

4

Hans Ole Hansen
Brian Kronvang
Bent Lauge Madsen

Sistema de clasificación para la rehabilitación de ríos y arroyos

Propuesta para un sistema de clasificación

Dinamarca se encuentra a la cabeza en el campo de las cuencas de corrientes, en el aspecto tanto legislativo y administrativo, como de rehabilitación y protección.

Desgraciadamente, a pesar de ello, no se ha elaborado ninguna estadística clara sobre proyectos de restauración en Dinamarca, por lo cual tampoco hay una visión global de la cantidad e índole de proyectos realizados en el país.

Para poder tener una visión útil de los proyectos llevados a cabo y lograr una mayor habilidad para gestionar de forma correcta los proyectos de rehabilitación futuros, es importante contar con estadísticas sobre los mismos y recabar información sistemática.

Para poder recabar información para tales estadísticas es requisito tener acceso a un sistema de clasificación claramente definido para los diferentes tipos de proyectos y métodos de restauración. Si no existen definiciones claras no se puede esperar que las preguntas y respuestas sean interpretadas de modo igual por diferentes personas.

En consecuencia, en este capítulo presentamos una propuesta para un sistema de clasificación para proyectos de rehabilitación de ríos y arroyos (Anexo A).

El sistema de clasificación se refiere solamente a los proyectos de rehabilitación que favorecen al medio ambiente, lo cual significa que no quedan incluidos aquellos proyectos de rehabilitación cuyo único objetivo es mejorar la capacidad de desagüe.

A pesar de que se han desplegado grandes esfuerzos para diseñar un sistema de clasificación que sea lo más inequívoco posible, es imposible evitar ciertas vaguedades y solapados. No obstante, esperamos que el sistema propuesto pueda constituir el fundamento para una base de datos sobre proyectos de rehabilitación ya realizados o en vías de realización en Dinamarca. Además, abrigamos la esperanza de que pueda inspirar a otros países europeos para que establezcan bases de datos similares.

Las diferentes bases de datos nacionales podrían compilarse y actualizarse bajo los auspicios del Centro Europeo de Restauración de Ríos, pudiendo eventualmente integrarse al Internet y GIS (Geographical Information System). De esta manera, los interesados podrán tener acceso a la base de datos y buscar información específica para uso propio directamente a través de sus computadoras. Además, abre la posibilidad de un registro descentralizado de los proyectos.

Sistema de clasificación propuesto

El sistema de clasificación distingue entre «tipos» y «métodos». Los proyectos de rehabilitación se desglosan en tres tipos de acuerdo con los objetivos globales del proyecto. Este desglose de los proyectos de rehabilitación por tipo se basa en la envergadura de la rehabilitación dentro de la cuenca, tal como se ilustra esquemáticamente en la tabla 4.1. Cada tipo comprende una serie de métodos aplicables para alcanzar el objetivo fijado. El cuadro 4.1 resume los tipos y métodos de los proyectos de rehabilitación. No obstante, esta lista puede ampliarse.

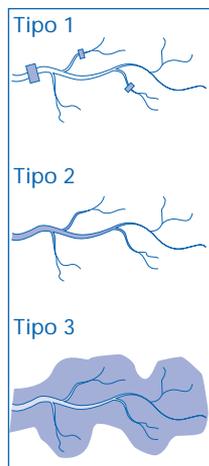


Figura 4.1. Definición esquemática de los tres tipos de proyectos de rehabilitación.

Tipo 1: Rehabilitación de tramos de ríos o arroyos comprende proyectos cuyo objetivo es una mejora local de tramos cortos. Los métodos aplicados bajo el tipo 1 llevarán típicamente a *hábitats mejores* a nivel local, tanto dentro del río o arroyo como en la faja de 2 metros de ancho libre de cultivo en sus orillas.

Tipo 2: Restauración de continuidad entre tramos de arroyos o ríos, comprende proyectos cuyo objetivo es asegurar el libre paso a lo largo de la cuenca. Los métodos aplicados bajo el tipo 2 son los que restablecen el contacto entre los tramos y establecen *libre paso* y continuidad entre los distintos tramos y entre el arroyo y las zonas adyacentes.

Tipo 3: Rehabilitación de cuencas, comprende proyectos que afectan tanto a la corriente como a toda la cuenca. Los métodos aplicados bajo el tipo 3 son los que aseguran que el arroyo y su cuenca funcionen como una *unidad ecológica e hidrológica*. El impacto de estos métodos se extiende por el arroyo y sus alrededores.

Con este sistema de clasificación básico como fundamento el próximo paso es desarrollar un sistema aplicable a los cuestionarios y las bases de datos. Debe haber lugar para combinar los tipos y métodos de rehabilitación, pero de una forma lo más inequívoca posible.

Cuadro 4.1. Rehabilitación de arroyos – tipos y métodos.

Tipo 1: Rehabilitación de tramos de arroyos

Restablecimiento de meandros
 Apertura de tramos entubados para crear hábitats mejores
 Establecimiento de perfil transversal doble
 Establecimiento/restablecimiento de lagos en conexión con los arroyos
 Establecimiento de estanque de sedimentación de ocre en conexión con el arroyo
 Colocación de piedras
 Colocación de cascajos
 Establecimiento de refugios artificiales para los peces
 Colocación de otros objetos sólidos
 Establecimiento de concentradores de corriente
 Construcción de recolectores de arena
 Plantación de árboles y arbustos dentro de la faja de 2 metros libre de cultivo
 Talado de árboles y arbustos dentro de la faja de 2 metros libre de cultivo
 Establecimiento de lecho y/o orillas artificiales (fajinas, hormigón, baldosas, etc.)
 Eliminación de lecho y/o orillas artificiales (fajinas, hormigón, baldosas, etc.)
 Otros métodos: cercos, abrevaderos, etc.
 Demás métodos

Tipo 2: Restauración de continuidad entre tramos de arroyos

Obstrucciones sustituidas por rellenos
 Obstrucciones sustituidas por meandros
 Establecimiento de desvío en obstrucción preservada
 Establecimiento de relleno en obstrucción preservada
 Apertura de tramo entubado para crear libre paso
 Nivelado de represa (eliminación de pozo, etc.)
 Mayor profundidad del agua y/o áreas de retención en tuberías bajo caminos
 Nivelado de represas en bocas de tuberías/puentes
 Establecimiento/eliminación de escala pesquera/esclusa pesquera
 Restauración completa de tramo de arroyo antes periódicamente seco
 Restauración parcial de tramo de arroyo antes periódicamente seco
 Agua suministrada por bombeo para mantener el flujo en tramo periódicamente seco
 Establecimiento de paso para nutrias
 Demás métodos

Tipo 3: Rehabilitación de cuencas

Caudal y frecuencia de inundación incrementados mediante:

- restablecimiento de meandros
- elevación del lecho
- suspensión del drenaje de las vegas
- establecimiento de represa
- establecimiento de equipo de riego de las vegas
- estrechamiento del perfil del arroyo

Establecimiento/restablecimiento de lagos/charcos/zonas húmedas etc. en la cuenca
 Cuidado de la vegetación de la cuenca
 Demás métodos

Presentamos en el anexo A nuestra propuesta para un cuestionario futuro.

Ejemplos de métodos

Los métodos comprendidos por cada tipo se aplican para cumplir el objetivo del proyecto de restauración/rehabilitación. En las figuras 4.2 a 4.19 se ilustran ejemplos de métodos individuales.

El tipo 1 comprende métodos destinados a mejoras locales de tramos de arroyos y de la faja de 2 metros libre de cultivo a lo largo de las orillas para crear mejores hábitats para los animales y las plantas (figuras 4.2 a 4.9).



Figura 4.2. *El restablecimiento de meandros en tramos de arroyos* puede servir varios propósitos, por lo cual este método está incluido en todos los tres tipos de proyectos de restauración/rehabilitación. Bajo el tipo 1, el restablecimiento de meandros crea hábitats más variados dentro del arroyo, entre otros motivos debido a la alternación consecuente entre mucha y poca profundidad y entre corrientes fuertes y débiles. Además, la corriente de los arroyos meandriformes impide que los cascajos y piedras se cubran de arena.



Figura 4.3. *Un perfil transversal doble* asegura una profundidad y una corriente de agua adecuadas en períodos secos.



Figura 4.4. *Las piedras* ofrecen refugios para los peces y hábitats para los macroinvertebrados de la corriente. También mejoran las condiciones del hábitat creando una buena corriente que oxigena el agua.



Figura 4.5. *Los bancos de cascajos* sirven de bancos de desove para los peces y de hábitat para los macroinvertebrados del arroyo.



Figura 4.6. El establecimiento de *refugios artificiales para los peces* constituye uno de los métodos originales de rehabilitación permitidos en la Ley de Arroyos de Dinamarca, pero hoy en día este método no es muy común.



Figura 4.8. *Los recolectores de arena* reducen el transporte de arena suspendida dentro del arroyo.

Figura 4.7. *Los concentradores de corriente* – construidos p.ej. por piedras amontonadas alternando entre las dos orillas del arroyo aseguran una corriente de velocidad suficiente para mantener libres de arena los bancos de cascajos.



Figura 4.9. *Los árboles y arbustos plantados dentro de la faja de 2 metros libre de cultivo* pueden estabilizar las orillas y crear refugios para los peces. En otros lugares puede resultar ventajoso eliminar árboles y arbustos.



El tipo 2 comprende métodos que restablecen el libre paso entre tramos de arroyos, de manera que la fauna pueda pasar libremente entre las diferentes partes del arroyo y entre éste y sus alrededores inmediatos.



Figura 4.10. *La obstrucción es sustituida por un relleno.*

Figura 4.11. *Relleno de desvío establecido en una obstrucción preservada.* En los casos en que se desea preservar una obstrucción, p.ej. en una central hidroeléctrica o en un molino de agua de interés histórico, asegurando a la vez un libre paso para la fauna, un relleno de desvío puede ser la solución.

Figura 4.12. *Un tramo entubado abierto.* Si el objetivo principal es restaurar el libre paso entre dos tramos, el método corresponde al tipo 2. No obstante, si el objetivo principal es crear hábitats mejores en tramos antes entubados, el proyecto está clasificado como perteneciente al tipo 1, aunque restablezca el libre paso entre dos tramos. Siempre hay que tomar en cuenta el objetivo principal. Si existen dudas, hay que tomar una decisión.



Figura 4.13. *Áreas de retención de la corriente en tuberías debajo de un camino.* Para asegurarles a los peces el libre paso por las tuberías, se puede elevar el nivel del agua e insertar áreas de retención de la corriente.



Figura 4.14. *Nivelado de represas en la boca de una tubería.* En aquellos casos en que la boca de una tubería, p.ej. debajo de un camino, se encuentra a un nivel superior al del agua (izq.) se puede establecer un relleno pequeño o bajar la tubería al nivel de fondo de la corriente (der.).

Figura 4.15. *Las escalas pesqueras* constituían una de las primeras medidas de rehabilitación danesas, pero en la actualidad solamente se utilizan en casos de gran necesidad, p.ej. si no hay lugar suficiente para establecer un desvío. También puede mejorarse un tramo de un arroyo mediante la eliminación de una escala pesquera, sustituyéndola por un relleno o un tramo de desvío.

