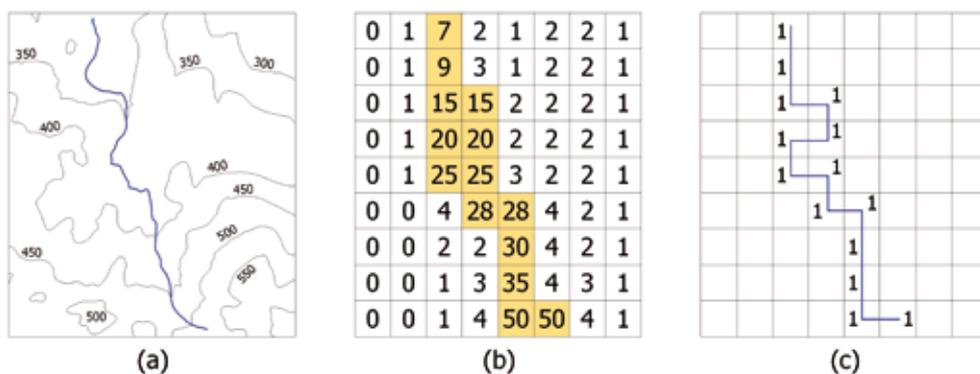


Figura 7. a) Mapa topogrfica mostrando el río b) Matriz de superficies acumuladas sealando las celdas a las que vierten ms de 7, y c) representacin de la red de desagüe (*Str*) donde los blancos representan *NoData* (zonas que no forman parte de la red de canales).

5. *Asignacin de identificadores a la red de canales – Stream Segmentation (MENÚ TERRAIN PREPROCESSING)*. Una matriz de segmentos de canales con una nica identificacin es creada. As, las celdas de un segmento particular tienen el mismo cdigo “*grid*” especfico del segmento (Fig. 8). En el proceso se localizan las intersecciones de dos o ms canales y se va nombrando en direccin aguas arriba el cdigo numrico correspondiente. El resultado es la matriz *Lnk* donde *Value* representa la numeracin del canal y *Count* el nmero de celdas asociadas al mismo. En esta matriz lo que no es parte de la red de desagüe se representa como *NoData*.



Figura 8. A la derecha aparece la matriz con los identificadores de canal (*Lnk*) obtenida a partir de la matriz de canales (*Str*). Cortesía de José Antonio Cobacho.

6. *Delimitación del área de vertido de cada canal – Catchment Grid Delineation (MENÚ TERRAIN PREPROCESSING)*. Aunque este paso es optativo, permite delimitar las celdas que envían sus aguas a la red de canales establecidas para un umbral determinado (Fig. 9).

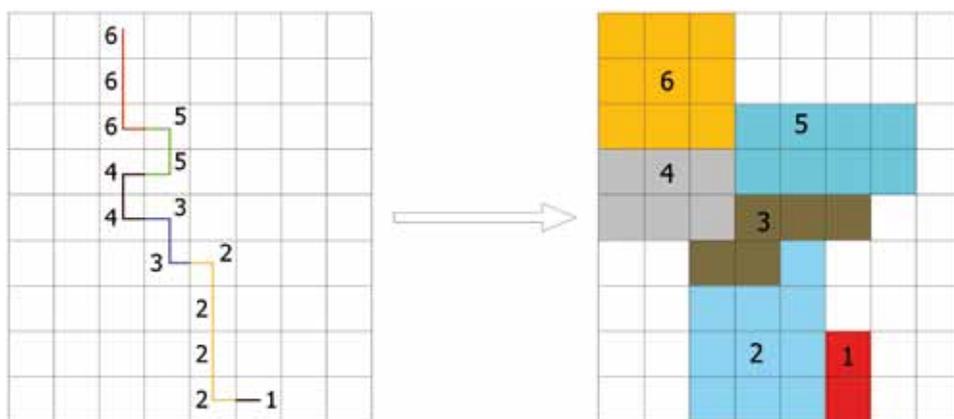


Figura 9. Elaboración de la matriz de cuencas vertientes a los canales (derecha, *Cat*) a partir de la matriz de canales (*Lnk*). Cortesía de José Antonio Cobacho.

7. *Paso de las matrices de canales/cuencas a ficheros de líneas/polígonos - Drainage Line Processing/ Catchment Polygon Processing (MENÚ TERRAIN PREPROCESSING)*. Los canales se pueden convertir en polilíneas (de naturaleza vectorial), de manera que cada línea adquiere el identificador de la matriz de identificadores (*Lnk*) y atributos tales como la longitud. En el caso de las cuencas, se obtiene un fichero de polígonos que también toma el identificador derivado de la matriz *Lnk* (Fig. 10).

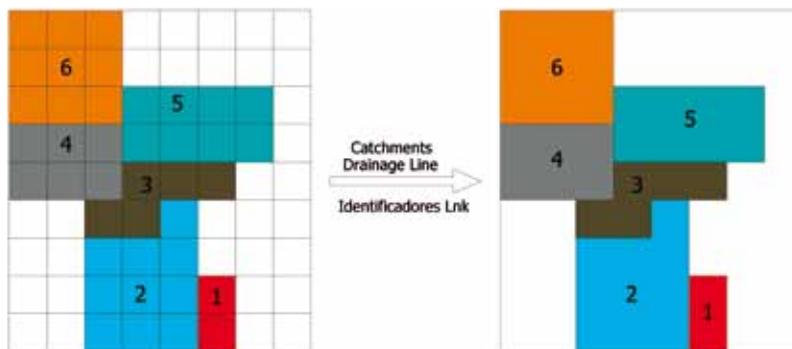


Figura 10. Paso de la matriz de celdas (*Cat*) que vierten a un canal al fichero vectorial con los polígonos de cuencas (*Catchment*). Cortesía de José Antonio Cobacho.

8. *Identificación del punto de desagüe o actuación – Batch Point*. Es necesario identificar el punto de desagüe donde vierte la subcuenca de estudio. En primer lugar se selecciona el botón que aparece en la Figura 11 y se marca el punto de interés teniendo en cuenta la situación de la matriz de canales. A continuación, se han de completar los campos para identificar en su tabla de atributos las características de este punto (Fig. 12). El resultado es la capa *Batch Point* que contiene el punto de desagüe.



