

9. MÉTODOS DE RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS FLUVIAIS

Joaquín Navarro Hevia, e Asier Sáiz Rojo

9.1. INTRODUCCIÓN

Durante as últimas décadas estanse practicando nos chamados países desenvolvidos técnicas e métodos de traballo que perseguen a restauración de ríos e ribeiras degradadas para recuperar os valores naturais, paisaxísticos e de ocio que antano ofrecían á humanidade. Os sistemas ribeiriños á vez que nos achegan valores estéticos, socioculturais, históricos e ecolóxicos, controlan a erosión e as escorrentías nas marxes, incrementan a súa estabilidade e proporcionan un sistema natural de defensa contra avenidas. Tamén melloran a calidade das augas ao conformar unha barreira filtrante fronte a pesticidas e fertilizantes; conservan intactos os frezadeiros das nosas especies piscícolas, manteñen os leitos que sustentan as ameixas e mexillóns de río; e crean numerosos e diversos refuxios para a fauna asociada, como a lontra, o picapeixe, as garzas, as garzas denoiteiras, etc.

A restauración dunha boa parte dos nosos leitos fluviais e das súas ribeiras, alterados ou destruídos pola presión urbana e agraria, implica a recuperación dun complexo ecosistema que nos ofrece importantes beneficios ambientais e sociais, pero do que a veces temos perdida a imaxe natural de referencia. Resulta complicado imaxinar como eran centos de anos atrás moitas das nosas ribeiras e ríos. Sobre todo, as que atravesaban ou se asentaban en espazos hoxe ocupados polas cidades ou que foron desmontadas para pastos e cultivos.

Existe hoxe en día unha corrente mundial no ámbito da restauración de ecosistemas perturbados cuxo obxectivo principal consiste na recuperación dos ecosistemas en relación a un nivel axeitado de saúde, integridade e sustentabilidade, é que se denomina como *Restauración Ecolóxica*. Algúns países como EE.UU., Suíza, Austria, Franza e Reino Unido levan xa anos executando unha serie de técnicas que axudan á consecución destes obxectivos. Trátase de técnicas baseadas no emprego da vexetación soa ou combinada con materiais propios da enxeñaría civil para recuperar as marxes dos ríos. Estas técnicas englobanse dentro do que hoxe se coñece como *Enxeñaría Naturista, Estabilización Biotécnica ou Bioenxeñaría de Solos*. Baséanse nas experiencias dos nosos antepasados na protección fronte a riadas ou na estabilización de ladeiras mediante o emprego de plantas, ramas, troncos, pedras, barro e rochas, combinándose actualmente cos materiais que a enxeñaría de obras públicas utiliza na construción (aceiro, formigón, xeotéxtiles, prefabricados, etc.).

Porén, convén lembrar que moitas destas técnicas, ou a base das mesmas, xa eran coñecidas e executadas no Estado español polos servizos forestais a finais do sécu-



lo XIX e principios do XX. Até finais dos anos 30, os servizos hidrolóxico-forestais actuaron sobre torrentes, dunas, ríos e ladeiras afianzándoos e revexetándoos mediante técnicas como as estacadas ou cercados, os feixes, os leitos e colchóns de ramaxe, etc. Posteriormente, co desenvolvemento da construción e maquinaria, todas estas técnicas foron abandonadas e case esquecidas, sendo necesario na actualidade a súa revitalización e posta ao día cos novos materiais que o mercado pon á nosa disposición.



Figura 9.1. Fixación de dunas en Guardamar de Segura (Alacante) mediante cordóns de ramaxe a principios do século XX (Fonte: Ministerio de Fomento, 1998)

A Restauración Ecolóxica é unha corrente mundial que busca un nivel axeitado de saúde, integridade e sustentabilidade na restauración de ecosistemas perturbados

Porén, estes métodos de bioenxeñaría tamén presentan algunhas limitacións, como son:

- A súa execución está ligada a unha determinada estación do ano, sendo necesario realizar estas técnicas en época de repouso vexetativo.

- Necesitan un período de enraizamento que pode comprometer a permanencia da obra. É dicir, ao traballar con plantas existe un período de carencia até o seu rebrote ou establecemento. Se durante este tempo sucede un evento extraordinario non esperado, estas técnicas poden fallar. Isto exige un profundo coñecemento das características climáticas da zona, dos niveis de caudal ordinario e extraordinarios que circulan polos ríos, da frecuencia e duración dos episodios para estimar as áreas e épocas de risco, etc.