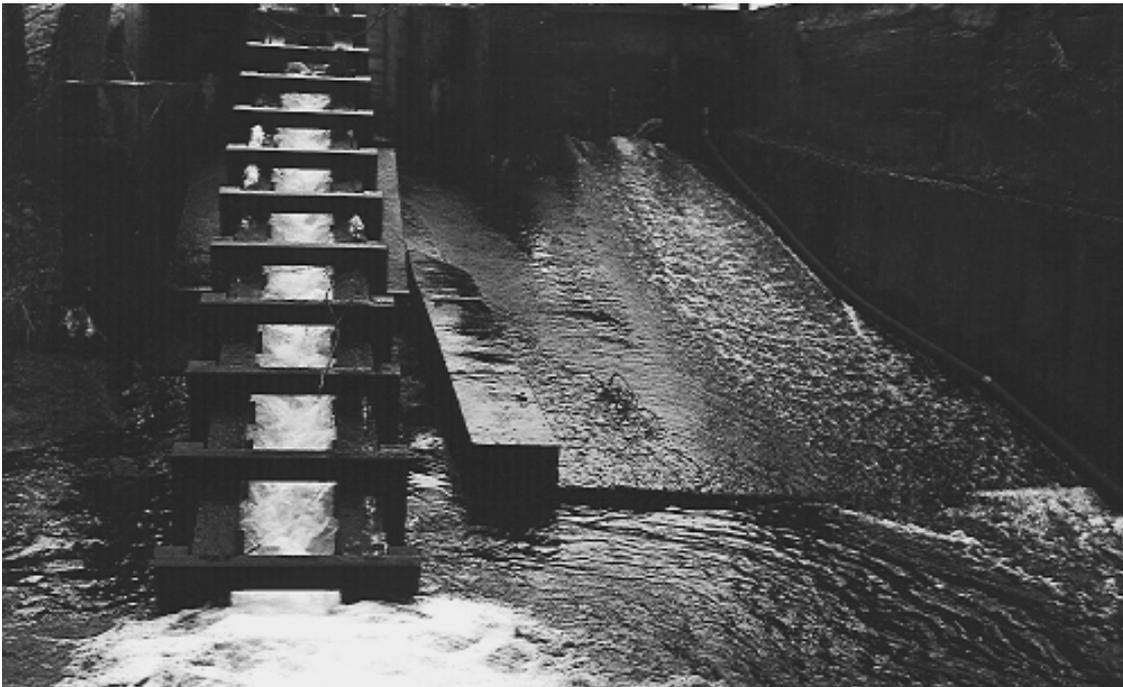


Figura 4.16. *Paso para nutrias.* Este método corresponde al tipo de rehabilitación 2 y facilita el paso de las nutrias por debajo de los puentes en Dinamarca. Muchas nutrias mueren pisadas por vehículos cuando tratan de cruzar el camino.

El tipo 3 comprende métodos tendientes a mejorar el contacto entre los arroyos y sus cuencas, elevando el nivel del agua dentro de las vegas y creando mejores posibilidades para que el arroyo pueda desbordar hacia las vegas cuando el nivel del agua es alto. Un nivel más alto y más desbordes pueden ser ventajosos, p.ej. si se desea reducir el transporte de sedimentos o el contenido de nitrógeno u ocre de la corriente. Los métodos suelen ser contrarios a los que se aplicaban antes para drenar las vegas (figuras 4.17 a 4.19).

Figura 4.17. *Se ha elevado el nivel del agua y aumentado la frecuencia de inundaciones elevando el lecho.* También se puede elevar el nivel del agua y la frecuencia de inundaciones elevando el lecho, p.ej. con el establecimiento de rellenos altos (aquí ilustrado en un verano muy seco).



Figura 4.18. *Se ha elevado el nivel del agua y aumentado la frecuencia de inundaciones restableciendo meandros dentro del arroyo.* Se puede elevar el nivel del agua y la frecuencia de inundaciones restableciendo meandros dentro del arroyo.



Figura 4.19. *Lagos, charcos y zonas húmedas pueden establecerse o restablecerse dentro de la cuenca, p.ej. mediante excavaciones o represas en el arroyo.*

5

Hans Ole Hansen
Brian Kronvang
Bent Lauge Madsen

Impacto medioambiental de la rehabilitación de los arroyos

Para poder evaluar si se ha logrado el objetivo de una rehabilitación de un arroyo hay que investigar el impacto del proyecto sobre el arroyo y sus zonas adyacentes. Los estudios del impacto deben amoldarse tanto al tipo de proyecto como al objetivo. Si el objetivo principal del proyecto de rehabilitación es eliminar una obstrucción entre dos tramos del arroyo para así restablecer el libre paso para los peces y macroinvertebrados del arroyo, hay que enfocar la investigación en el impacto de la restauración sobre la población de peces migratorios (p.ej. truchas) y macroinvertebrados en las partes superiores a la obstrucción eliminada. Si el objetivo principal del proyecto es restablecer las condiciones originales en las zonas ribereñas, hay que enfocar de forma más general el impacto sobre plantas, animales y aves y la retención y/o movimiento de agua, nutrientes y materiales orgánicos en las áreas ribereñas.

En conexión con la rehabilitación del arroyo también hay que tener en cuenta que casi siempre entran en juego consideraciones estéticas así como intereses de los usuarios. En consecuencia, los estudios del impacto también pueden comprender las opiniones de los usuarios sobre el aspecto y valor útil del arroyo después de su rehabilitación.

Hasta la fecha solamente se han realizado contados estudios de impacto como seguimiento a los proyectos de rehabilitación en Dinamarca. Algunos de estos estudios se han hecho como parte de programas de monitoreo ya existentes de la contaminación de los arroyos, en tanto que otros han sido directamente planificados y realizados como seguimientos a los proyectos de rehabilitación.

En tanto que el impacto biológico de la rehabilitación de un tramo de un arroyo suele tardar en presentarse, los efectos físicos son normalmente más fáciles de comprobar, p.ej. en forma de la eliminación de una obstrucción, nuevos bancos de desove o un nuevo curso meandriforme con todas sus características naturales de recodos, rellenos y orillas periódicamente desbordadas.

En el presente capítulo se presenta una pequeña selección de cada uno de los tres tipos principales de proyectos de rehabilitación de arroyos descritos en el capítulo 4. Esta selección enfoca especialmente los efectos positivos que pueden tener las rehabilitaciones sobre la calidad de un arroyo, pero los estudios del impacto deben naturalmente comprender también los eventuales efectos negativos. Además, es decisivo estudiar detenidamente los criterios aplicados para la evalua-

ción. Por ejemplo, puede considerarse positiva una inundación, si el punto de vista es la calidad del agua; sin embargo, puede considerarse un efecto negativo respecto al cultivo del campo inundado. En las páginas siguientes el impacto de la rehabilitación se estudia principalmente desde el punto de vista de sus efectos sobre la Naturaleza y el medio ambiente.

Tipo 1: Rehabilitación de tramos de arroyos

Forma y perfil

Las modificaciones físicas de los arroyos daneses han tenido muchos efectos negativos en la calidad del agua. Los encauzamientos, las profundizaciones y la falta de fajas libres de cultivo a lo largo de los arroyos han aumentado la cantidad de sedimentaciones y eliminado el lecho natural de piedras y cascajos. Este empobrecimiento de las condiciones físicas ha llevado a pérdidas de hábitats, lo cual ha afectado de forma crítica las posibilidades de supervivencia de muchas especies de plantas y animales. El camino hacia el restablecimiento de los hábitats perdidos en nuestros arroyos va por la rehabilitación y la práctica de un mantenimiento favorable al medio ambiente.

La cantidad de sedimentación descargada en nuestros arroyos canalizados excede en muchos casos la capacidad del arroyo de transportar la misma. En consecuencia, se produce una elevación del lecho, que se convierte en un lecho uniforme de arena migratoria. En cambio, los arroyos sinuosos naturales con dimensiones apropiadas para transportar el caudal a la superficie de desagüe se encuentran en un equilibrio dinámico respecto a la descarga y transporte de sedimentación. Además, el arroyo está mucho mejor preparado para adaptarse a modificaciones de la cantidad de sedimentación, dado que tanto las hondonadas como las áreas ribereñas periódicamente inundadas funcionan como mecanismos de tope en forma de áreas de sedimentación.

	Antes del restablecimiento de los meandros	Después del restablecimiento de los meandros
Longitud del arroyo	1.340 m	1.850 m
Capacidad del caudal	6,6 m ³ lt./seg.	3,5 m ³ lt./seg.
No. de recodos de meandros	0	16
No. de bancos de desove	pocos	18 (3.500 m ²)
Áreas ribereñas periódicamente húmedas	0	aprox. 2.000 m ²

Tabla 5.1. Las condiciones físicas del arroyo Gelså antes y después de restablecimiento de los meandros en 1989 (1).

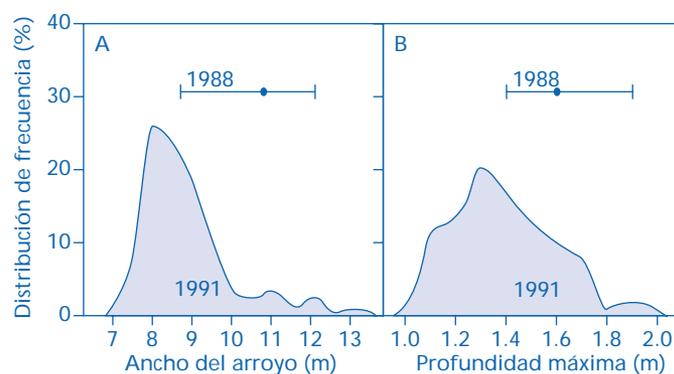


Figura 5.1. Variaciones del ancho (A) y profundidad máxima (B) del arroyo Gelså antes (1988) y después (1991) de haberse restablecido los meandros. El ancho del arroyo variaba de 9 a 12 metros en 1988, y de 7 a 14 metros en 1991. La profundidad máxima variaba de 1,4 a 1,9 metros en 1988 y de 1 a 2 metros en 1991. En términos medios, el arroyo es ahora más estrecho y menos profundo después del restablecimiento de los meandros, por lo cual también se ha incrementado la posibilidad de inundaciones.

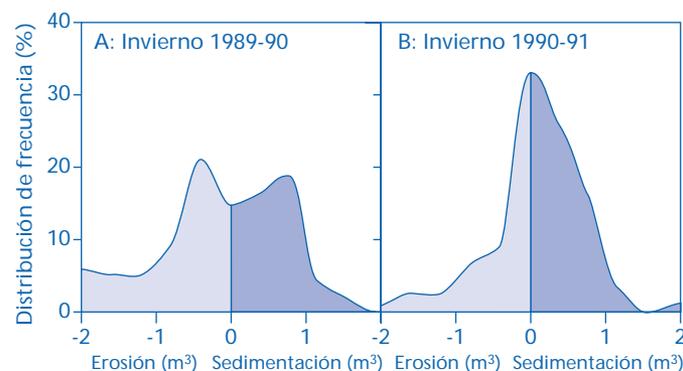


Figura 5.2. Erosión y sedimentación de material del lecho del arroyo Gelså durante el primer (A) y el segundo (B) invierno después de haberlo dotado de meandros. Las cifras se basan en mediciones de precisión de 120 perfiles transversales.

La rehabilitación en forma de restablecimiento de meandros en tramos de los arroyos junto con la introducción de prácticas de mantenimiento moderado fomentan el restablecimiento de variaciones naturales de la forma y el perfil del arroyo. Brinda a los arroyos condiciones de corriente variadas y crea hondonadas y áreas de elevación. La corriente es lenta en aguas someras que se producen cerca de las orillas en el lado exterior de los recodos de los meandros, pero rápida en el lado interior de los recodos y en los rellenos de poca profundidad que se forman entre los mismos. Tal variación física es un rasgo característico de los arroyos de sinuosidad natural, que discurren por llanos. Así que, en vez de arroyos con una profundidad y ancho uniformes, el restablecimiento de meandros crea arroyos con grandes variaciones físicas. Entre otros lugares en Dinamarca, existe documentación de tal situación en el arroyo Gelså (1) (figura 5.1 y tabla 5.1). Con este proyecto se restableció un curso más largo, varios meandros, rellenos y bancos de desove y se incrementó el área ribereña de importancia ecológica sujeta a inundaciones periódicas.

Las experiencias existentes de monitoreo de proyectos de restablecimiento de meandros en Dinamarca indican que se produce una erosión considerable en el arroyo durante la fase de construcción y también durante el período subsiguiente de ajuste (figura 5.2). No obstante, gran parte de la arena transportada puede retenerse usando un recolector temporal de arena establecido inmediatamente después del tramo en que se restablecieron los meandros. En cambio, el

Impacto medioambiental de la rehabilitación de los arroyos

material de partículas finas se escapa más fácilmente del tramo, aumentando así el transporte de sedimentación durante un período breve o más prolongado. Las experiencias cosechadas en relación con el restablecimiento de meandros en el arroyo Gelså indican que después de un período de erosión considerable durante el primer invierno después de su rehabilitación, el arroyo entró en una fase de sedimentación neta, especialmente en áreas cerca de las orillas y en las zonas ribereñas inundadas. De modo que dos años después de haberse restablecido los meandros, no se había logrado un equilibrio dinámico en el tramo (1).