Figura 11. Creación del fichero de puntos que va a indicar el punto de salida de la subcuenca de estudio.

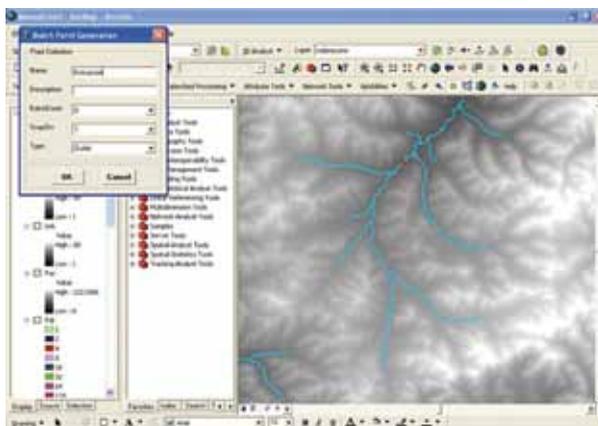


Figura 12. Ventana donde se marca el punto de desagüe o actuación y se incluyen los datos descriptivos necesarios (arriba). Ventana donde aparece el fichero que representa la subcuenca que vierte al punto de desagüe (*Subwatershed*), mostrando la tabla de atributos (entre ellos, el área de desagüe, abajo).

9. *Generación de la subcuenca de estudio – Batch Subwatershed Delineation (MENÚ WATERSHED PROCESSING)*. Finalmente, se incluyen las capas necesarias o inputs *Fdr, Str y Batch Point* en la ventana correspondiente a esta pestaña y se genera la subcuenca, asignándole el nombre por defecto *Subwatershed*. En la tabla de atributos puede identificarse el área de desagüe en metros cuadrados que son las unidades de entrada de las coordenadas UTM (Fig. 12).

3. Cálculo de otras características como la longitud hidrológicamente más alejada, la pendiente y el centro de gravedad de la cuenca.

En el cálculo de la longitud hidrológicamente más alejada que interviene en los cálculos del tiempo de concentración de una cuenca, se ha de seleccionar la orden *LongestFlowPath* del menú *WATERSHED PROCESSING*. En la Figura 13, puede observarse como el campo longitud de la tabla atributos correspondiente al tema creado, aparece calculada en metros (9.909,1 m).

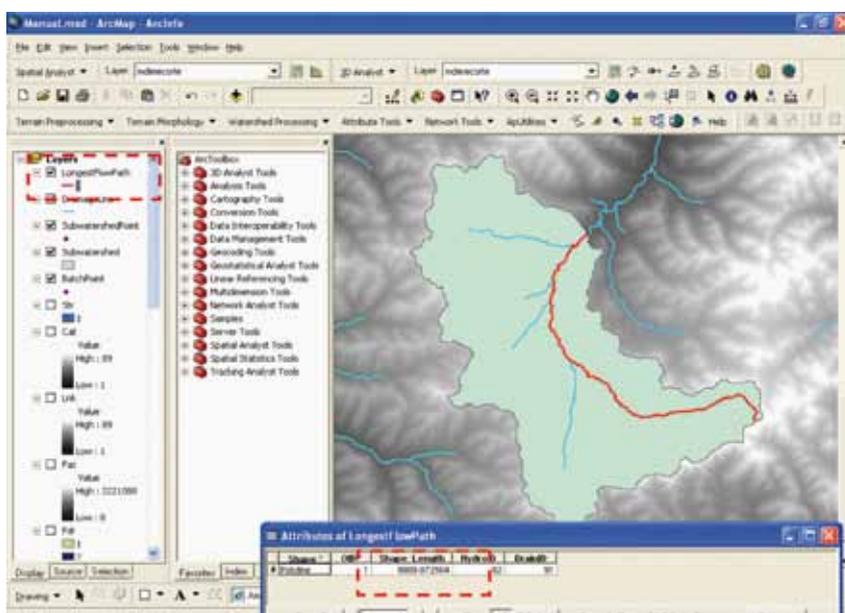


Figura 13. Ventana donde se muestra la delimitación de la longitud hidrológicamente más alejada así como su tabla de atributos.

El *centro de gravedad* de un polígono puede resultar útil en cálculos hidrometeorológicos; la pestaña para su cálculo aparece en el menú *WATERSHED PROCESSING* con el nombre de *Centroid*. En la Figura 14, puede localizarse su situación.

Finalmente, para el cálculo de valores de pendiente, el icono de información (*i*, Fig. 14) permite identificar –si se selecciona como tema de consulta el modelo de elevación (mderecorte)–, los valores de cota en cualquier lugar, mientras que la *regla* (Fig. 14) proporciona los valores de longitud siempre y cuando se hayan especificado correctamente las unidades planimétricas de trabajo.