- Resulta necesaria unha certa experiencia, o que non é fácil, sobre todo en España, onde estas técnicas comezaron a desenvolverse de novo hai moi pouco tempo. A experiencia dos nosos enxeñeiros precedentes ficou perdida no tempo e hoxe estamos reinventando o que os enxeñeiros forestais xa sabían a finais do século XIX e principios do XX.

- Aínda que tecnicamente estes métodos poden ser executados en calquera ambiente, determinadas condicións de rochividade, pedregosidade, déficit hídrico, altitude excesiva, caudais e velocidades de fluxo, falta de luz ou a presenza de elementos tóxicos poden limitar o seu éxito. Polo tanto, hai que estudar moi ben cada caso e as posíbeis alternativas.

En xeral, estas técnicas agrúpanse en tres grandes bloques:

1. Vexetación soa ou combinada con materiais construtivos (MT) para o control da erosión superficial.

2. Vexetación soa ou combinada con materiais construtivos (MT) para o control da erosión superficial e conseguir unha certa estabilización do terreno.

3. Estruturas ou materiais construtivos (MT) combinados con vexetación para asegurar unha firme estabilización dos terrenos.

Á continuación descríbense brevemente algunhas das técnicas máis significativas. Outras similares ou con variacións na súa execución poden atoparse en textos especializados na materia (véxase a bibliografía adxunta). Así mesmo é competencia do técnico proxectista a posibilidade de combinar estas técnicas entre si para deseñar e calcular a solución máis apropiada.

9.2. VEXETACIÓN SOA OU COMBINADA CON MT PARA O CONTROL DA EROSIÓN SUPERFICIAL

Neste grupo atópase un conxunto de técnicas empregadas para conseguir unha cuberta vexetal inmediata, ou o máis rápido posíbel, sobre a superficie do terreno evitando a erosión do solo polas choivas, a escorrentía, a oleaxe ou as correntes.

Pódense distinguir neste grupo as seguintes técnicas:

- *Biorolos*: rolos fabricados con fibra vexetal, de coco ou outros materiais, duns 60 cm de diámetro, que se cravan na beira do leito, ofrecendo protección fronte á corrente e á pequena oleaxe. Poden ser instalados plantando carrizos, espadanas, etc, no seu interior, favorecendo así a revexetación inmediata e a integración paisaxística.



Figura 9.2.
Biorolos de coco ao borde dun río en Brasil (Fonte: deflor Bioengenharia, 2002)



Figura 9.3.
Instalación dunha rede de coco sobre terra vexetal nunha cárcava en Palencia (Navarro et al., 1997)

A Restauración Ecolóxica baséanse nas experiencias tradicionais fronte a riadas ou na estabilización de ladeiras mediante o emprego de plantas, pedras e outros materiais naturais, combinados en ocasións con materiais modernos

A Restauración Ecolóxica exige un profundo coñecemento das características climáticas da zona, niveis de caudal ordinario e extraordinarios, e da frecuencia e duración dos episodios para estimar as áreas e épocas de risco, etc

- Sementeira convencional: sistema de revexetación para pendentes moderadas (<15%-20%) e con bo acceso. Pódese realizar de forma manual ou con maquinaria.

- *Cubrición con tepes*. Consiste na instalación de pranchas de céspede, cespedóns ou alfombras de herba cultivada en viveiro que se grapan nos ribazos ou noiros en pendente, ofrecendo unha cuberta vexetal de carácter herbáceo de forma inmediata.

- *Protección con alfombras ou redes elaboradas con fibra vexetal*: (palla, coco, esparto, fique,...) que se grapan sobre o terreno proporcionando unha cobertura inmediata. Baixo as mesmas soe proxectarse unha hidrosementeira, se ben tamén as hai dispoñíbeis con sementes no seu interior.

- *Hidrosementeira*: Mestura de sementes, auga, fertilizante e un produto ligante (estabilizador) proxectada mediante canón hidráulico para revexetar fortes pendentes (> 15%-20%). Pódense realizar nunha, dúas ou tres fases para asegurar un mellor recubrimento e protección. Permiten o emprego de sementes de especies leñosas para acadar un estrato arbustivo.