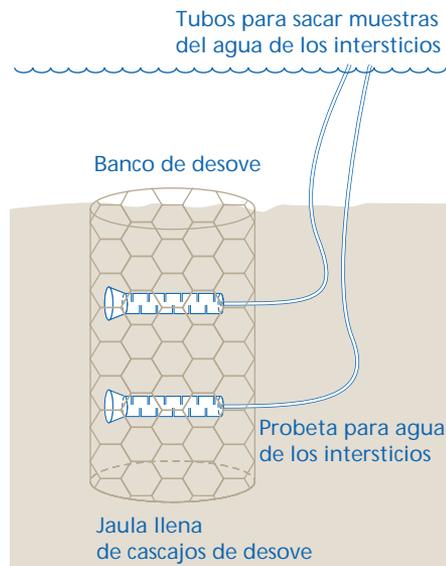
Posibilidades de desove para las truchas

El establecimiento de nuevos bancos de desove para truchas es una de las formas más comunes de rehabilitación de los arroyos daneses. Muchas veces se establecen simplemente colocando cascajos mezclados con piedras a intervalos regulares a lo largo de los arroyos.

Para investigar el efecto de los bancos de desove nuevos, no basta averiguar si las truchas desovan en los bancos o si hay huevos en los bancos durante la temporada de desove. También hay que investigar la cantidad de alevines que eclosionan en el banco el año siguiente. En muchos casos la mayoría de los huevos mueren antes de eclosionar, porque los espacios entre las partículas de cascajo se tapan de arena, fango u ocre. Así el hecho de que los bancos de desove se cubren de arena puede constituir un gran problema en Dinamarca.

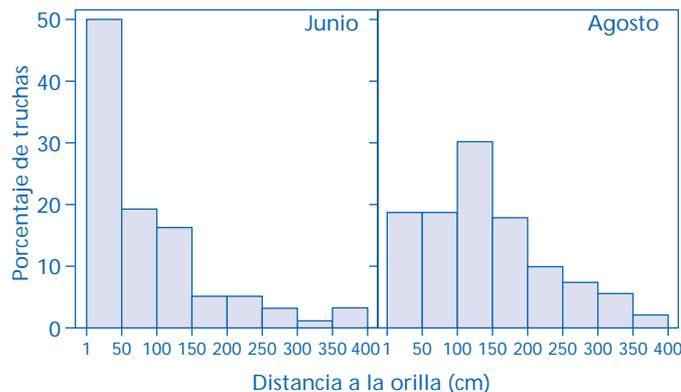
Un ejemplo de ello lo vivimos en un proyecto experimental de 1987, cuando se establecieron bancos de desove en diez arroyos (2). La electropesca realizada en la primavera siguiente reveló la presencia de alevines de truchas en tan sólo 4 de estos bancos de desove. Después del primer período de invierno la mayoría de los bancos de desove establecidos contenía entre un 5 y un 20% más de material fino (<2 mm) que en el momento de su establecimiento en otoño.

Figura 5.3. Diagrama de la jaula colocada en el banco de desove. A una profundidad de 10 a 20 cm se colocaron probetas para sacar muestras del agua de los intersticios, provistas de un tubo para conectarlas con la superficie.



Larsen y Henriksen (3) han desarrollado un método capaz de evaluar las condiciones de los huevos y alevines de truchas en los bancos de desove. Se colocan los huevos en una jaula llena de cascajos de desove y se la entierra en el banco de desove. Después de algunas semanas o meses se levanta la jaula previamente provista de una bolsa de plástico, para evitar que se escape material. Los experimentos hechos con estas jaulas en los arroyos revelaron que la presencia de cantidades muy reducidas de partículas finas bastan para cubrir los intersticios entre los cascajos en un grado suficiente para provocar la muerte de muchos huevos por falta de oxígeno. Así que no basta con asegurar una buena corriente sobre los bancos de desove,

Figura 5.4. Al principio, los alevines de trucha prefieren quedarse en aguas someras y entre las hierbas acuáticas cerca de las orillas (5).



dado que sólo se logra mantener limpia la superficie, pero el material puede penetrar en los intersticios. En consecuencia, la cantidad de arena y otro material fino que se transporta con el agua debe ser lo suficientemente reducida si se quiere lograr un buen funcionamiento de los bancos de desove.

Sivebæk y Bangsgaard (4) modificaron la jaula de huevos, dotándola de sondas para medir el contenido de oxígeno en los cascajos de desove (figure 5.3). También ellos descubrieron que los huevos mueren cuando la cantidad de partículas excede un nivel dado. Además, comprobaron que una corriente fuerte no remedia el problema, ya que una corriente que excede los 80 cm/seg. puede barrer con los huevos de los bancos de desove.

Partiendo de estos estudios del impacto, se puede sacar la conclusión de que para el buen funcionamiento de los bancos de desove debe haber un transporte muy reducido de material fino. En consecuencia, en arroyos que sufren de mucha sedimentación, hay que atacar el origen del problema, y eventualmente tomar medidas para reducir el transporte de material, por ejemplo, estableciendo pavimentados en los lugares donde el ganado derruye las orillas pisoteándolas, exigiendo la observación de la faja de dos metros libre de cultivo, o cambiar a un tipo de corte de las hierbas acuáticas que proteja las orillas contra la erosión provocada por la corriente. También se puede reducir la cantidad de material transportado sobre los bancos de desove estableciendo recolectores de arena. Sivebæk y Bangsgaard (4) han demostrado que los huevos de las truchas sobreviven mejor en los bancos de desove donde se han montado recolectores de arena en el tramo inmediatamente aguas arriba.

Hábitats para alevines de truchas

Los bancos de desove no constituyen el único requisito para el mantenimiento de una población satisfactoria de truchas. También son necesarios hábitats apropiados para los alevines que eclosionan en el cascajo. En esta etapa la mortalidad es

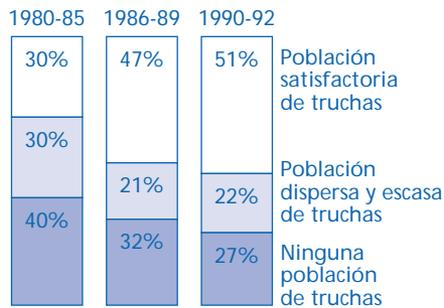


Figura 5.5. La población de truchas en arroyos cuyo objetivo es desove y cría de salmónidas en la Provincia de Ribe (6).

muy grande. Numerosos estudios realizados en Dinamarca y otros países muestran que el número de refugios (especialmente hierbas acuáticas), un nivel del agua no demasiado profundo y una corriente adecuada son factores decisivos para la tasa de sobrevivencia de las truchas pequeñas (5). La mejor forma de asegurar buenas condiciones para los alevines recién eclosionados es, en consecuencia, asegurar que el arroyo cumpla estas condiciones (figura 5.4).

La prueba definitiva de un desove exitoso es que se registre una población satisfactoria de salmónidas en aquellos arroyos en que no se practica repoblación de los peces. En la Provincia de Ribe, el objetivo de calidad de los arroyos definido como aguas aptas para desove y cría de salmónidas se cumple en un número cada vez mayor de arroyos (figura 5.5) (6). No obstante, queda mucho que hacer hasta que se hayan cumplido estos objetivos en todos los arroyos.

Hábitats para truchas

Los rellenos de desvío establecidos junto a las obstrucciones preservadas no sólo permiten la conexión entre los tramos de los arroyos y el libre paso de los peces y macroinvertebrados, también ofrecen excelentes hábitats a las truchas. Las investigaciones de la población de truchas en tramos de rellenos y desvíos recién establecidos en la Provincia de Vejle muestran que muchas veces existe una población marcadamente mayor en los tramos de rellenos y desvíos que en los tramos superiores e inferiores a éstos (7). El motivo es probablemente las mejores condiciones físicas en forma de refugios y

retenciones y el hecho de que las piedras colocadas aseguran buenos recursos alimenticios con una población abundante de macroinvertebrados.

Cuando se restablecieron los meandros en el arroyo de Idom (ver capítulo 3.5) la población de truchas registrada en estos tramos tres años después de haberse completado la obra era igual a la de un tramo de referencia no regulado aguas abajo, que ya contaba con una población de truchas satisfactoria. No obstante, el mero restablecimiento de meandros no significa necesariamente que se presenten súbitamente hábitats mejores para las truchas en comparación con los de un tramo canalizado. También pueden crearse buenos hábitats en el tramo canalizado cambiando a prácticas de mantenimiento más favorables al medio ambiente. Así, durante el mismo período la población de truchas en un tramo aguas arriba todavía canalizado del arroyo de Idom también creció bastante, siendo durante los primeros años incluso mayor a la del tramo recién restaurado. El motivo es que los hábitats buenos se desarrollan rápidamente en el tramo canalizado cuando se dejan de cortar las hierbas acuáticas, en tanto que las hierbas del tramo recién restaurado necesitaron tiempo para poder establecerse allí.

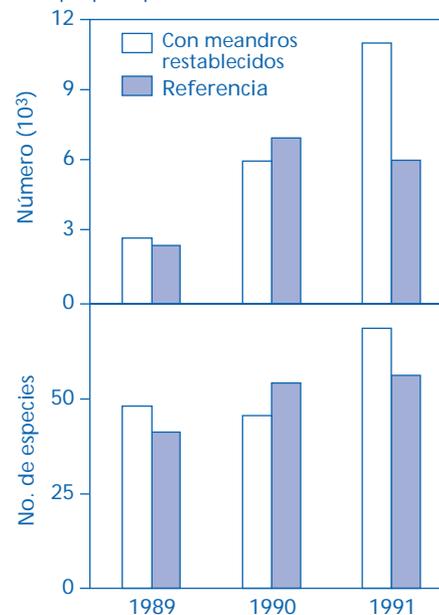


Figura 5.6. Los macroinvertebrados, abundancia y número de especies en el arroyo Gelså, en el tramo donde se restablecieron meandros y el de referencia (1).

Al evaluar el impacto del restablecimiento de meandros, hay que tomar en cuenta el hecho de que el tramo es más largo que el tramo canalizado al que sustituyó. En consecuencia, hay en realidad sitio para más hábitats y, por ende, más truchas. En el arroyo de Idom, el largo del tramo nuevo era el doble del tramo antiguo canalizado.

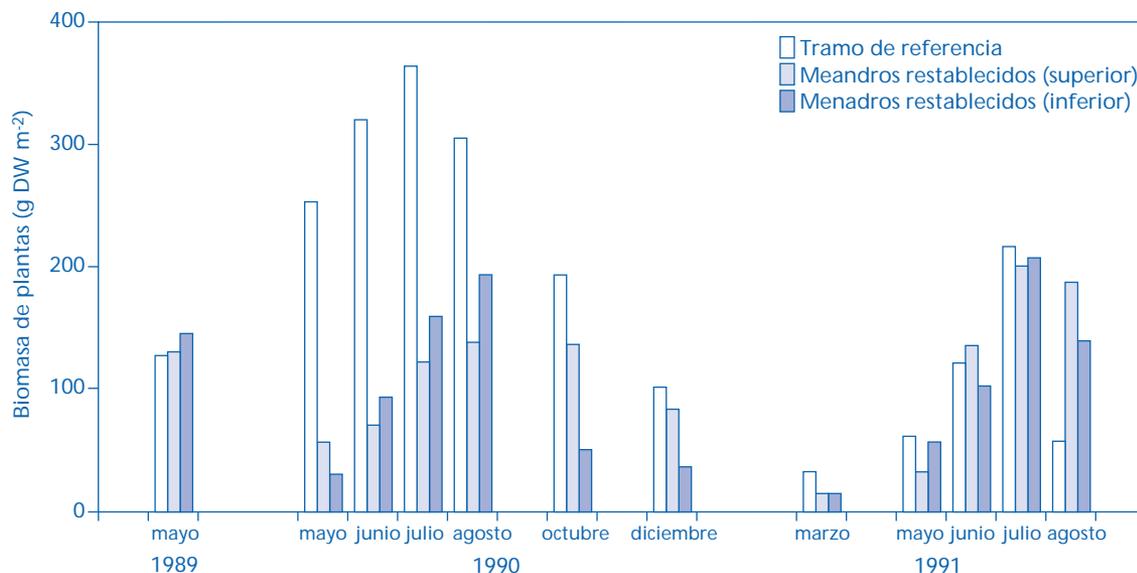
Hábitats para los macroinvertebrados

La colocación de piedras y cascajos en los arroyos no sólo beneficia a los peces, también brinda nuevos hábitats para los macroinvertebrados que habitan tal sustrato. En la Provincia de Aarhus se ha registrado un incremento marcado de la llamada «fauna pedregosa» en los arroyos en que se han colocado piedras y cascajos. Lo mismo se ha registrado en los lugares en que una práctica modificada de corte de hierbas mantiene al lecho libre de fango y arena.