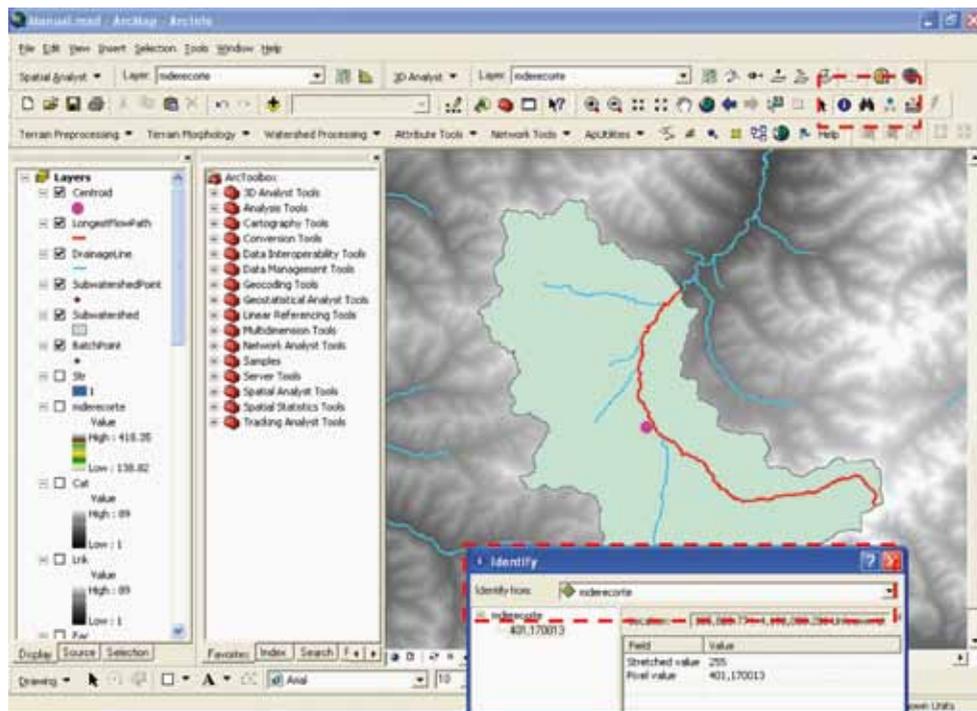


Figura 14. Ventana donde se muestra el centro de gravedad de la cuenca (*Centroid*) y la consulta de los valores de cota que intervienen en la evaluaci3n de los valores de pendiente. Tambi3n aparecen marcadas en los men3s de la barra superior las herramientas *informaci3n* y *la regla para medir distancias*.

4. Bibliograf3a

ESRI. 2007. Arc Hydro Tools v. 1.2. Redlands, New York (USA).

Aguilar M.C., Ayuso J.L., Garc3a A.P., Nofuentes M., Polo M.J., Peaa A., Taguas E.V. 2009. Aplicaciones Hidrol3gicas de los Sistemas de Informaci3n Geogr3fica. Universidad de C3rdoba, C3rdoba.

ANEJO 2: METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE CUANTILES DE MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN ANDALUCÍA.

Se denomina cuantil a la magnitud de la precipitación máxima diaria para el periodo de retorno especificado.

Una vez fijado el periodo de retorno para el que se han de diseñar las estructuras hidráulicas de control de la escorrentía, el cuantil de la precipitación máxima diaria se determinará aplicando la metodología establecida en la Monografía del Ministerio de Fomento titulada *Máximas lluvias diarias en la España peninsular*.

El cálculo del cuantil se realizará mediante la utilización del mapa incluido en este anejo, en el que se representan, para Andalucía, las isolíneas del coeficiente de variación C_v y del valor medio \bar{P} , de las series anuales de las máximas precipitaciones diarias en la región.

Con objeto de servir de ayuda a la hora de ubicar el punto donde se van a diseñar las estructuras de control de la escorrentía superficial, y consecuentemente donde se pretende determinar el cuantil, el plano dispone de la red hidrográfica obtenida a partir de la base de datos 1/1.000.000 del Instituto Geográfico Nacional y la red de carreteras y poblaciones.

Para la determinación de la precipitación máxima diaria para un determinado periodo de retorno se seguirán los siguientes pasos:

1. Localizar en el plano adjunto el punto geográfico donde se ubica la estructura a proyectar.
2. Estimar el valor medio \bar{P} de la máxima precipitación diaria anual y del coeficiente de variación C_v mediante las isolíneas representadas, en el punto geográfico de ubicación de la estructura. Los valores de \bar{P} y C_v se obtendrán por interpolación entre curvas en caso necesario.
3. Obtener el cuantil regional Y_T mediante la Tabla 1. A partir del valor C_v y para el periodo de retorno especificado (T) se obtiene el cuantil adimensional regional usando la Tabla 1.
4. Determinar el cuantil local X_T en el punto de localización de la estructura, una vez conocidos los valores del cuantil regional Y_T y el valor medio, mediante la expresión

$$X_T = Y_T \bar{P}$$

C _v	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 1. Cuantiles YT, de la Ley SQRT-ET max,
(Fuente: Máximas precipitaciones diarias de la España Peninsular, Ministerio de Fomento).