9.3. VEXETACIÓN SOA OU COMBINADA CON MT PARA O CONTROL DA EROSIÓN SUPERFICIAL E A ESTABILIZACIÓN

Englóbanse técnicas que conseguen unha certa estabilización do terreno e o control da erosión superficial mediante a execución de estruturas elaboradas con base a ramas vivas ou plantas xunto con outros materiais de obra civil.

- *Capas de ramaxe vivo*: Son ramas (principalmente dos xéneros *Salix* e *Populus*) que se suxeitan sobre o terreno e o cobren a modo de esteiras. Posteriormente as varas enraízan no terreno estabilizándoo e permitindo a saída de numerosos brotes. Require un terreno húmido que favoreza o crecemento vexetal.



Figura 9.4. Hidrosementadora e ao fondo ladeiras hidrosementadas (foto: J. Navarro)

- *Xeomallas 2D e 3D*. Mallas plásticas en dúas ou tres dimensións que serven para reforzar o solo fértil revexetado e evitar que o arrastre a corrente. Cando se aplican en marxes e leitos de ríos e regueiros debe terse en conta a velocidade da auga

en función do tipo de malla. As xeomallas 3D poden soportar velocidades superiores aos 4 m/s en períodos duns dous días.

- *Xeoceldas*. Son estruturas reticulares (celdas plásticas) que se colocan sobre o lugar a revexetar, como un panal de abellas e se reenchén con terra vexetal que se planta ou se sementa. Presentan diferentes espesuras, de 10 a 30 cm e poden estar furados ou non en función da necesidade de drenaxe. Están dispoñíbeis en varias cores.

- Bloques cerámicos ou de formigón. Son bloques ocos que se colocan sobre o solo constituíndo un solado que se reénche con terra vexetal para a posterior plantación ou sementeira. Tamén se poden executar de forma graduada, constituíndo muros de estabilización e protección revexetábeis. Nos cursos de auga, os ocos entre os elementos destes muros serán menores canto maior sexa a velocidade da corrente.



Figura 9.5.
Revexetación e estabilización de ladeiras mediante xeoceldas
(Fonte: Presto, 2000)



Figura 9.6.
Bloques ocos de formigón prote-xendo a ribeira do Río Chico (Ávila) (Foto: A. Sáiz)

- Cercas ou estacadas trenzadas. Consisten na colocación sobre o terreno de ramas vivas de salgueiro e chozo entrelazadas entre estacas cravadas sobre o terreno a modo dos cestos de vimbio. Este sistema ademais de conseguir a revexetación da marxe ofrece unha estabilidade da mesma tras a súa instalación grazas ao entresado das varas vexetais.

- *Feixes*: feixes de ramas e plantas vivas de salgueiro e chopo, formados por unhas 10-12 ramas atadas con cordas, que se colocan nunha gabia e se cravan ao terreno formando fileiras paralelas ás curvas de nivel. Posteriormente entérranse coa terra procedente da escavación.

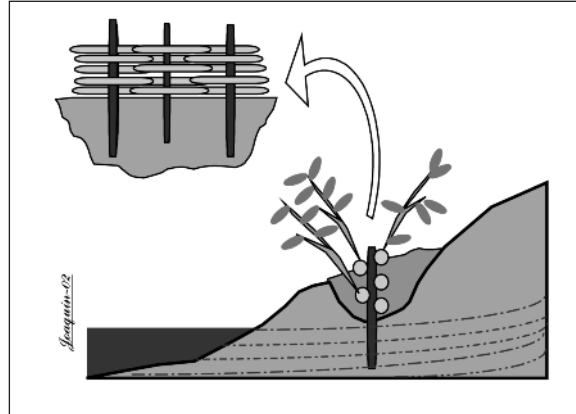


Figura 9.7. Detalle da execución dunha estacada trenzada (Sáiz et al, 2003)