Durante el período anterior y posterior al restablecimiento de meandros en el arroyo Gelså en 1989, se efectuó un monitoreo de la fauna de macroinvertebrados tanto en el tramo ahora sinuoso como en un tramo aguas arriba todavía canalizado (1). Un año después de las obras, la fauna de macroinvertebrados había empobrecido en comparación con el tramo de referencia (figura 5.6). Este hecho se debe probablemente a las condiciones morfológicas inestables arriba descritas. No obstante, en 1991 tanto la densidad como el número de especies de macroinvertebrados había aumentado considerablemente en el tramo restaurado en comparación con el de referencia.

Cuando se restablecen meandros en los arroyos se logra una mayor variación de la corriente y de la profundidad del agua además de un área ribereña más extensa. Se crean más hábitats para una fauna de macroinvertebrados más variada y abundante. Así, mientras que el número de especies de macroinvertebrados en los tramos citados del arroyo Gelså era casi igual antes del restablecimiento de meandros, se registró un 30% más de

Impacto medioambiental de la rehabilitación de los arroyos



especies en el tramo restablecido después del transcurso de dos años (1).

La población de fauna pedregosa tal como *Heptagenia sulphurea* también se incrementó considerablemente en el tramo restaurado del arroyo Gelsá, comparado con el tramo más inestable y arenoso de referencia (8). Además, se registró también en el arroyo de Brede un incremento marcado del número de macroinvertebrados que habitan el lecho estable un año después de haberse terminado las obras de restablecimiento de meandros en un tramo de dicho arroyo.

El incremento de macroinvertebrados en los arroyos de Gelsá y Brede después de haberse restablecido su curso sinuoso se debe en parte también a los cambios consecuentes en la composición de la vegetación. Especies tales como la platanaria (*Sparganium emersum*), que crece bien sobre un lecho blando con una corriente lenta, está sustituyéndose por la álsine (*Callitriche sp.*) y el ranúnculo acuático (*Batrachium sp.*), que brindan buenos hábitats para muchos macroinvertebrados distintos, en tanto que las hojas filamentosas de la platanaria son hábitats adecuados casi sólo para los mosquitos del ganado.

Efecto sobre la comunidad de plantas

Después de restablecerse meandros en un arroyo, la nueva vegetación del arroyo

Figura 5.7. La biomasa de plantas acuáticas en el arroyo Gelsá en el tramo de referencia y en dos tramos ahora sinuosos, respectivamente (1).

tarda cierto tiempo en alcanzar la misma cobertura que se registraba antes de la realización del proyecto. En el arroyo Gelsá, las plantas acuáticas tardaron dos años en alcanzar el mismo nivel que el del tramo de referencia (figura 5.7). En el arroyo de Idom, llevó más de tres años llegar a la misma cobertura que la de los tramos no restaurados.

El monitoreo del arroyo Gelsá después del restablecimiento de meandros en 1989 también reveló que después de dos años se había desarrollado una comunidad de plantas más diversificada en el tramo, que comprendía 30 especies en comparación con las 22 especies registradas en el tramo de referencia canalizado aguas arriba (1). El incremento de la diversidad de especies consiste especialmente en especies de la vegetación terrestre y de especies conocidas por ser frecuentes en los bancos de semillas y que germinan con facilidad en las orillas temporalmente libres de vegetación, p.ej. *Juncus articulatus*, *J. bufonius*, *Rumex obtusifolius*, *Ranunculus sceleratus* y *Carex pseudocyperus*.

En comparación con las condiciones del arroyo antes de su rehabilitación y con las del tramo de referencia, la comunidad de plantas en las áreas ribereñas cambió de una comunidad dominada por plantas herbáceas por una dominada por hierbas, que se benefician de las nuevas áreas ribereñas inundadas durante el invierno y

de la corriente más lenta en las zonas recién creadas cerca de las orillas. Debido a los nuevos meandros del arroyo Gelsá con una gran variación en las condiciones de la corriente, hay hábitats ahora tanto para las especies que prefieren corrientes de agua como para las palustres y que normalmente crecen en zonas más secas.

Tipo 2: Restauración del libre paso entre tramos de arroyos

Paso para peces migratorios

Los estudios realizados por la Provincia de Vejle de la población de peces en rellenos y desvíos de establecimiento reciente muestran que los peces pueden pasar rellenos abruptos con un declive de hasta el 20 – 30%, siempre que puedan encontrar refugio contra la corriente

Tabla 5.2. El número de peces que pasaron por el relleno de desvío del arroyo Storå en Holstebro sobre un período de 90 días en el segundo semestre de 1991 (9).

Especies	No.
Acerina	63
Anguila	63
Bremo común	536
Cachuelo	146
Gobio	8
Lamprea de río	3
Lamprea marina	5
Lavareto	4695
Lucio	41
Pardilla	436
Perca	108
Platija	28
Salmón	8
Tenca	2
Tímalo	21
Trucha arcoiris	2
Trucha común	4
Trucha de mar	3
Total	6172

detrás de piedras, etc. (7). Además, no son solamente los nadadores hábiles, tales como las truchas, que logran pasar, sino también los menos hábiles como p.ej. la pardilla. No obstante, para mayor seguridad, los rellenos deben tener un declive máximo del 10%. Así se logra establecer las mejores condiciones posibles para el paso y el relleno relativamente llano ofrece mejores hábitats y posibilidades de desove. Un estudio del relleno de desvío del arroyo Storå en Holstebro, que tiene un declive medio del 10%, muestra que muchos otros peces aparte de las truchas pueden pasar un relleno correctamente construido (9) (cuadro 5.2).

Por otro lado, los estudios muestran que suelen ser los nadadores más hábiles, tales como el salmón y la trucha, que pueden pasar por las escalas pesqueras, en tanto que a los menos hábiles como p.ej. la salmónida lavareto, les resulta difícil subirlas. El efecto selectivo de las escalas pesqueras respecto a las diferentes especies es uno de los motivos por los que en Dinamarca se prefiere establecer rellenos y desvíos en vez de escalas pesqueras. Otra razón es que las escalas pesqueras requieren bastante supervisión y

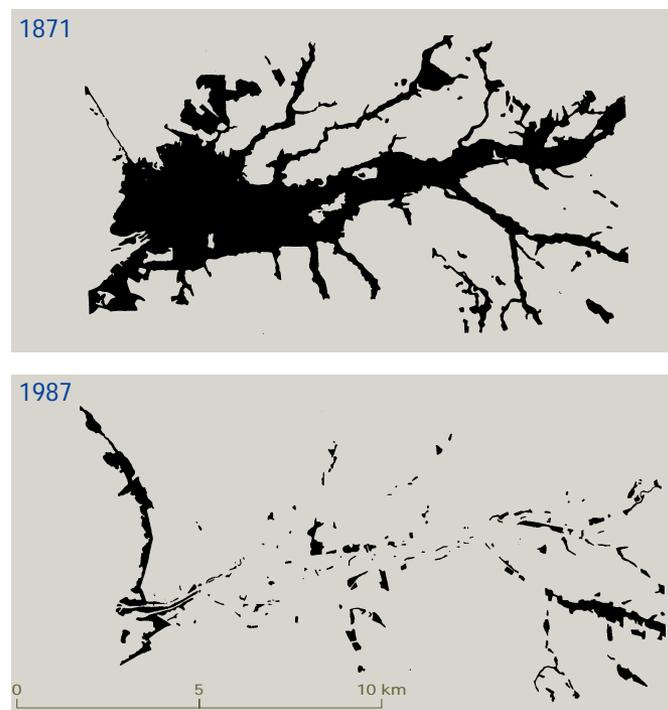
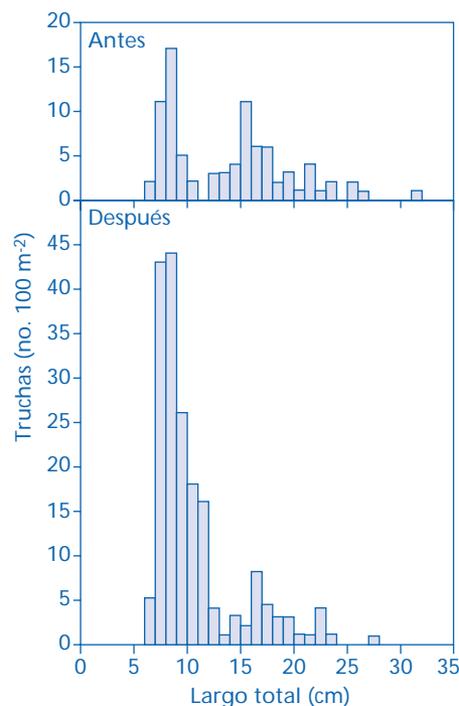


Figura 5.9. Vegas y zonas pantanosas en la parte inferior de la cuenca de Skjern en 1871 y 1987, respectivamente. En conexión con el drenado en la década de los 1960 aprox. 4.000 hectáreas de vegas y zonas pantanosas se convirtieron en tierra agrícola.

mantenimiento, dado que se atascan fácilmente con ramas, etc. Por otro lado, puede resultar necesario establecer escalas pesqueras cuando no hay espacio suficiente para establecer rellenos o tramos de desvío.

Las tuberías constituyen a menudo una obstrucción para los peces migratorios. No obstante, en la Provincia de Vejle se ha registrado un ejemplo de que las truchas pueden pasar una tubería, siempre que la corriente no sea demasiado rápida (10). El estudio se realizó en el arroyo de Truds, donde discurre por una tubería de una longitud de 68 metros debajo de una autopista. El declive de la tubería era tan grande y la corriente tan fuerte que las truchas de mar que subían por el arroyo para desovar no pudieron superar la boca de la tubería. No pudieron atravesar la tubería, por lo cual tuvieron que desovar aguas abajo de la tubería. El resultado fue que los bancos de desove estaban tan

repletos de huevos que solamente sobrevivió un pequeño porcentaje. El tramo inferior a la tubería no tenía capacidad suficiente para todas las truchas que se acercaban para desovar. La Provincia resolvió el problema estableciendo una represa dentro de la tubería por la cual podían pasar las truchas. La represa modificó las condiciones de corriente de manera que las truchas podían pasar la tubería. En la temporada de desove siguiente, los bancos de desove aguas arriba de la tubería también fueron utilizados, evitando así que se llenaran demasiado los de aguas abajo. El resultado fue que sobrevivieron una cantidad considerablemente mayor de huevos de alevines, habiéndose mejorado la capacidad del arroyo (figura 5.8).

Tipo 3: Rehabilitación de las vegas

El objetivo de la anterior canalización de los arroyos era bajar la superficie del agua en las zonas ribereñas para poder cultivarlas. Aparte de que Dinamarca ha perdido gran parte de sus zonas húmedas (figure 5.9), la canalización también ha tenido un efecto negativo sobre la calidad del agua y su contenido de nitrógeno e hierro. Hoy en día sabemos que las áreas ribereñas poseen un potencial natural de eliminación de nitrógeno mediante un proceso de desnitrificación (11). Esta capacidad de eliminación se pierde o se reduce cuando las vegas dejan de inundarse y el nitrógeno es transportado por la corriente del arroyo directamente a los lagos y al mar. Además, aumenta el lavado de ocre en aquellos casos en que al bajar la superficie del agua se exponen capas de tierra ferruginosas al aire.