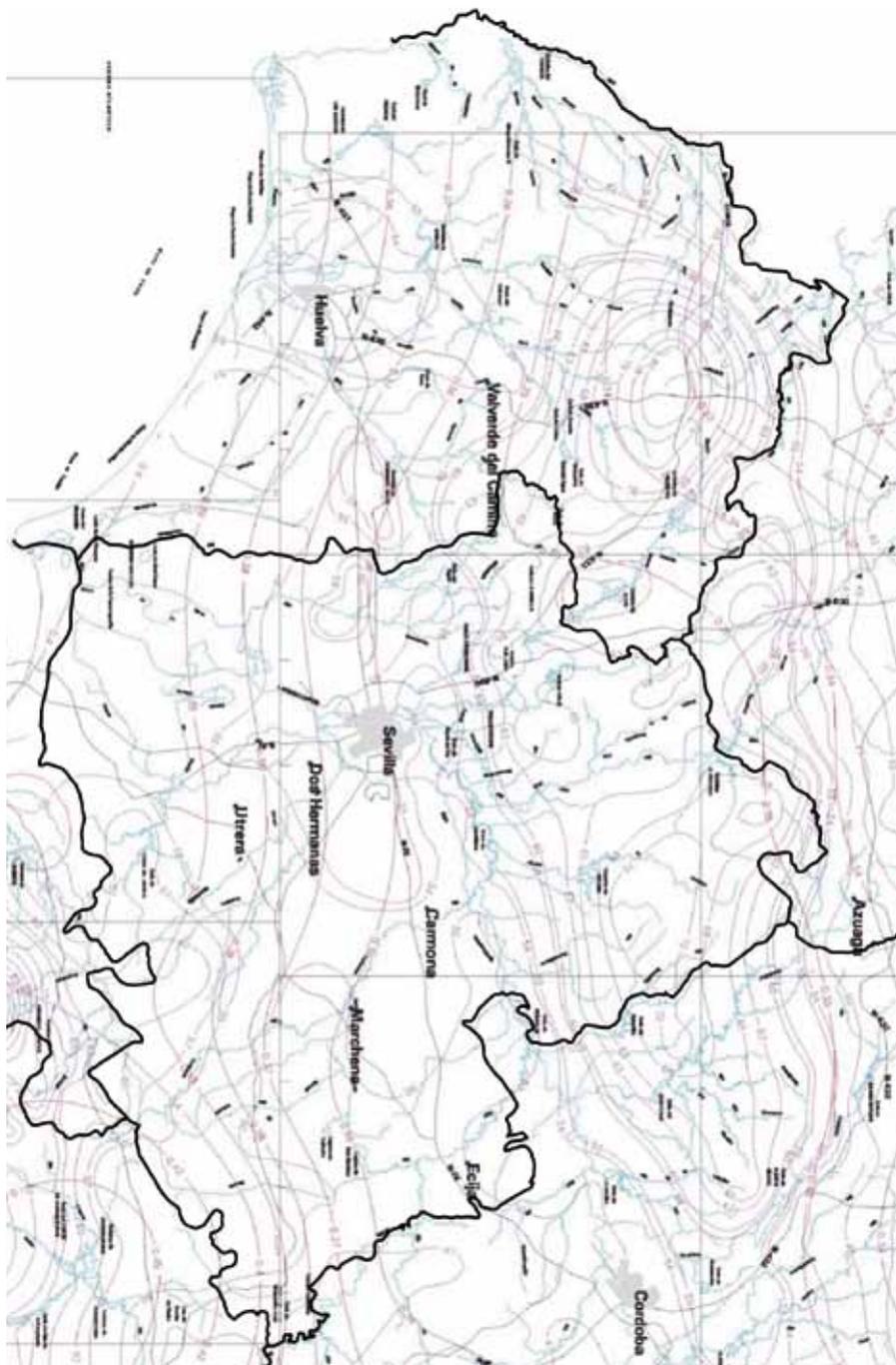


Figura 1a. Mapa de isohietas de los valores medios de los máximos anuales de la precipitación diaria, P y de su coeficiente de variación, C_v . (Provincias de Huelva y Sevilla, Ministerio de Fomento).

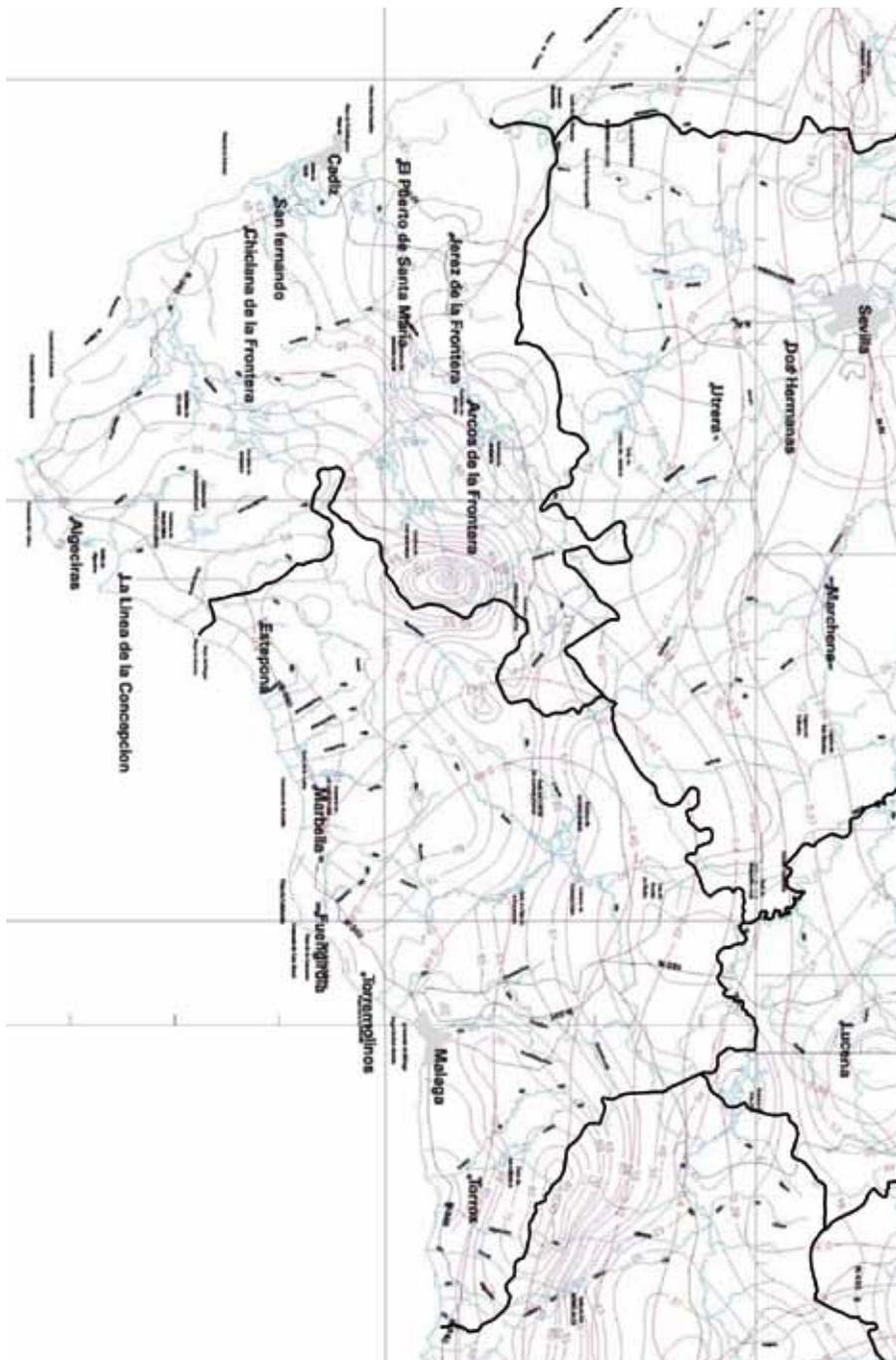


Figura 1b. Mapa de isótopos de los valores medios de los máximos anuales de la precipitación diaria, P y de su coeficiente de variación, Cv. (Provincias de Cádiz y Málaga, Ministerio de Fomento).