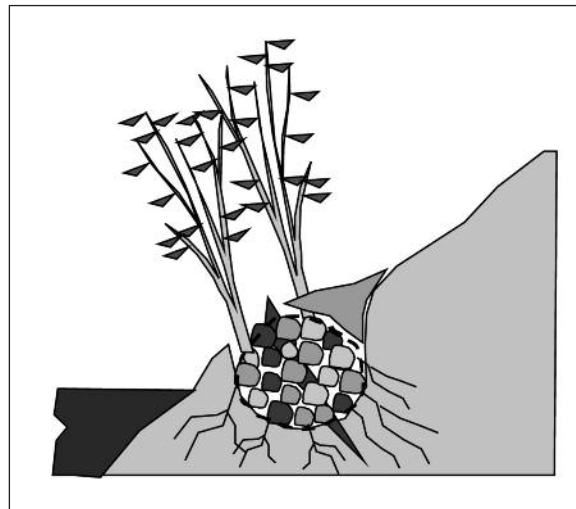


Figura 9.8. Detalle de execución dunha feixe de ramas (Sáiz et al., en prensa)



Figura 9.9. Estacada trenzada no río Carrión (Palencia) (Foto: J. Navarro)

- *Plantación de escallos, brotes ou pugas*: Mediante a plantación de estaquiñas de especies vexetais con gran capacidade de rebrote (salgueiro ou chopo e plantas de amieiro, bidueiro, pradairo, freixo, ulmeiro, etc.) pódese atinxir un certo grao de estabilidade en función da densidade de plantación.

9.4. MT COMBINADOS CON VEXETACIÓN PARA ESTABILIZACIÓN

Este conxunto de técnicas engloba, entre outras, diversas clases de muros realizados con rocha, vimbios, madeira, terra reforzada, xardineiras ou bloques prefabricados combinados con vexetación que axuda a proporcionar unha maior resistencia, estabilidade e enmascaramento. Entre elas distínguense:

- *Muros de coieira con vexetación*. Ao ir construíndo as escolleiras clásicas insírense nos ocos, ancorados no terreno natural, estacas ou plantóns de diversas especies de ribeira ou propias do lugar, embutidas na terra natural sobre a que se apoia a escolleira. Tamén se poden xerar ocos especiais para introducir plantas xunto con terra vexetal.

- *Cestóns e coirazas con vexetación*. Os gavións constitúen gaiolas de malla de aceiro que se reenchén con grixos, cosendo entre si a malla con arame. Ao executar os gavións pódese introducir á vez estacas ou plantóns de salgueiros, chopos, amieiros, conectadas ao terreno natural tras o gavión.

- *Muros xardineira*. Son muros que se compoñen de bloques prefabricados que deixan unha serie de ocos para introducir diversos tipos de plantas. Non soen executarse con pendentes superiores a 80°.

- *Muros de terra reforzada*. Constan de diversas capas de terra reforzada con xeotéxtiles e que exteriormente se suxeitan mediante unha armadura de aceiro corrugado ou malla xeotéxtil de reforzo. O paramento exterior hidroseméntase e queda totalmente cuberto de herbáceas. A súa pendente de execución non soe superar os 60°, e non se recomenda superar os 6 m de altura.

- *Muros de madeira con vexetación*: Son muros realizados con madeira escuadrada ou rollizos ensamblados e que deixan ocos para emprazar estaquiñas ou plantas de ribeira. A altura de execución non soe superar os 4 m.

- *Muros esculpidos*. Consisten en proxectar formigón tintado sobre un enreixado metálico simulando a aparencia da rocha propia do lugar.

Combinando materiais construtivos e vexetación búscase o control da erosión, a estabilización dos terrenos das marxes, ou ambos obxectivos á vez



Figura 9.10. Muro de bloques ou xardineiras en Cristo del Otero (Palencia)
(foto: J. Navarro)



En ocasións, cando o dano xa se produciu, ou mentres se espera a execución dun proxecto de restauración, pódense aplicar diversas medidas de controle dos sedimentos



Figura 9.11. Muro de terra reforzada recentemente construído na Autovía A-68 en Llera (Asturias) (foto: A. Sáiz)



Figura 9.12. Aspecto dun muro de terra reforzada no País Vasco (zona do sinal de tráfico) tras unha sega de mantemento (foto: J. Navarro)

9.5. OUTROS MÉTODOS DE CONTROLE DA EROSIÓN E A ESCORRENTÍA

As técnicas descritas nos apartados anteriores caracterízanse por protexer e estabilizar os terrenos, para evitar a erosión, controlar a escorrentía e conseguir a integración paisaxística e ecolóxica da zona. En ocasións, cando o dano xa se produciu, ou mentres se espera a execución dun proxecto de restauración, pódense aplicar diversas medidas de controle dos sedimentos. Estas medidas evitarán que as partículas de terra arrastradas pola escorrentía que se xera na construción de estradas, ferrocarrís, edificios, etc, próximos a un río, atinxan as augas naturais, mantendo así a súa calidade e protexendo, no seu caso, a fauna acuícola, evitando o aterramento de encoros e diminuindo os custos de depuración.