Como consecuencia de la superficie más baja de las aguas subterráneas en las áreas ribereñas lograda por una canalización y profundización del arroyo, el material orgánico depositado en forma de turba entra en contacto con el oxígeno y empieza a descomponerse entre la turba. Con el tiempo se ha producido un asentamiento del suelo en muchas áreas ribereñas con fondo de turba. En casos extremos se ha registrado un descenso de

Impacto medioambiental de la rehabilitación de los arroyos

1 a 2 metros sobre un período relativamente corto de 20 a 30 años. En el proceso de descomposición de la turba se liberan grandes cantidades de nitrógeno y fósforo. En áreas con depósitos de pirita también se liberan grandes cantidades de hierro, que se precipitan en los arroyos en forma de ocre.

Cuando se rehabilitan los arroyos elevando de nuevo la superficie del agua, aumentando así las posibilidades de inundación de las vegas, se restablecen las condiciones originales en mayor o menor grado. Los arroyos recuperan el contacto con sus vegas.

Efectos sobre la conversión y retención de nutrientes y material orgánico

Un mayor contacto hidrológico entre el arroyo y sus vegas significa una mejora de las condiciones biológicas y de la calidad del agua, desempeñando, además, un papel importante para la capacidad del sistema de compensar las entradas de agua y sedimentación, especialmente bajo condiciones extremas de precipitación y desagüe. Un contacto hidrológico mejor con posibilidades de inundación de las áreas ribereñas en períodos de grandes caudales puede incrementar el tiempo de retención del agua, limitando así caudales extremos, lo cual contribuye a reducir el riesgo de inundaciones aguas abajo, donde las tierras suelen ser más bajas. Además, las inundaciones suelen ocasionar considerable retención y depósito de sedimentación en las vegas (cuadro 5.3) (12).

Los proyectos de rehabilitación que comprenden una elevación de la superficie del agua y un aumento de la frecuencia de inundaciones reducen el problema de conversión de nitrógeno debido a la capacidad natural de las áreas ribereñas húmedas de eliminar nitrato-nitrógeno a través de una desnitrificación (11) (cuadro 5.4). Tales proyectos de rehabilitación también elevan la superficie del agua freática en las áreas ribereñas adyacentes, tal como fue el caso del arroyo Gelså en el sur de Jutlandia donde se restablecieron los meandros. Al elevar el lecho y reducir

Tabla 5.4. Conversión de nitrato-nitrógeno en vegas húmedas saturadas de agua y pantanos a lo largo de arroyos daneses seleccionados (11).

Período	No. de días	Sedimentación acumulada (kg m ⁻²)	Fósforo acumulado (g P m ⁻²)
24 de nov. – 20 de dic. 1992	8	0,26	1,18
11 de enero – 20 de enero 1993	9	1,21	3,78
21 de enero – 9 de feb. 1993	19	3,02	6,54

Tabla 5.3. Acumulación media de sedimentación y fósforo total en un área de vega temporalmente inundada de una superficie de aprox. 5 mil m² en la parte inferior del arroyo de Gjern, en tres casos de inundaciones en el invierno de 1992-93 (12).

el perfil transversal se incrementó la profundidad del agua en el arroyo y la superficie del agua en las áreas ribereñas adyacentes, restableciéndose así las condiciones desoxigenadas necesarias para la desnitrificación en la capa de turba. Se esperaba con ello reducir gradualmente la descarga de nitrato del arroyo. No obstante, durante el trabajo de excavación en el verano de 1989 la descarga de nitrato en el tramo rehabilitado excedió la de los tramos canalizados aguas arriba. Sin embargo, las mediciones hechas los dos veranos siguientes dieron un resultado opuesto, ya que las descargas anuales de nitrógeno habían bajado con aprox. 80 kg de nitrato-nitrógeno por hectárea de área húmeda en la cuenca. Se había logrado así la reducción esperada de las descargas de nitrato del tramo restaurado con meandros.

Los proyectos de rehabilitación que han resultado en inundaciones más frecuentes de las áreas ribereñas también tienen otros efectos positivos. Así pueden sedimentarse grandes cantidades de fósforo en las áreas ribereñas junto con material de partículas finas durante los períodos de inundación.

Esto se ha registrado en las vegas de Gjern, donde se sedimentaron hasta 50 kilos de fósforo en 0,5 hectáreas de vegas inundadas durante un período invernal con 6 a 7 inundaciones.

En conexión con el restablecimiento de meandros en el arroyo de Rind, la Provincia de Ringkjøbing mostró que se puede lograr una eliminación eficaz del ocre dejando desbordar la corriente a las vegas en el período invernal (ver el capítulo 3.6). El arroyo ha sido dimensionado de manera tal, que las vegas adyacentes se inundan cuando alcanza su caudal de invierno. Coincide, además, con el momento de máxima descarga de ocre de las tierras adyacentes. En las vegas se han establecido una serie de estanques de aguas someras con lecho de hierbas. El hierro disuelto en partículas se precipita en los estanques, de modo que el agua sale de las vegas considerablemente más pura que cuando entró.

No obstante, también se presentan riesgos en conexión con los proyectos que convierten áreas ribereñas antes cultivadas en zonas húmedas. Especialmente cuando las cantidades de nitrato-nitrógeno que

Tipo de vega y área húmeda:	Transformación de nitrato-N (kg nitrato N/Ha/año)
Arroyo de Stevns (vega húmeda)	57
Riachuelo de Rabis (vega húmeda)	98
Riachuelo de Voldby (vega)	140
Riachuelo de Voldby (pantano)	875
Arroyo de Søbyvad (vega húmeda)	590
Arroyo de Gjern (vega húmeda)	42

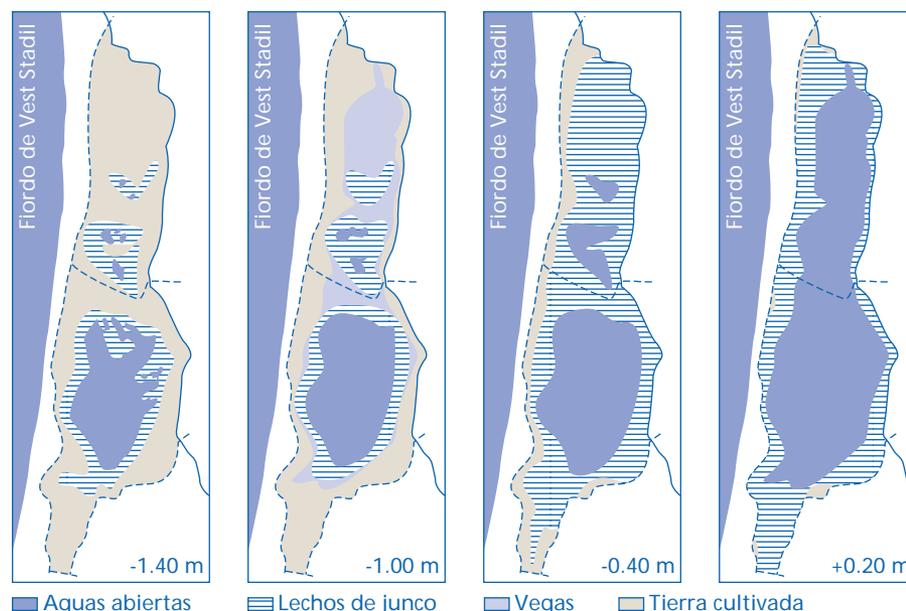
deben desnitrificarse en las áreas ribereñas exceden la producción natural de material orgánico existe el riesgo de que el fósforo e hierro disueltos se desprendan de la tierra antes bajo cultivo en el momento de restablecerse las condiciones desoxigenadas.

Efecto sobre la flora de las vegas

Se puede constatar un nivel más alto de las aguas subterráneas estudiando por ejemplo la comunidad de plantas dentro de las vegas. Cuando se trazaron mapas de las vegas de Gelså se registraron antes de la restauración de meandros en 1989 ocho áreas con *Glyceria máxima*, que es una de las especies de plantas que indican la penetración de aguas subterráneas a la superficie. En 1992 se registró la presencia de *Glyceria máxima* en 10 áreas y en cantidades mayores que en 1989. Esta presencia más masiva parece señalar así una elevación general de la superficie del agua freática en las vegas.

Ya antes de fijar el curso nuevo del arroyo en los proyectos de restablecimiento de meandros, es necesario decidir si hay que seguir exactamente el curso anterior del arroyo. Durante el tiempo en que el arroyo ha estado canalizado pueden haberse formado hábitats nuevos de gran valor, que pueden constituir futuras áreas de diseminación. En consecuencia, es necesario evaluar las posibilidades de preservarlos o restablecerlos en las vegas una vez concluido el trabajo de excavación. Sin embargo, no siempre puede evitarse la eliminación de hábitats importantes. Cuando se restableció la sinuosidad del arroyo Gelså, el nuevo curso siguió muchos de los meandros anteriores. La mayoría de estos tenían una población de especies de plantas mayor al promedio general de las vegas, especialmente en cuanto a especies de zonas húmedas (1). No obstante, a pesar de la eliminación de varias comunidades de zonas húmedas ya dos años después de haberse restablecido los meandros se había establecido por sí sola una vegetación más característica de zonas húmedas en las vegas.

Figura 5.10. Distribución de tipos de ecosistemas en el Fiordo de Vest Stadil en cuatro diferentes niveles de agua en relación al nivel del mar: Inalterado -1,4 m, -1,0 m, -0,4 m y +0,2 m (correspondiente al nivel del Fiordo de Stadil) (14).



Efectos sobre la fauna de las vegas

Cuando una vega seca se convierte en zona húmeda, cambian las condiciones para la fauna. Las especies dominantes dependerán del tipo de desarrollo. Se puede ilustrar con un ejemplo del Fiordo de Vest Stadil (14), un área húmeda baja parcialmente cultivada adyacente al Fiordo de Stadil. Aunque no se trata de un arroyo, el ejemplo ilustra las posibilidades generales para cambiar las condiciones de hábitats para la fauna.

El impacto esperado sobre el ecosistema de esta zona húmeda drenada con cuatro niveles diferentes de agua se refleja en la figura 5.10. En la primera alternativa, el nivel permanece inalterado en relación al nivel actual de drenaje, situándose aprox. a 1,5 metros por debajo del nivel del mar. Esto ofrece excelentes condiciones para la agricultura y para los miles de gansos migratorios que descansan aquí cada primavera y otoño. En la segunda alternativa con un nivel más alto, muchos de los campos están demasiado húmedos y no pueden cultivarse. Los gansos siguen con buenas condiciones, que son aún mejores para los patos y las aves zancudas. En la tercera alternativa el agua tiene una superficie aun más alta, los juncos se extienden, desapareciendo casi

por completo las áreas agrícolas y las vegas. Las zancudas y los gansos pierden el acceso a alimentos, pero por otro lado, surgen buenos hábitats para el avetoro y otros pájaros que viven entre los juncos. Las tres alternativas requieren que se continúe extrayendo agua del área por bombeo. En la última alternativa, donde se ha dejado de extraer el agua, la superficie del agua se encuentra 0,2 metros sobre el nivel del mar, formándose un lago rodeado de juncos. La función más importante del área es servir de descanso a los pájaros en la superficie abierta del agua.

La necesidad de estudios del impacto

En la mayor parte de los proyectos de rehabilitación resulta necesario realizar un cierto mínimo de monitoreo a guisa de documentación ante el público en general y para beneficiar la planificación de proyectos futuros. Tal programa básico tiene normalmente como fundamento el monitoreo general del medio ambiente existente, tal vez con mediciones suplementarias adicionales. Los estudios de los macroinvertebrados y/o la fauna de peces bastan en la mayoría de los casos para recabar la documentación necesaria.