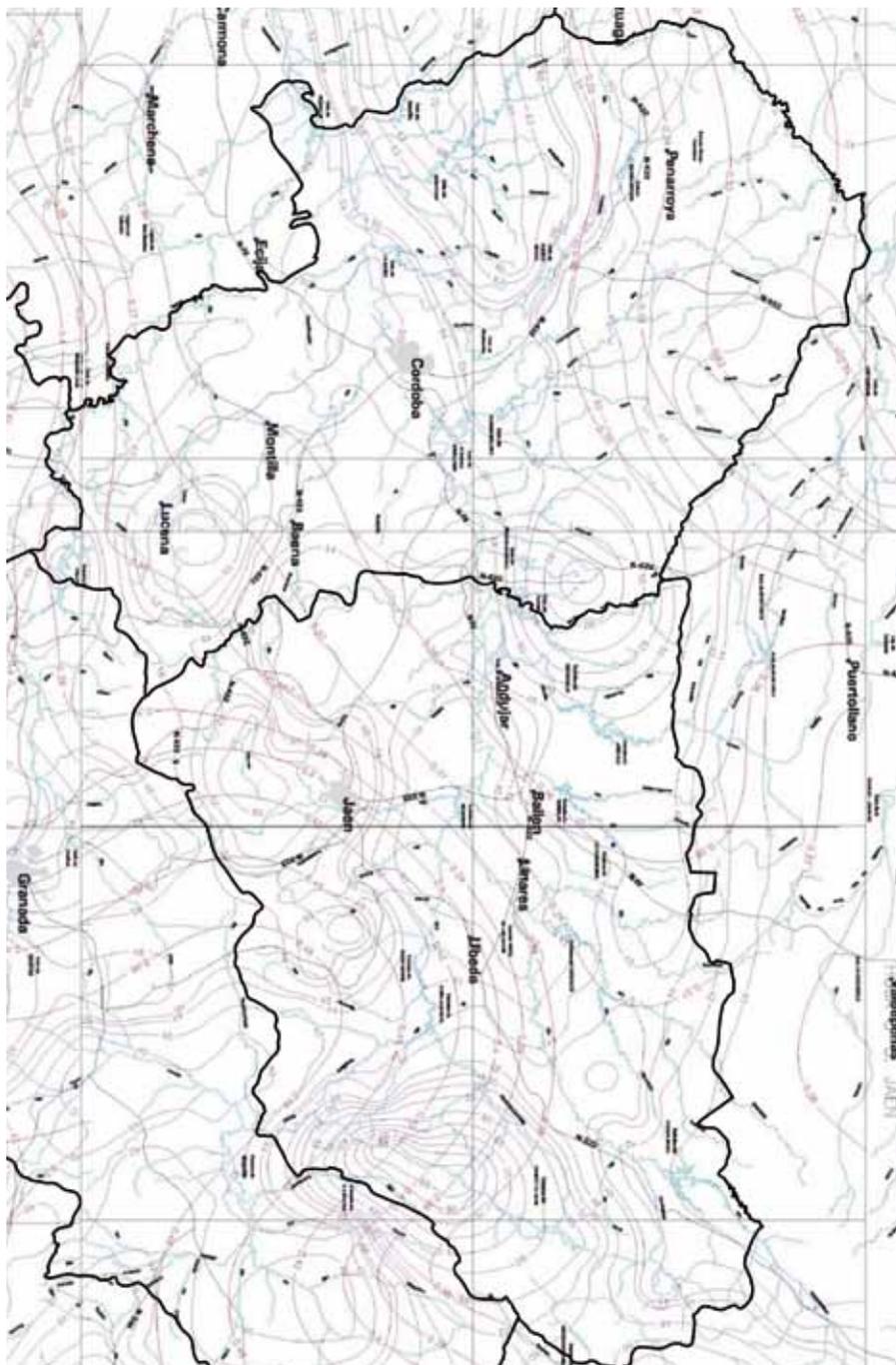


Figura 1c. Mapa de isohietas de los valores medios de los máximos anuales de la precipitación diaria, P y de su coeficiente de variación, Cv. (Provincias de Córdoba y Jaén, Ministerio de Fomento).