Algunhas das medidas a aplicar durante a execución deste tipo de obras para a protección dos nosos ríos son:

- Controle do tempo de exposición dos terrenos aos axentes erosivos. Trátase de comezar os labores de revexetación de ribazos dunha obra sen esperar a que a actividade se termine ou até poucos días antes da inauguración (como sucede con moitas estradas, vías de ferrocarril, canais, rectificación de ríos, etc).

- Remodelación selectiva do terreno: Consiste na suavización da xeometría do terreno, evitando arestas, alturas e pendentes excesivas.

- Construción de barreiras temporais. Baséase en dispor pantallas ou dispositivos que interceptan a escorrentía superficial e os sedimentos, evitando que alcancen directamente os leitos naturais. Poden realizarse cordóns de terra, alpacas de palla ou pantallas mediante xeotéxtiles.

- Bolsas filtro. Consisten en bolsas especiais de grandes dimensións feitas con plástico poroso, que se colocan nos puntos de confluencia da escorrentía e sedimentos, obrigando a que o caudal circulante penetre na bolsa e se reteñan as partículas arrastradas.

- Balsas de decantación. Baséanse na escavación ou construción dunha balsa de dimensións suficientes para a sedimentación do material sólido que arrastra a escorrentía evitando o seu vertido nos leitos naturais.

Trátase de comezar os labores de revexetación de ribazos dunha obra sen esperar a que a actividade se termine ou até poucos días antes da inauguración



Figura 9.13. Alpacas de palla no río Nora (Asturias) para evitar a chegada parcial de sedimentos das obras dunha autopista (foto: J. Navarro)



Figura 9.14. Balsa de decantación con sedimentos retidos pola construción dun viaduto no río Nora (Asturias) (foto: J. Navarro)

Bibliografía

- Deflor Bioengenharia. 2002. Soluções ambientais definitivas. Deflor Bioengenharia. Belo Horizonte.
- Ministerio de Fomento y Medio Ambiente. 1998. España 1998. Revista de los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente, nº 466.
- Navarro, J., Serrano, C., Ugalde, M., Oria de Rueda, J.A. y Jonte, M.A. 1997. Utilización de geotextiles en la corrección de cárcavas del Cristo del Otero (Palencia), en Puertas, F. y Rivas, M. (eds.) Irati 97, Actas del I Congreso Forestal Hispano-Luso. Tomo II: 443-448.
- Navarro, J. 2002. Mejora del hábitat acuático mediante actuaciones en riberas, en Jornadas sobre Pesca y Medio Ambiente. Ed: Agrupación de Pescadores Ríos de Las Merindades. Villarcayo: 39-50.
- Otaola-Urrutxi y Navarro, J. 1998. Primeras experiencias en la restauración de la ribera del Río Carrión a su paso por Pino del Río (Palencia) mediante técnicas de Bioingeniería. II Congreso de Ingeniería del Paisaje. Asociación Española de Ingeniería del Paisaje. A Coruña: 63-71.
- Presto. 2000. Perforated Geoweb Cellular Confinement System. Presto Products Company. WI.USA. 8 p.
- Sáiz, A., Ronda, F.J., Navarro Hevia, J. y Martínez de Azagra, A. 2003. Métodos de restauración de márgenes fluviales: zarzos o empalizadas trenzadas. Ríos con vida. Publicación de AEMS-Ríos con Vida, nº 71: 32-35.
- Sáiz, A., Navarro Hevia, J., Ronda, F.J. y Martínez de Azagra, A. Métodos de restauración de márgenes fluviales: Fajinas. Ríos con vida. Publicación de AEMS-Ríos con Vida (en prensa).
- Schmidt, G. e Otaola-Urrutxi, M. 2002. Aplicación de Técnicas de Bioingeniería en la restauración de ríos y riberas. CEDEX. Ministerio de Fomento. Madrid. 111 p.