Los ejemplos de estudios de impacto publicados en el presente libro son, desde

Efectos de proyecto de rehabilitación	Efectos físicos	Efectos químicos	Peces	Macroinvertebrados/insectos	Plantas	Aves	Otros animales	Usos recreativos
Tipo 1: Rehabilitación de tramos de arroyos	+	++	+	+	+	0	0	++
Tipo 2: Restauración de continuidad entre tramos de arroyos	0	0	+	+	0	0	+	++
Tipo 3: Rehabilitación de cuencas	++	+++	-	+++	++	++	+++	+++

0: Efecto no probable
 +: Existe conocimiento o está en camino, pero el elemento debe ser incluido en estudios básicos del impacto.
 ++: Sólo existe conocimiento parcial y el elemento debe ser incluido en estudios nuevos del impacto.
 +++: No existe conocimiento y el elemento debe ser incluido en proyectos seleccionados.

varios puntos de vista, insuficientes para determinar el valor que tienen los proyectos de rehabilitación realizados en Dinamarca para la Naturaleza y el medio ambiente. Por otro lado, también existen numerosos resultados que indican claramente que los proyectos de rehabilitación que se están poniendo en práctica actualmente cumplen las expectativas cifradas.

Nuestros conocimientos respecto al impacto de los proyectos del **tipo 1**, es decir, los elaborados para la rehabilitación de tramos de arroyos a través de establecimiento de meandros, la construcción de un perfil transversal doble, la reapertura de arroyos entubados, el establecimiento de bancos de desove para salmónidas, etc. resultan en ciertos aspectos insuficientes. En tanto que no cabe duda de que sabemos ahora cómo proceder para crear buenos bancos de desove que si bien atraen a las truchas, terminan muchas veces tapados de arena u otro material fino debido a una entrada excesiva de sedimentación procedente de las áreas adyacentes de los arroyos. En consecuencia, el establecimiento de bancos de desove debería complementarse con estudios del grado de sobrevivencia de los huevos, alevines y truchas adultas.

En cuanto a modificaciones más ambiciosas del curso o perfil del arroyo, se

Tabla 5.5. Areas y temas sobre los cuales faltan conocimientos en cuanto a los efectos de los distintos tipos de proyectos de rehabilitación en Dinamarca.

han acumulado en Dinamarca conocimientos considerables a través de estudios integrados de las condiciones físicas, químicas y biológicas en proyectos seleccionados. Sabemos así que proyectos de esta índole crean una mayor diversidad física y por ende biológica. No obstante, nuestros conocimientos siguen siendo insuficientes, porque dichos estudios han sido normalmente llevados a cabo sólo durante un breve período inmediatamente después de la conclusión de una rehabilitación. En consecuencia, los estudios del impacto suelen tener lugar durante el período en que el arroyo continúa siendo colonizado por la flora y la fauna y cuando siguen ocurriendo ajustes físicos tendientes a un equilibrio dinámico. Lo ideal sería, por tanto, volver a realizar estudios una vez transcurridos un par de años.

Los resultados de estudios efectuados en el arroyo de Idom indican que puede establecerse una población óptima de truchas dentro de un período de tres años después del restablecimiento de meandros en un tramo del arroyo (ver capítulo 3.5). Respecto a los macroinvertebrados se han registrado otros ejemplos del establecimiento muy rápido de una fauna adecuada a las condiciones de hábitats existentes. Si, p.ej. se colocan piedras, se

macroinvertebrados que prefieren un substrato pedregoso. No obstante, es requisito que exista una población en la cercanía del lugar y para mayor rapidez cuando hay macroinvertebrados aguas arriba o abajo, aunque los insectos pueden también proceder de otros arroyos.

El tipo de proyectos de rehabilitación sobre los cuales poseemos más información son los de **tipo 2**, que tienen por objetivo restablecer el libre paso entre los tramos de los arroyos. Un ejemplo son los pasos nuevos de peces, construidos en forma de rellenos o desvíos. En estos casos, los estudios del impacto revelan que los peces pueden pasarlos. Sin embargo, aunque los peces y macroinvertebrados pueden pasar las obstrucciones anteriores, el objetivo biológico de eliminar la obstrucción no se cumple si las condiciones de hábitats aguas arriba no son favorables, o si no hay un libre paso entre los diferentes tramos superiores del arroyo.

Los proyectos de rehabilitación sobre los que menos sabemos son los del **tipo 3**, cuyo objetivo es rehabilitar las áreas ribereñas (las cuencas). Al mismo tiempo, suelen ser los proyectos cuyo impacto es más difícil y costoso determinar. Además, pueden tardar muchos años en surtir pleno efecto. Se han implementado algunos estudios del impacto en Dinamarca de la rehabilitación de áreas ribereñas. Por

ejemplo, el restablecimiento de meandros en el arroyo de Brede en el sur de Jutlandia y en el tramo superior del río Gudenå (15). Los resultados de estos estudios no estarán disponibles hasta dentro de algunos años.

En el futuro va a haber una necesidad especial de recabar experiencias de proyectos de rehabilitación adecuados que puedan suplir los conocimientos ya existentes – no solamente en Dinamarca sino también en el resto de Europa, tanto respecto a métodos como a las condiciones geográficas.

En cuanto a los proyectos daneses para la rehabilitación de áreas ribereñas, en la mayoría de los casos faltan experiencias respecto a los efectos tanto hidrológicos como sobre la conversión, retención y posibles descargas de nutrientes, hierro, sulfato, etc. Además, faltan estudios relativos al impacto sobre animales y plantas y sobre el valor útil de los proyectos. En los años venideros es, en consecuencia, necesario establecer más proyectos de demostración de gran envergadura que comprendan un monitoreo integrado.

Al planificar los estudios del impacto hay que distinguir entre áreas en que los conocimientos actuales son insuficientes y áreas en que se estima disponer de la información suficiente para poder evaluar el valor y los posibles riesgos de un proyecto de rehabilitación. En las áreas en que no hay conocimientos suficientes deben realizarse estudios detallados de los temas relacionados con algunos proyectos especialmente seleccionados en forma simultánea con el monitoreo general. En los casos en que se disponen de conocimientos suficientes, puede implementarse un programa básico de monitoreo como parte natural de la supervisión del arroyo. En el cuadro 5.5 hemos intentado resumir las áreas y temas sobre los cuales no existen en este momento conocimientos suficientes en Dinamarca sobre el impacto de los diferentes tipos de proyectos de rehabilitación.

Bibliografía – Capítulo 5

- 1 *Kronvang, B., Græsbøll, P., Svendsen, L.M., Friberg, N., Hald, B., Kjellson, G., Nielsen, M.B., Petersen, B.D. & Ottosen, O. (1994):* Restauración del arroyo Gelså en Bevtoft – Impacto medioambiental sobre el arroyo y las áreas ribereñas (en danés) – Informe técnico No. 110, Instituto Nacional de Investigación del Medio Ambiente. 87 pp.
- 2 *Græsbøll, P., Aub-Robinson, C. & Kronvang, B. (1988):* Establecimiento de bancos de desove en arroyos (en danés). – Informe técnico No. 22, Laboratorio de Aguas Dulces, Dirección General del Medio Ambiente de Dinamarca. 75 pp.
- 3 *Larsen, K.H. & Henriksen, P.W. (1992):* El transporte de arena suspendida destruye los huevos de las truchas (en danés). – *Vand & Miljø* **6**: 188-192.
- 4 *Sivebæk, F. & Bangsgaard, L. (1995):* Sedimentación en bancos de desove de truchas (en danés). – *Vand & Jord* **6**: 258-261.
- 5 *Bangsgaard, L. & Sivebæk, F. (1996):* ¿Cuáles son los hábitats preferidos de los alevines? (en danés) – *Vand & Jord* **1**.
- 6 *Ejbye-Ernst, M. (1993):* Poblaciones de peces en arroyos (en danés). – Provincia de Ribe, Departamento Técnico y Medioambiental. 39 pp.
- 7 *Bangsgaard, L. (1993):* Densidad de peces en 14 rellenos y desvíos en la Provincia de Vejle (en danés). – El Consejo Provincial de Vejle. 41 pp.
- 8 *Friberg, N., Kronvang, B., Svendsen, L.M., Hansen, H.O. & Nielsen, M.B. (1994):* Restauración de un tramo canalizado del arroyo Gelså, Dinamarca: efectos sobre la comunidad de macroinvertebrados (en inglés). *Conservación acuática: Ecosistemas marinos y de agua dulce* **4**: 289-296.
- 9 *Jørgensen, J. (1993):* Paso de peces en la central hidroeléctrica de Holstebro (en danés). – *Vand & Miljø* **1**: 13- 17.
- 10 *Kristiansen, H.R. (1994):* Libre paso de las truchas en el arroyo de Truds (en danés). – *Vand & Jord* **2**: 77-79.
- 11 *Kronvang, B., Hoffmann, C.C., Iversen, T.M., Jensen, J.J., Larsen, S.E., Platou, S.W. & Skop, E. (1994):* Descargas de nitrógeno en el Fiordo Limfjorden (en danés). – Tema-rapport No. 1, Instituto Nacional de Investigación del Medio Ambiente, Dinamarca, 16 pp.
- 12 *Aub-Robinson, C., Falkum, Ø., Hansen, C.D., Svendsen, L.M. & Kronvang, B. (1996):* Retención de material de partículas y nutrientes asociados en macrofitos acuáticos en áreas ribereñas inundadas (en inglés). – En: *Kronvang, B., Sibbesen, E. & Svendsen, L.M. (eds.):* Erosión y descarga, transporte y destino de sedimentación y nutrientes asociados a sedimentación en cuencas. – Prácticas de un taller, 9-12 Octubre 1995, Silkeborg, Dinamarca. Instituto Nacional de Investigación del Medio Ambiente de Dinamarca.
- 13 *Madsen, B.L. (1995):* Los Arroyos – 10 años con la nueva Ley de Arroyos: Ejemplos coleccionados sobre el mantenimiento y la restauración (en danés/inglés/español). – *Miljønyt* No. 11, Dirección General del Medio Ambiente de Dinamarca. 206 pp.
- 14 *Degn, H.J. (1990):* Nosotros mismos escogemos la Naturaleza que queremos tener (en danés). – *Vand & Miljø* **4**: 134-136.
- 15 *Hansen, H.O. (en imprenta):* Establecimiento de meandros en un arroyo principal de Dinamarca: El proyecto demostrativo del río Gudenå (en inglés). – *Internat. Verein. Limnol.*

Anexo A

Propuestas para un cuestionario

Al rellenar el cuestionario siempre hay que tener presente el objetivo principal del proyecto de rehabilitación. Hay que operar con cuatro niveles:

- El primer nivel describe el **tipo** de proyecto. Sólo debe seleccionarse uno de los tres tipos. Cada tipo tiene su cuestionario (Formularios A.1, A.2 y A.3 son ejemplos de como rellenar el cuestionario).
- El segundo nivel describe el **método principal**. Sólo debe seleccionarse un método para cada tipo de proyecto.
- El tercer nivel describe los **métodos secundarios**. Pueden seleccionarse varios métodos secundarios y no hay que darles prioridades. Nótese, que en algunos casos no hay métodos secundarios sino tan sólo un método principal.
- El cuarto nivel describe los **elementos** utilizados en el proyecto de rehabilitación. Pueden seleccionarse varios elementos y no hay que darles prioridades. Nótese, que en algunos casos hay elementos, pero ningún método secundario.

En el caso de proyectos de rehabilitación del tipo 2 – **Restauración de continuidad entre tramos de arroyos** – el proyecto tiene como objetivo crear el libre paso a como mínimo, un tramo de 1 kilómetro aguas arriba de la restauración para que pueda considerarse un proyecto. Si hay, p.ej., cinco obstrucciones en un tramo de 1 kilómetro, la eliminación de tan sólo una de ellas no se considera como un proyecto de rehabilitación que deba incluirse en las estadísticas ni lo será hasta que se hayan eliminado en su totalidad las cinco obstrucciones, y en tal caso es considerado un solo proyecto. En el ejemplo arriba indicado, el proyecto no se considera terminado hasta haberse eliminado todas las obstrucciones, tampoco aunque se produzca un retraso de varios años entre las eliminaciones. Tampoco el sacar el arroyo de una tubería se considera un proyecto hasta que haya creado un libre paso por un tramo mínimo de un kilómetro aguas arriba de dicha tubería.