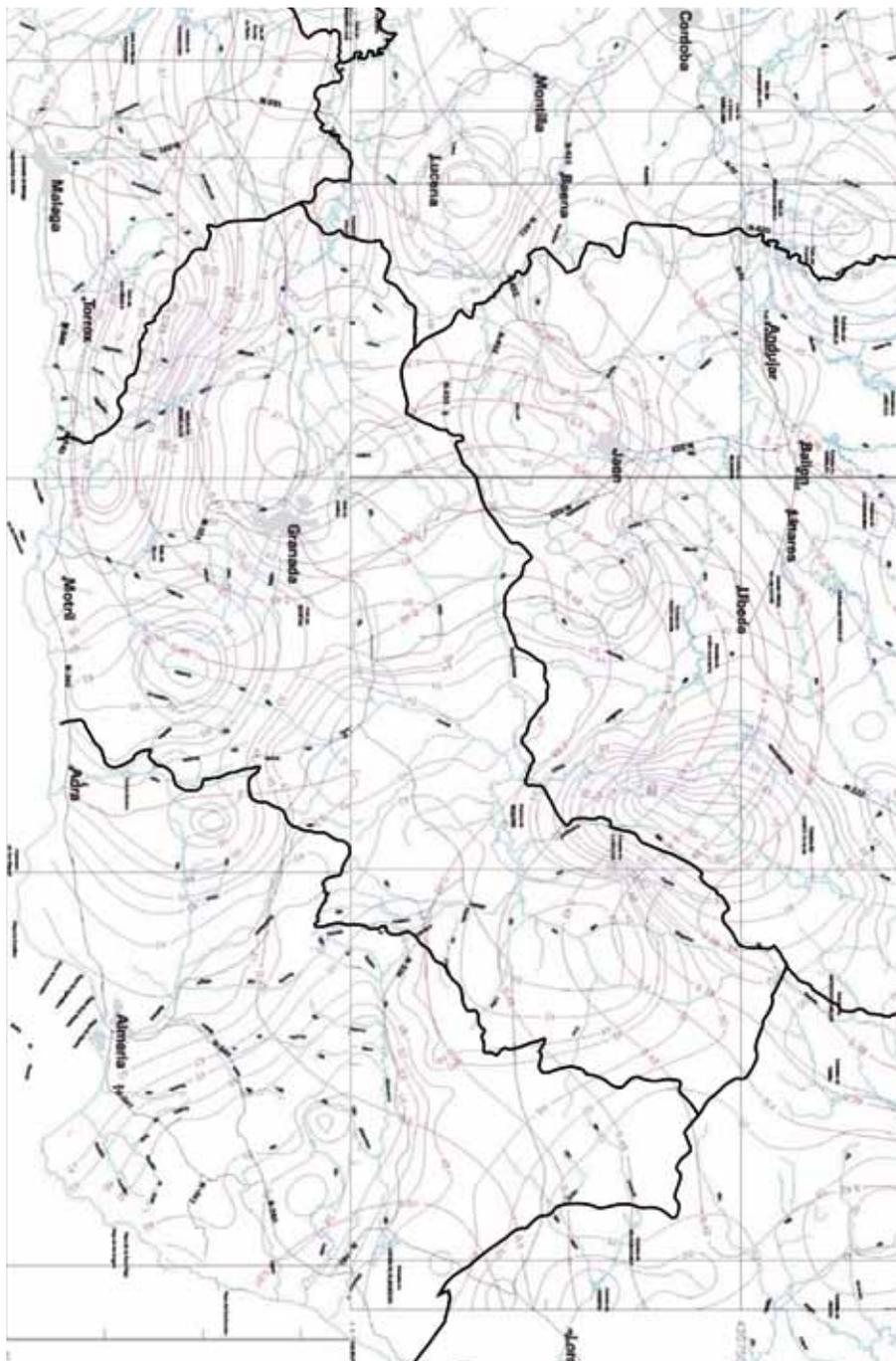


Figura 1d. Mapa de isótopos de los valores medios de los máximos anuales de la precipitación diaria, P y de su coeficiente de variación, C_v . (Provincias de Granada y Almería, Ministerio de Fomento).

ANEJO 3: EJECUCIÓN DE LAS PLANTACIONES DE SETOS Y BOSQUES ISLAS

La etapa de preparación del terreno es muy importante para minimizar la competencia, mejorar la adaptación de la planta a partir de condiciones del sustrato más favorables y, por tanto, asegurar la supervivencia de las plantas. Por ello conviene que se preste toda la atención posible a este paso cuando se trate de implantar setos o bosques isla.

Desbrozado.

Se ejecutaría, si fuese necesario por el estado del terreno a plantar (invasión de herbáceas anuales):

- Roza continua con desbrozadora manual de cobertura, generalmente compuesta por herbáceas anuales o perennes, con altura inferior a 1.50 m y cubierta total (100%), respetando siempre los pies arbóreos y arbustivos existentes. Dadas las características de los restos, se pueden quedar extendidos por la superficie a intervenir.
- Roza continua mecanizada con desbrozadora de cadenas o martillos arrastrada por tractor de cadenas o neumáticos. En este tipo de tratamiento es necesario tener en cuenta la fragilidad de la vegetación, por lo que cualquier tractor es suficiente para desbrozar con facilidad las herbáceas anuales que se desarrollan en los recintos incultos.

Laboreo.

En la preparación previa del terreno, según el caso se podrá emplear:

- Previo a la plantación de un seto, realizar una labor profunda (>30 cm) mediante preparación del suelo subsolando sobre la línea a plantar utilizando un rejón sin orejeras. Se trata de un tipo de actuación que afecta a la capa de suelo entre los 30 y 80 cm de profundidad (dependiendo de la potencia del tractor). Tiene como objetivo la aireación de los horizontes profundos del terreno y, en el caso de las parcelas agrícolas, la rotura de las suelas de labor. Se desaconseja en suelos pesados y muy húmedos. Es necesario hacer dos pasadas, una de ida y otra de vuelta siguiendo la línea de plantación. Los dientes del subsolador deberán situarse a 25-30 cm uno del otro. Esta labor se realizará en los meses de septiembre y octubre, en días en los que el suelo no se encuentre excesivamente húmedo. El chisel puede sustituir al subsolador siempre que se pueda trabajar a suficiente profundidad. Para ello es suficiente con reducir el número de dientes (cada uno necesita 15 CV de potencia).
- En las zonas de pendiente pronunciada (>15%) la línea de subsolado deberá ser interrumpida cada 10 m con el fin de evitar los riesgos de erosión.
- El posterior rotavateado sobre subsolado con doble pasada sobre los surcos abiertos previamente con el subsolado, deja el terreno perfecto para la plantación con azada y pincho de la planta tipo forestal en bandejas, e incluso facilita sobremanera el ahoyado mecánico para otro tipo de planta de más porte.
- Acaballonado lineal del terreno de plantación con apero especial con el resultado de caballón mínimo de 2 m de anchura y altura 40 cm en el punto superior de la cima del caballón (Figura 1).

- Teniendo en cuenta que los recintos potenciales para la instalaci3n de un bosque isla son, por lo general, superficies que por la pendiente y pedregosidad est3n sin cultivar, la mejor opci3n para la preparaci3n del terreno es la apertura de hoyos de forma manual con azada; si el terreno lo permite (profundidad de suelo y pendiente) se pueden utilizar ahoyadoras mec3nicas manuales.

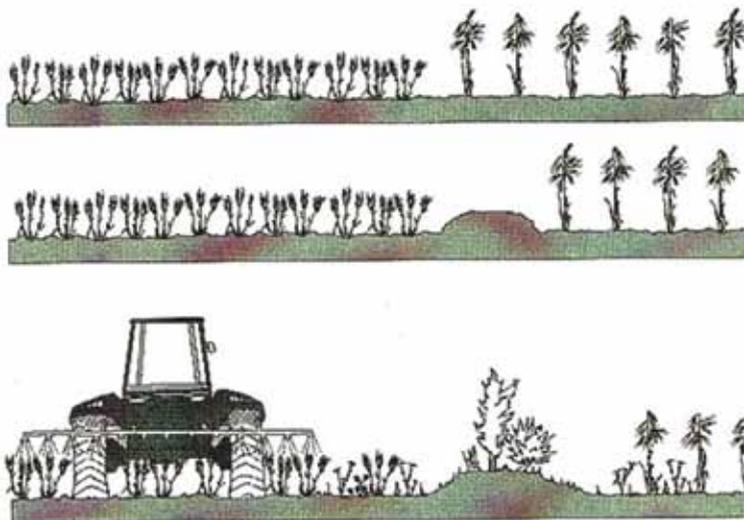


Figura 1. Evoluci3n de un lindero artificial de separaci3n de fincas a un caball3n revegetado.