A continuación damos tres ejemplos de cómo rellenar los cuestionarios. Nótese que no hemos completado el diseño definitivo ni del cuestionario ni de la base de datos.

Ejemplo del tipo 1 (Formulario A.1): Un tramo de un arroyo que discurre por un bosque está entubado. Antes de ser entubado, el tramo contaba con la presencia de tres especies poco usuales de tricópteros. Se desea restablecer hábitats para estas tres especies sacando el tramo de la tubería. Al mismo tiempo hay que restablecer meandros en el tramo siguiendo su curso original. Además, hay que talar los abetos que fueron plantados a lo largo del arroyo después de haberse instalado la tubería y sustituirlos por la vegetación natural de olmos.

El proyecto de rehabilitación corresponde al tipo 1 – **rehabilitación de tramos de arroyos** – dado que el objetivo principal es crear hábitats a nivel local dentro del arroyo. A pesar del hecho de que el sacar la tubería también crea un libre paso entre los tramos aguas arriba y abajo, respectivamente, esto no es el objetivo principal, por lo cual no puede clasificarse como un proyecto de rehabilitación del tipo 2.

Dado que el objetivo principal es sacar la tubería, el método principal es, por consiguiente, el 52 – **reapertura de tramos entubados para crear mejores hábitats**. A pesar de que el restablecimiento de meandros forma parte del proyecto, no se haría sin eliminar la tubería por lo cual 51 – **restablecimiento de meandros** – constituye un método secundario.

Además, el proyecto comprende el elemento 83 – **eliminación de árboles y arbustos dentro de una faja de 2 metros libre de cultivo** – y el elemento 82 – **plantación de árboles y arbustos dentro de una faja de 2 metros libre de cultivo**.

Por lo tanto el proyecto de rehabilitación se registra en la base de datos como 1/52/51/82-83, o de la manera siguiente:

Tipo de proyecto	Método principal	Métodos secundarios	Elementos
1	52	51	82 83

Ejemplo del tipo 2 (Formulario A.2): Un tramo de un arroyo está entubado. Se desea abrir el tramo para permitir que la trucha pueda subir hasta los bancos de desove aguas arriba. Se restablecen meandros en el tramo con un perfil transversal doble. Se colocan cascajos y se plantan árboles a lo largo de las orillas.

Dado que el objetivo principal es restablecer el libre paso, el proyecto corresponde al tipo 2 – **restauración de continuidad entre tramos de arroyos**.

El método principal es el 30 – **apertura de tramo entubado para crear libre paso** –, mientras que los métodos secundarios son 51 – **restablecimiento de meandros en un tramo** – y 53 – **creación de perfil transversal doble**. Los elementos utilizados en el proyecto son 76 – **colocación de piedras** – 77 – **colocación de cascajos** – y 82 – **plantación de árboles y arbustos dentro de una faja de dos metros libre de cultivo**.

En la base de datos el proyecto de rehabilitación se registra como: 2/30/51-53/76-77-82, o de la forma siguiente:

Tipo de proyecto	Método principal	Métodos secundarios	Elementos
2	30	51 53	76 77 82

El ejemplo del tipo 3 (Formulario A.3): Se quiere asegurar que el arroyo pueda inundar las vegas adyacentes con la esperanza de poder reducir el contenido de nitrógeno del agua. Esto se logra haciendo más estrecho el arroyo y suspendiendo el drenaje de las vegas. Además, hay que abrir un tramo entubado y sustituir una presa de 2 metros de alto por un relleno de piedras. Finalmente, hay que establecer un lago en la vega y guiar el agua del arroyo para que atraviese un estanque de sedimentación de ocre.

El objetivo principal de este ejemplo es establecer posibilidades de que el arroyo inunde las vegas, por lo cual el proyecto abarca toda la cuenca. En consecuencia se trata de un proyecto de rehabilitación del tipo 3 – **rehabilitación de cuencas**. El hecho de que se crea un libre paso entre dos tramos del arroyo al sacar la tubería es un efecto secundario del proyecto de rehabilitación.

El método principal es el 6 – **elevación de la superficie del agua y mayor frecuencia de inundación, estrechando el arroyo** –, en tanto que los métodos secundarios son 3 – **elevación de la superficie del agua y mayor frecuencia de inundación, suspendiendo el drenaje en las vegas** –, 8 – **establecimiento de lagos/estanques/zonas húmedas, etc. en las vegas** –, 26 – **obstrucción sustituida por relleno** –, 30 – **apertura de tramo entubado para crear libre paso** – y 56 – **establecimiento de estanque de sedimentación de ocre en conexión con el arroyo**. Dado que el relleno se ha hecho con piedras, el proyecto también comprende el elemento 76 – **colocación de piedras**.

En la base de datos el proyecto de rehabilitación se registra como 3/6/3-8-26-30-56/76, o de la forma siguiente:

Tipo de proyecto	Método principal	Métodos secundarios	Elementos
3	6	3 8 26 30 56	76

Formulario A-1. Ejemplo de proyecto de rehabilitación del tipo 1 (ver "Propuestas para un cuestionario" arriba indicadas).

Tipo 1: Rehabilitación de tramos de arroyos

Arroyo: Riachuelo de Vridsted
 Lugar (ciudad/distrito): Vridsted
 Cuenca: Arroyo de Karup
 Provincia/Municipio (clave): 07/105
 Coordenadas: 56° 27' N 9° 02' E
 Rehabilitación terminada (año): 1995
 Costes totales (exclusive IVA): DKK 350.000
 Longitud del tramo rehabilitado (m): 750
 Superficie de desagüe aguas arriba (km²): 21
 Caudal en el tramo rehabilitado (l/seg): Medio: 10
 Max: 16
 Mín: 5

Método principal **Métodos secundarios** **Elementos**
 Una cruz Varias cruces Varias cruces

X

- 51 Restablecimiento de meandros en el tramo
- 52 Apertura de tramo entubado para crear mejores hábitats
- 53 Creación de perfil transversal doble
- 54 Señalado como arroyo natural libre de mantenimiento
- 55 Establecimiento/restablecimiento de lagos en conexión con el arroyo
- 56 Establecimiento de estanque de sedimentación de ocre en conexión con el arroyo
- 57 Medidas singulares
- 58

X

- 51 Restablecimiento de meandros en el tramo
- 52 Apertura de tramo entubado para crear mejores hábitats
- 53 Creación de perfil transversal doble
- 54 Señalado como arroyo natural libre de mantenimiento
- 55 Establecimiento/restablecimiento de lagos en conexión con el arroyo
- 56 Establecimiento de estanque de sedimentación de ocre en conexión con el arroyo
- 57 ---
- 58

X
X

- 76 Colocación de piedras
- 77 Colocación de cascajos
- 78 Establecimiento de refugios artificiales para los peces
- 79 Colocación de otros objetos sólidos
- 80 Establecimiento de concentradores de corriente
- 81 Construcción de recolector de arena
- 82 Plantación de árboles y arbustos dentro de una faja de dos metros libre de cultivo
- 83 Talado de árboles y arbustos dentro de una faja de dos metros libre de cultivo
- 84 Establecimiento de lecho y/o banco artificial (fajinas, hormigón, baldosas, etc.)
- 85 Eliminación de lecho y/o banco artificial (fajinas, hormigón, baldosas, etc.)
- 86

Formulario A-2. Ejemplo de proyecto de rehabilitación del tipo 2 (ver "Propuestas para un cuestionario" arriba indicadas).

Tipo 2: Restauración de continuidad entre tramos de arroyos

Arroyo: Riachuelo Vester Bybæk
 Lugar (ciudad/distrito): Slagelse
 Cuenca: Arroyo de Tude
 Provincia/Municipio (clave): 05/189
 Coordenadas: 55° 24' N 11° 23' E
 Rehabilitación terminada (año): 1995
 Costes totales (exclusive IVA): DKK 350.000
 Longitud del tramo rehabilitado (m): 325
 Superficie de desagüe aguas arriba (km²): 102
 Caudal en el tramo rehabilitado (l/seg): Medio: 35
 Max: 70
 Mín: 19

Método principal **Métodos secundarios** **Elementos**
 Una cruz Varias cruces Varias cruces

X

- 26 Obstrucción sustituida por relleno
- 27 Obstrucción sustituida por meandros
- 28 Establecimiento de desvío en obstrucción preservada
- 29 Establecimiento de relleno en obstrucción preservada
- 30 Apertura de tramo entubado para crear libre paso
- 31 Nivelado de represa (eliminación de pozo, etc.)
- 32 Mayor profundidad del agua y/o refugio contra la corriente en tuberías bajo caminos
- 33 Nivelado de represas en boca de tubería/puente
- 34 Establecimiento de escala pesquera/esclusa pesquera
- 35 ---
- 36 Restauración completa de tramo de arroyo antes periódicamente seco
- 37 Restauración parcial de tramo de arroyo antes periódicamente seco
- 38 Agua conducida por bombeo al arroyo para evitar tramo seco
- 39 ---
- 40 ---
- 41

- 26 Obstrucción sustituida por relleno
- 27 Obstrucción substituida por meandros
- 28 Establecimiento de relleno de desvío en obstrucción preservada
- 29 Establecimiento de relleno en obstrucción preservada
- 30 Apertura de tramo entubado para crear libre paso
- 31 Nivelado de represa (eliminación de pozo, etc.)
- 32 Mayor profundidad del agua y/o refugio contra la corriente en tuberías bajo camino
- 33 Nivelado de represas en boca de tubería/puente
- 34 Establecimiento de escala pesquera/esclusa pesquera
- 35 Eliminación de escala pesquera/esclusa pesquera eliminada
- 36 Restauración completa de tramo de arroyo antes periódicamente seco
- 37 Restauración parcial de tramo de arroyo antes periódicamente seco

Tipo 2 – continuación

Método principal **Métodos secundarios** **Elementos**

Una cruz Varias cruces Varias cruces

X
X

- 38 Agua conducida por bombeo al arroyo para evitar tramo seco
 39 Establecimiento de paso para nutrias
 40 Establecimiento de libre paso para otros vertebrados
 41
 51 Restablecimiento de meandros en tramo
 52 Apertura de tramo entubado para crear mejores hábitats
 53 Creación de perfil transversal doble
 54 Señalado como arroyo natural libre de mantenimiento
 55 Establecimiento/restablecimiento de lagos en conexión con el arroyo
 56 Establecimiento de estanque de sedimentación de ocre en conexión con el arroyo
 57 ---
 58
 59

X
X
X

- 76 Colocación de piedras
 77 Colocación de cascajos
 78 Establecimiento de refugios artificiales para peces
 79 Colocación de otros objetos sólidos
 80 Establecimiento de concentradores de corriente
 81 Construcción de recolector de arena
 82 Plantación de árboles y arbustos dentro de una faja de 2 metros libre de cultivo
 83 Talado de árboles y arbustos dentro de una faja de 2 metros libre de cultivo
 84 Establecimiento de lecho y/o orilla artificial (fajinas, hormigón, baldosas etc.)
 85 Eliminación de lecho y/o orilla artificial (fajinas, hormigón, baldosas, etc.)
 86
 87

Formulario A-3. Ejemplo de proyecto de rehabilitación del tipo 3 (ver "Propuestas para un cuestionario" arriba indicadas).

Tipo 3: Rehabilitación de vegas

Arroyo: Riachuelo Egebæk
 Lugar (ciudad/distrito): Ringe
 Cuenca: Arroyo de Odense
 Provincia/Municipio (clave): 02/094
 Coordenadas: 55° 14' N 10° 30' E
 Rehabilitación terminada (año): 1995
 Costes totales (exclusive IVA): DKK 350.000
 Longitud del tramo rehabilitado (m): 2600
 Superficie de desagüe aguas arriba (km²): 135
 Caudal en el tramo rehabilitado (l/seg): Medio: 75
 Max: 105
 Mín: 50

Método principal **Métodos secundarios** **Elementos**
 Una cruz Varias cruces Varias cruces

X

- 1 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación mediante establecimiento de meandros en el arroyo
- 2 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación mediante elevación del lecho
- 3 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación mediante suspensión de drenaje de las vegas
- 4 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación mediante establecimiento de represa
- 5 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación mediante establecimiento de riego en vegas
- 6 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación estrechando el perfil del arroyo
- 7 ---
- 8 ---
- 9 ---

X
X

- 1 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación estableciendo meandros en el arroyo
- 2 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación elevando el lecho
- 3 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación suspendiendo el drenaje de las vegas
- 4 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación estableciendo una represa
- 5 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación estableciendo equipo de drenaje de las vegas
- 6 Elevación de superficie del agua y mayor frecuencia de inundación estrechando el perfil del arroyo
- 7 Restablecimiento de lagos/charcos/zonas húmedas, etc. en las vegas
- 8 Establecimiento de lagos/charcos/zonas húmedas, etc. en las vegas
- 9 Cuidado de la vegetación de las vegas

Bibliografía

- Ansbaek, J., Jensen, F., Schultz, K.E. & Aagaard, P. (1981):* La importancia social de los arroyos (en danés). – Laboratorio de Aguas Dulces, Dirección General del Medio Ambiente de Dinamarca.
- Aub-Robinson, C., Falkum, Ø., Hansen, C.D., Svendsen, L.M. & Kronvang, B. (1996):* Retención de material de partículas y nutrientes asociados en macrofitos en áreas ribereñas inundadas (en inglés). – En: *Kronvang, B., Sibbesen, E. & Svendsen, L.M. (eds.):* Erosión y descarga, transporte y destino de sedimentación y nutrientes asociados a sedimentación en cuencas. – Prácticas de un taller, 9-12 Octubre 1995, Silkeborg, Dinamarca. Instituto Nacional de Investigación del Medio Ambiente de Dinamarca.
- Bangsgaard, L. (1993):* Densidad de peces en 14 relleno y desvios en la Provincia de Vejle (en danés). – El Consejo Provincial de Vejle. 41 pp.
- Bangsgaard, L. & Sivebæk, F. (1996):* ¿Cuáles son los hábitats preferidos de los alevines? (en danés) – Vand & Jord **1**.
- Brookes, A. (1984):* Recomendaciones respecto a la sinuosidad de los canales de las corrientes danesas (en inglés). – Informe técnico No. 6, Laboratorio de Aguas Dulces, Dirección General del Medio Ambiente de Dinamarca. 130 pp.
- Degn, H.J. (1990):* Nosotros mismos escogemos la Naturaleza que queremos tener (en danés). – Vand & Miljø **4**: 134-136.
- Ejbye-Ernst, M. (1993):* Poblaciones de peces en arroyos (en danés). – Provincia de Ribe, Departamento Técnico y Medioambiental. 39 pp.
- Friberg, N., Græsbøll, P. & Larsen, S.E. (en imprenta):* Causas del estado generalmente pobre de arroyos daneses pequeños (en danés). Proyecto medioambiental, Dirección General del Medio Ambiente de Dinamarca.
- Friberg, N., Kronvang, B., Svendsen, L.M., Hansen, H.O. & Nielsen, M.B. (1994):* Restauración de un tramo canalizado del arroyo Gelså, Dinamarca: efecto sobre la comunidad de macroinvertebrados (en inglés). *Conservación acuática: Ecosistemas marinas y de aguas dulces* **4**: 289-296.
- Græsbøll, P., Aub-Robinson, C. & Kronvang, B. (1988):* Establecimiento de bancos de desove en arroyos (en danés). – Informe técnico No. 22, Laboratorio de Aguas Dulces, Dirección General del Medio Ambiente de Dinamarca. 75 pp.
- Hansen, H.O. (en imprenta):* Establecimiento de meandros en corrientes principales de Dinamarca: El proyecto demostrativo del río Gudenå (en inglés). – Internat. Verein. Limnol.
- Hunt, R.L. (1992):* Evaluación de estructuras de mejoras de hábitats de truchas en tres corrientes de gran declive en Wisconsin (en inglés). Informe técnico no 179. Dep. de recursos naturales, Madison pp 120.
- Jørgensen, J. (1993):* Paso de peces en la central hidroeléctrica de Holstebro (en danés). – Vand & Miljø **1**: 13- 17.
- Kristiansen, H.R. (1994):* Libre paso para las truchas en el arroyo de Truds (en danés). – Vand & Jord **2**: 77-79.
- Kronvang, B., Hoffmann, C.C., Iversen, T.M., Jensen, J.J., Larsen, S.E., Platou, S.W. & Skop, E. (1994):* Descargas de nitrógeno en el Fiordo Limfjorden (en danés). – Tema-rapport No. 1, Instituto Nacional de Investigación del Medio Ambiente, Dinamarca, 16 pp.
- Kronvang, B., Græsbøll, P., Svendsen, L.M., Friberg, N., Hald, B., Kjellson, G., Nielsen, M.B., Petersen, B.D. & Ottosen, O. (1994):* Restauración del arroyo Gelså en Bevtoft – Impacto medioambiental sobre el arroyo y las áreas ribereñas (en danés) – Informe técnico No. 110, Instituto Nacional de Investigación del Medio Ambiente. 87 pp.

- Larsen, K.H. & Henriksen, P.W. (1992):* El transporte de arena suspendida destruye los huevos de las truchas (en danés). – *Vand & Miljø* **6**: 188-192.
- Madsen, B.L. (1995):* Los Arroyos – 10 años con la nueva Ley de Arroyos: Ejemplos coleccionados sobre el mantenimiento y la restauración (en danés/inglés/español). – *Miljønyt* No. 11, Dirección General del Medio Ambiente de Dinamarca. 206 pp.
- Nielsen, J. (1994):* Paso de peces en obstrucciones de arroyos daneses (en inglés). El Consejo Provincial de Vejle, 9 pp.
- Nielsen, J. (1995):* Requisitos para los peces en cuanto a las condiciones físicas de los arroyos. Una selección de los conocimientos existentes (en danés con resumen en inglés). – Proyecto medioambiental no. 293, Dirección General del Medio Ambiente de Dinamarca. 129 pp.
- Osborne, L.L., Bayley, P.B. & Higler, L.W. (eds.) (1993):* Restauración de corrientes de tierras bajas: Teoría y práctica (en inglés). *Biología de aguas dulces (Edición especial)* **2**: 187-342.
- Sivebæk, F. & Bangsgaard, L. (1995):* Sedimentación en bancos de desove de truchas (en danés). – *Vand & Jord* **6**: 258-261.
- Thienemann, A. (1950):* Die Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas (en alemán). – *Die Binnengewässer* Band XVIII, Stuttgart.
- Wiberg-Larsen, P., Petersen, S., Rugaard, T. & Geertz-Hansen, P. (1994):* Un mantenimiento mejor de los arroyos incrementa el número de peces (en danés). *Vand & Jord*, **6**: 263-265.



La restauración de ríos y arroyos está ganando cada vez más interés a nivel europeo, y durante los últimos diez años se han acumulado muchas experiencias y know-how en Dinamarca.

Para poder beneficiarse de dichas experiencias se estableció recientemente el Centro Europeo de Restauración de Ríos (CERR) con sede en el Instituto Nacional de Investigación del Medio Ambiente en la ciudad de Silkeborg, Dinamarca.

Con el tiempo el Centro se desarrollará para comprender también una red de institutos europeos relevantes dedicados a la restauración de ríos.

El presente libro es el primer manual publicado por CERR y su objetivo es ofrecer una visión de las experiencias acumuladas en Dinamarca sobre la gestión y restauración de arroyos y vegas.





Estudios de impacto en conexión con el proyecto de restauración

Se han realizado estudios de las plantas y macroinvertebrados en el tramo en cuestión antes de la restauración (en 1991) y de nuevo seis y dieciocho meses después, respectivamente, (en 1992 y 1993). Además, se realiza electropesca cada año en gran parte del arroyo de Brede en colaboración con la asociación local de pescadores deportivos.

Antes de la restauración, la vegetación de las orillas en el tramo canalizado estaba

El arroyo de Brede cerca de Løgumkloster durante su restauración en octubre de 1992. Los meandros nuevos han sido excavados y el tramo antes canalizado todavía no se ha cegado.

poco desarrollada por ser éstas muy abruptas y por haberse estabilizado las cuestas con fajinas. Después de la restauración, la vegetación de las orillas se ha vuelto más diversificada y mejor desarrollada. La vegetación propia del arroyo se encontraba antes fuertemente dominada por las hojas filamentosas de la platanaria (*Sparganium emersum*), pero después de la restauración hay una frecuencia mayor de especies más favorables al medio ambiente, tales como alsine (*Callitriche platycarpa*) y ranúnculo

acuático de grandes flores (*Batrachium peltatum*).

En comparación con el tramo anterior canalizado, el nuevo contiene una variedad más amplia de especies macroinvertebradas y su densidad generalmente es mayor ahora, porque el lecho del arroyo es menos uniforme que antes.

La electropesca ha revelado que numerosas y grandes truchas de mar suben por el arroyo de Brede, y que la farra también se encuentra ahora muy

adentro del mismo. No obstante, todavía no se ha comprobado que desova dentro del arroyo.

Experiencias cosechadas

El proyecto afectaba a un total de 10 propietarios ribereños privados además del Municipio de Løgumkloster. Todos los propietarios fueron involucrados en el proyecto en un momento temprano, de manera que tuvieron posibilidad de ejercer influencia sobre el mismo. Se les mantenía regularmente informados sobre el desarrollo del proyecto.

En 1994 y 1995 fue restaurado de la misma manera un tramo adicional de una longitud de 6 km del arroyo de Brede aguas arriba del tramo aquí descrito. El proyecto se llevó a cabo bajo el Programa Life de la UE en conexión con proyectos similares en Inglaterra. La Provincia de Sønderjylland en colaboración con el Instituto Nacional de Investigación del Medio Ambiente continúan estudiando de cerca el significado que tiene este proyecto para el arroyo y sus vegas. Se ha planificado seguir la restauración del arroyo de Brede en sus partes tanto superiores como inferiores y también realizar proyectos en algunos de los afluentes para reducir la entrada de ocre. Este proyecto de restablecimiento de meandros es el de mayor envergadura emprendido hasta la fecha en Dinamarca.

Datos relativos al proyecto:

Organo responsable:	La Provincia de Sønderjylland
Contratista:	La Provincia de Sønderjylland
Inicio del proyecto:	Julio de 1991
Término del proyecto:	Diciembre de 1991
Costes totales:	DKK 1.759.000 (exclusive IVA)
Financiación:	La Dirección General del Medio Ambiente, el Municipio de Løgumkloster y la Provincia de Sønderjylland

Datos relativos al arroyo:

Superficie de desagüe:	258 km ²
Desagüe:	
Medio:	2.700 lt./seg.
Máximo:	16.000 lt./seg.
Mínimo:	1.000 lt./seg.
Objetivos de calidad:	B2 (aguas salmónidas)
Grado de contaminación:	II (1990-91)

Datos relativos a la restauración:

Coordenadas:	55°04'N 8°58'E
Longitud:	2.680 → 3.130 m
Ancho (lecho):	6 m
Declive:	0,3‰
Caudal:	26.000 lt./seg.
Meandros:	0 → 13
Cascajos de desove colocados:	300 m ³
Piedras colocadas:	5.750 m ³
Tierra excavada:	48.200 m ³

Estudios piloto:

Análisis del suelo de las vegas
 Medición del arroyo y sus vegas
 Recabación de datos relativos al caudal correspondiente a los años más recientes
 Plantas y macroinvertebrados en el arroyo
 Información relativa a cables y tuberías en el áreas (electricidad, teléfono, agua, alcantarillado, gas natural)
 Información sobre demás restricciones y planes para la zona (plan regional, plan municipal, restricciones zonales, planes de protección, etc.)