Fuente: Setos, linderos y sotos de ribera.

Monograf3a de Pulso Agrario. Publicaciones del Banco Central Hispano, 1998.

Acolchado.

- El acolchado de las l3neas de plantaci3n es una opci3n para minimizar la competencia de las malas hierbas. Para ello, se puede utilizar antes del trasplante el material pl3stico POLIFIBRIL® en bandas de 1.05 m, 2 m y 3 m de anchura por l3nea, negro, poroso al intercambio gaseoso y agua de lluvia y estable frente a rayos UVA durante 5 aos.

Tratamiento con herbicida.

- Como en el caso anterior, antes de la plantaci3n y para minimizar la competencia de las malas hierbas, puede darse un tratamiento con herbicida biodegradable, aplicando a hecho un compuesto de glifosato (360 g/l) en mochila de 15 l por calles de 2-3 m de ancho. El caudal aplicado ser3 de 200 l/ha, compuesto de 7 l de herbicida y 193 l de agua.
- Si es necesario, puede hacerse otra valoraci3n sobre la aplicaci3n de herbicida desde tractor con cuba y barra de aplicaci3n.

Plantaci3n.

Una vez establecidas las l3neas de plantaci3n se proceder3 a:

- Plantación con azada y pincho en zona subsolada y/o rotavateada. En el caso de planta forestal con cepellón procedente de bandeja se puede plantar sobre la línea de plantación utilizando un pincho de plantación previo a la preparación de la casilla mínima de 40 x 40 x 40 cm en la que encuadrar la planta. El ahoyado debe incluir la preparación de una pequeña poza para admitir riegos de apoyo.
- En el caso de la plantación sobre el caballón, linderos con padrones, taludes de caminos y para la planta a raíz desnuda, utilizar la azada preparando un hoyo de 40 x 40 x 40 cm. El ahoyado debe incluir la preparación de una pequeña poza para admitir riegos de apoyo.
- Para la plantación de los árboles tipo 10/12 cm de diámetro 2-2.5 m altura en alineaciones, realizar ahoyado mecánico mediante la utilización de retroexcavadora o ahoyadora mecánica tipo barrena. Los hoyos serán de 60 x 60 x 60 cm hasta 100 x 100 x 100 cm dependiendo del porte de la planta.

Abonado.

- Abono manual de plantaciones ejecutadas en hoyos de 40 x 40 x 40 cm, aportando mediante entrecava superficial 25 g/ud de abono mineral N:P:K triple 15 de lenta liberación, junto a 250 g de estiércol curado y totalmente fermentado, una vez cada año, durante dos años.
- Abono manual de plantaciones ejecutadas en hoyos de 100 x 100 x 100 cm, aportando mediante entrecava superficial 40 g/ud de abono mineral N:P:K triple 15 de lenta liberación, junto a 400 g de estiércol curado y totalmente fermentado, una vez cada año, durante tres años.

Protección de la plantación.

- Dependiendo de la fauna existente, toda la plantación irá individualmente protegida de los potenciales daños que pudieran provocar roedores, conejos y liebres, mediante tubos protectores (de 60 cm/altura, de los que hay disponibles varios modelos) y tutor sujeto al tubo mediante bridas de sujeción. Con estos tubos también se pueden proteger las bases de los troncos (primeros 60 cm) de los árboles plantados de gran porte.
- En el caso de las fincas en las que sean tradicionalmente pastoreados los rastrojos estivales, las plantaciones deberán protegerse con una malla tipo cinagética a base de postes de madera de pino tratado de 8-10 cm de diámetro y 2 m de altura, hincados en el suelo unos 50 cm a 5 m de separación entre postes y guarnecidos por una malla de 160/15/15 cm, unida al suelo por dos ganchos cada 5 m.
- Para el caso de los árboles de porte considerable, para evitar que sean tumbados por el viento es necesaria la colocación de un tutor (de 8 cm de diámetro y 2.5 m de altura) de rollizo de pino o similar torneados con punta, hincados un mínimo de 50 cm, y atados de las cabezas con el tronco por cincha textil no degradable, de 3-4 cm de anchura.

Labores de mantenimiento.

Las labores de mantenimiento son imprescindibles durante, al menos, los dos primeros aos y consistirn en:

- Riego de conservacin de las plantaciones ejecutadas en hoyos de 40x40x40 cm y 100 x 100 x 100 cm. Se har con manguera y se procurar que la aplicacin sea directamente al hoyo evitando que el chorro de agua descalce la planta o destruya el alcorque, se aportar un total de 15 l y 50 l respectivamente cada vez que se riegue, y se recomienda que durante el primer ao se proporcionen dos riegos por mes entre los meses de junio y septiembre.
- Si la invasin de herbceas es considerable para la supervivencia de la plantacin se recomienda la siega correspondiente a la totalidad de las superficies que integran las plantaciones. La siega se debe efectuar manualmente mediante motodesbrozadora equipada con hilo o cuchilla, de modo que la totalidad del estrato herbceo quede a una altura no superior a los 5 cm. Segn necesidades, la siega se realiza generalmente dos veces cada ao de mantenimiento.
- Binas y escardas una vez al ao los dos primeros aos, que incluye la reforma del alcorque mediante azada, el aporcado del tallo de la planta, su pisado, y la escarda y limpieza mediante escardillo tanto del interior del alcorque, como del exterior, en 1 m de radio. Tras la labor ser proceder a la retirada de residuos y la limpieza del tajo.

Otras consideraciones.

- Para potenciar la regeneracin natural, es eficiente la instalacin en la parte superior de los tutores de los rboles de alineacin o sobre los postes de la malla unos posaderos de madera. Estos posaderos pueden realizarse clavando sobre la parte superior de los postes un palo cilndrico de 50 cm de longitud y 3 cm de diámetro mximo. Est demostrado que estos posaderos son usados por las aves cuyos excrementos dispersan semillas de plantas con frutos carnosos. De esta forma se favorece la llegada de propágulos de las especies circundantes. Sirven igualmente como posaderos de ventaja para aves predatoras de especies plaga.
- Instalar entre las lneas de plantacin y cada 100 m aproximadamente y dependiendo de la disponibilidad de material, pequeos refugios formados por acúmulos de piedras y restos leñosos de irregular volumen. En funcin del diseo y tamao de estos majanos se podrn refugiar pequeos micromamíferos insectívoros, especies de caza menor e invertebrados predatoras de insectos causantes de plagas, reptiles, etc. (Figura 2).

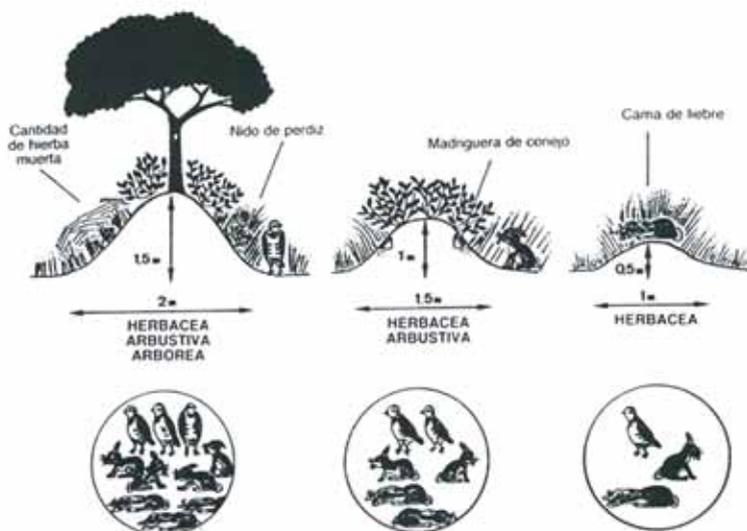


Figura 2. Capacidad para mantener más o menos piezas de caza menor en función de la cobertura vegetal, altura del banco de tierra y cantidad de hierba muerta, leña y piedras acumuladas de un margen entre cultivos. Fuente: Nadal (1989).

- Hoy en día, en el que la caza se ha convertido en una actividad de ocio practicada por gran cantidad de aficionados en nuestro país, el agricultor moderno debe pensar que la caza representa, a menudo, un valor añadido de su renta agraria, y por consiguiente debe tratarla como parte de su cosecha, porque genera beneficios. Para ello el respeto y la creación de espacios para que las especies cinegéticas incrementen sus poblaciones debe ser utilizada como estrategia de gestión.
- Dejar sin tratar con biocidas convencionales una franja de tierra en los bordes de la parcelas de cultivo, permite mantener la cadena alimentaria y por consiguiente garantizar la supervivencia de las especies cinegéticas. Si a estas franjas marginales de conservación se implanta un seto, o un pequeño soto en los arroyos, los efectos sobre la fauna serán notables ya que se potencia el efecto ecotono (Figura 3).

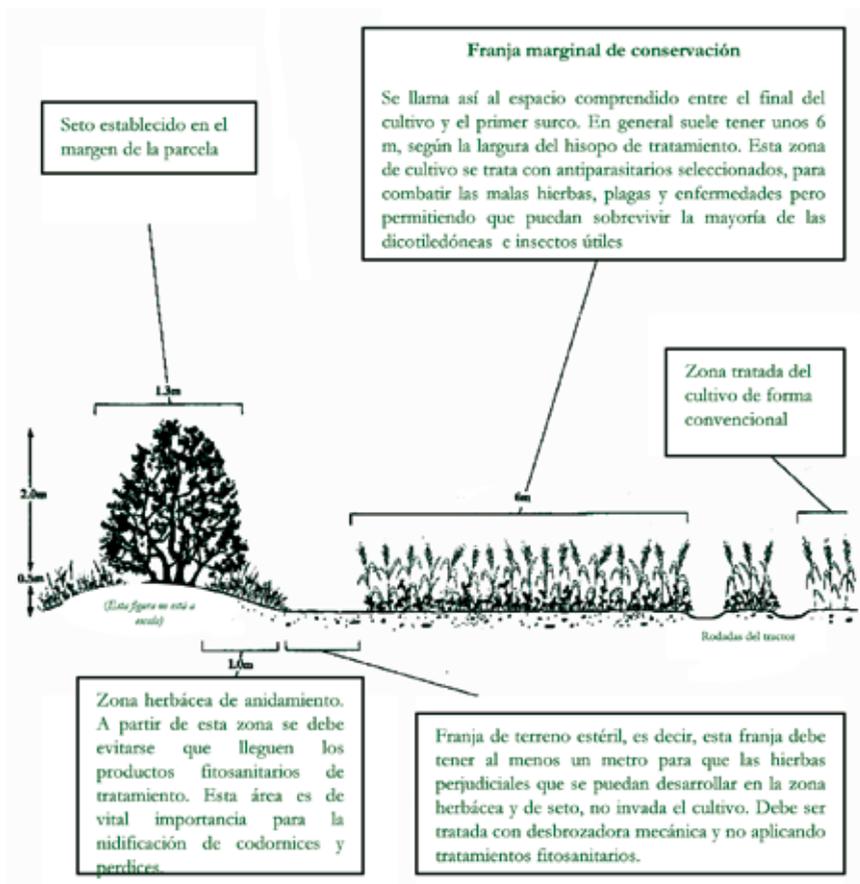


Figura 3. Banda marginal de conservación de la caza menor y la biodiversidad en fincas agrícolas de cereal. Fuente: Folleto de Game Conservancy.

En cualquier caso, antes de la plantación de cualquier enclave forestal en un terreno agrícola, hay que tener en cuenta la normativa existente o las costumbres del lugar que regulan las distancias de plantación sobre las servidumbres de paso y medianería con el objeto de evitar conflictos de intereses (art. 388 y art. 591 del Código Civil).

Bibliografía

Costa J C (coord.). 2003. Manual para la Diversificación del Paisaje Agrario. 2ª edición. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla. 143 pp.



AGRICULTURA



FORMACIÓN



GANADERÍA



PESCA Y ACUICULTURA



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA