

Infraestructuras y medio ambiente: una interrelación compleja

64

Las grandes infraestructuras son reflejo de los avances de nuestra sociedad, de nuestro desarrollo económico y social. Sin embargo, este desarrollo no puede realizarse a costa de la pérdida de nuestro patrimonio natural, de un modelo que en la actualidad se muestra definitivamente insostenible. Este artículo intenta dar una visión de un nuevo modelo para la planificación y diseño de las infraestructuras, donde la funcionalidad del medio (desde una perspectiva de sostenibilidad) forme parte integrante de los condicionantes iniciales del diseño de la infraestructura, de manera que se adapte del modo más armonioso y respetuoso posible al medio natural, tal y como el hombre hizo durante siglos.

Azpiegitura handiak gure gizarteko aurrerapenen isla dira, gure garapen ekonomiko eta sozialaren isla. Hala ere, garapen hori ezin da gertatu gure ondare naturalaren galeraren lepotik edo gaur egun azkenean iraunkorra ez dela agerian gelditu den ereduaren lepotik. Artikulu honen asmoa da, hortaz, azpiegiturak antolatze eta diseinatzeko eredu berri baten ikuspegia ematea; eredu horretan, inguruaren funtzionaltasuna (iraunkortasunaren ikuspuntutik) hasieratik azpiegituraren diseinu-baldintzatzaileen barruan sartzen da, hala, azpiegitura ingurumenarentzat modurik orekatu eta errespetagarrienean egokitu dadin, gizakiak mendetan egin izan duen bezala.

Big infrastructures are a reflection of our society progress, our social and economic development. However, this development can not be carried out neglecting our natural heritage, following a model which nowadays has been shown as untenable. The present paper focuses on a new infrastructures design and planning model, where the environment functionality (in a sustainable view) takes part in the infrastructure design, from the beginning adjusting to the environment in the most respectful and harmonious way as possible, as humans did for centuries.

ÍNDICE

1. Introducción
 2. Perspectiva histórica de la problemática de la restauración e integración de las obras en el medio
 3. El contexto de la dicotomía: infraestructuras frente a medio ambiente
 4. El contexto normativo
 5. La planificación y ejecución de infraestructuras. Pasado y futuro
 6. Un nuevo planteamiento integrador en las prácticas de restauración
 7. Diseño de las actuaciones de restauración. Método
 8. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Palabras clave: infraestructuras, restauración, imagen objetivo, principio de precaución

N.º de la clasificación JEL: Q01, Q51, Q56

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El desarrollo sostenible constituye el cimiento fundamental de todas las políticas de la Unión Europea. Su objetivo es la mejora continua de la calidad de vida de los habitantes del planeta y de las futuras generaciones. Se trata de preservar la capacidad de la Tierra para sustentar la vida en todas sus formas. Trata de fomentar una economía dinámica con un alto nivel de empleo y educación, de protección de la salud, de cohesión social y territorial y de protección del medio ambiente, en un mundo seguro y en paz respetando la diversidad cultural. Se pretende garantizar la solidaridad entre los actuales habitantes y las generaciones futuras.

Consejo de la Unión Europea, 2005.

Como puede observarse de estos principios rectores, las personas y la calidad am-

biental son los dos pilares básicos sobre los que se sustentará el desarrollo sostenible de la Unión Europea, según se ha recogido en la Estrategia de Lisboa y de Gotemburgo. De hecho, con esta apuesta, la segunda gran modernización de nuestro modelo de desarrollo ha de venir en clave de sostenibilidad ambiental, para lo que se precisa contar con una sociedad que valore notablemente el cuidado de la naturaleza y el medio ambiente y los considere uno de los rasgos característicos de su identidad y de su calidad de vida.

Conservar y proteger los ecosistemas, las especies y el paisaje debe ser un objetivo claramente subrayado y cualquier proyecto debe considerar esta premisa como un condicionante básico del mismo. El reconocimiento de los errores producidos en el pasado, con la pérdida de una parte muy

importante de nuestro patrimonio natural, necesita de un cambio en los comportamientos y enfoques que han posibilitado que esta pérdida sea irrecuperable.

Enmarcado en este contexto, la restauración de los ecosistemas, tras los impactos sufridos por las acciones que conllevan las obras de infraestructuras, sería el objetivo ideal a perseguir, es decir, recuperar los *hábitats* originales tanto en su estructura (biodiversidad y abundancia), como en superficie y relación entre espacios. Sin embargo, esto no es posible en la mayoría de los casos y debemos enfrentarnos a un dilema entre una pérdida de calidad ambiental y unas medidas correctoras que intenten atenuarlas, corregirlas o compensarlas. Así, el objetivo final perseguido con las medidas de recuperación se debe contemplar desde un marco más amplio, de forma que la protección y restauración de nuestra biodiversidad y nuestros ecosistemas sean consideradas de la manera más integradora posible.

Al mismo tiempo, para avanzar hacia la sostenibilidad, se hace imprescindible la integración de la variable ambiental en todas las políticas, promover el cambio en ciertas pautas de comportamiento y mejorar la legislación vigente y su aplicación. En este punto es evidente el vacío existente en cuanto a la normativa dirigida a establecer los requisitos que deben cumplir los proyectos de restauración. Si bien queda claro su encaje en el proceso de evaluación de impacto ambiental como parte de las medidas correctoras, no se indican cuáles deben ser los principios que deben regir su contenido y estructura. Se deja para las fases finales del proyecto la adopción de una serie de medidas destinadas a la recuperación de los valores naturales, pudiéndonos encontrar que, en gran parte, pueden ser irrecuperables, incluso a largo plazo, o que los

costes que lo haría posible podrían ser mayores que los de la propia infraestructura.

Por ello, es necesario definir de partida unos criterios de valoración medioambiental que integren desde las primeras fases de concepción de un proyecto los valores y recursos del medio (biodiversidad, suelo, hidrología, paisaje...). Éstos deberán considerarse condicionantes mismos del proyecto, de tal manera que en caso de no poder ser recuperados puedan llegar a suponer, en función de la alteración sufrida, la paralización del mismo.

Este hecho remarca el objetivo fundamental a conseguir según el cual el principio de precaución debe regir la ejecución de todo tipo de obras e infraestructuras, especialmente en las de gran magnitud como las grandes obras lineales de transporte, donde en ocasiones ya no es posible la recuperación de ciertos impactos (especialmente el efecto barrera y la fragmentación del medio ocasionada). A su vez, las inversiones en infraestructuras, la urbanización dispersa y el aumento del parque de vehículos causan un aumento de las emisiones, lo que hace necesario replantearse los modelos de movilidad hacia medios de transporte que potencien el uso del transporte colectivo y una mayor intermodalidad (ferrocarril, navegación, carretera).

1.2. Una nueva visión

En los últimos años se puede observar una mejora progresiva de muchos de los principales problemas relacionados con las agresiones al medio ambiente. Poco a poco nos vamos situando en los inicios de un marco socioeconómico y ambiental completamente renovado, dada la creciente sensibilidad y organización de la socie-

dad civil para la conservación y protección de la naturaleza y el medio ambiente. La preocupación por el cuidado de la naturaleza y el medio ambiente está siendo considerado por la ciudadanía como una de las principales prioridades en la toma de decisiones. En este sentido, cada vez hay más colectivos sociales conservacionistas y de defensa ambiental firmemente comprometidos con el avance de las regiones hacia mayores cotas de sostenibilidad. Por ello, el medio ambiente se está configurando como una línea de oportunidad estratégica orientada a incrementar la calidad de vida de las personas, potenciando el capital natural y protegiendo la biodiversidad. En definitiva, el medio ambiente es nuestra gran oportunidad, pero a la vez nuestra gran obligación y compromiso, porque los recursos naturales son vitales para nuestra existencia, el mantenimiento de nuestras señas de identidad y nuestra forma de vida. Es necesario protegerlos mediante actuaciones específicas, siendo la naturaleza un lugar privilegiado de la escala de valores de nuestra sociedad, de modo que ésta actúe como motor de la protección y recuperación de la misma.

Así, la sostenibilidad ambiental sólo será posible si se consigue preservar unos usos determinados de capital natural, es decir si se consigue mantener el funcionamiento y la calidad de los ecosistemas de un determinado territorio. Por tanto, se considera muy importante evitar al máximo las actuaciones humanas cuyos efectos sobre el capital natural sean muy significativos —pérdidas de bosques naturales, litoral, biodiversidad, ríos y acuíferos, sistemas agrícolas tradicionales—, y en el caso de aquellas actuaciones que finalmente hayan sido realizadas e impliquen pérdida de capital natural, se debe tratar de compensarla mediante el incremento o la mejora del capital natural en otros lu-

gares, de manera que el balance global en el territorio no resulte menoscabado.

Es preciso preservar el territorio, puesto que es un componente fundamental del capital natural de un país y a la vez un recurso muy escaso. Aunque en el proceso económico de la sociedad el capital natural se transforma en capital construido —urbanizaciones, infraestructuras de transporte, energéticas, polígonos industriales, equipamientos, etc.— existe un límite por el cual no se deben sobrepasar determinados niveles de alteración del medio natural. En esta línea se debiera primar que en los planes urbanísticos su prioridad sea la reutilización de suelos ya urbanizados en lugar de disponer de nuevo suelo natural.

Las consideraciones ambientales se deben integrar en el conjunto de políticas, planes y programas ya que son totalmente transversales. Tienen que ver con la energía que demandan nuestros hogares, con las infraestructuras lineales de transporte que se construyen para distribuir mercancías y trasladar personas, con los alimentos que consumimos, con los paisajes que conservamos, los residuos que generamos y con los materiales que transformamos. Es precisa una colaboración activa del conjunto de sectores económicos, puesto que las grandes políticas de energía, infraestructuras y transportes, así como la promoción económica y competitividad empresariales decidirán en gran parte los activos y pasivos ambientales del futuro.

Se debe avanzar hacia un modelo energético altamente eficiente, menos dependiente de los hidrocarburos y con una fuerte presencia de las energías renovables, que permita una reducción notable de las emisiones de gases de efecto invernadero para posibilitar cumplir con los compromisos adquiridos en el Protocolo de Kioto. La ecoefi-

ciencia es una condición sin la cual no es posible el desarrollo sostenible (sólo en algunos casos se está consiguiendo «hacer más con menos»). Es fundamental contar con un plan de ordenación y política de transportes en el que se hayan minimizado las externalidades negativas generadas en el sector, especialmente las relacionadas con las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes que afectan a la calidad del aire de nuestras ciudades y pueblos. Esto sólo será posible con una transición ordenada hacia un fomento de los modos de transporte diferentes de la carretera.

Es preciso aplicar de manera sistemática el análisis coste-beneficio de las actuaciones. Cualquier acción de protección del medio ambiente que se ponga en marcha tendrá un flujo de costes y beneficios previsibles por lo que las acciones deben ordenarse según los beneficios económicos, sociales y ambientales esperados frente a los costes generados.

La prevención debería ser el principio que guíase el diseño y ejecución de todas las obras e infraestructuras, para evitar aquellas cuya restauración posterior implicase una pérdida definitiva de valores ambientales o costes inasumibles. En la actualidad las medidas preventivas se abordan desde una perspectiva de la ejecución del proyecto, aunque la actual normativa de evaluación conjunta de impacto ambiental ha venido a llenar un vacío, al promover que desde las primeras fases de la planificación se prevean los impactos ambientales generados.

Sin embargo, la protección y recuperación de la biodiversidad necesita de un mayor compromiso ya que no podemos olvidar que se trata de nuestro patrimonio y toda una fuente de recursos que nos otorga de manera continuada una gran cantidad de servicios

ambientales que solo estamos empezando a valorar y cuantificar en toda su magnitud.

Pero la protección de la biodiversidad formulada de manera genérica parece un concepto demasiado abstracto y alejado en el contexto en el que nos movemos, el del desarrollo de proyectos e infraestructuras. Por ello, se debiera considerar como criterio básico de diseño el estado final del medio que pretendemos alcanzar tras una actuación, así como los principios básicos de restauración de los componentes básicos que dan sustento a la biodiversidad y que contribuyen a la creación de entornos habitables.

La restauración de los ecosistemas no es una tarea simple, no sólo en el momento de abordar el diseño y la ejecución, sino también por las tareas de mantenimiento, vigilancia y control que deben llevar asociadas. Es evidente que la destrucción de lo que la naturaleza ha generado a lo largo de décadas e incluso siglos, no podemos pretender recuperarlo simplemente con una actuación de replantación. Esta debe estar apoyada en una serie de medidas de recuperación y protección de la cubierta edáfica, mantenimiento de la cubierta vegetal y reintroducción progresiva de especies pertenecientes a una misma serie cronológica, por citar sólo algunos aspectos básicos.

2. PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA PROBLEMÁTICA DE LA RESTAURACIÓN E INTEGRACIÓN DE LAS OBRAS EN EL MEDIO

La restauración no es una actuación aislada en el conjunto de trabajos que engloba una obra de infraestructuras, sino que depende de toda su concepción global, desde la fase de planificación, proyectos de trazado y de construcción. Es fundamental que

desde los primeros momentos de la concepción se contemple qué integración pretendemos conseguir (sobre la base de las funcionalidades del medio inalterado) y si las configuraciones y morfología finales harán viable el diseño y ejecución de una obra de restauración que permita alcanzar dicha concepción del medio tras la construcción y durante la explotación de la infraestructura.

La restauración no debe ser concebida como un «parche final», sino como una parte integrante del diseño, que debe comenzar desde el inicio de la concepción misma del proyecto. Esa es la mayor dificultad que encontramos hoy en día. Ya desde el inicio en la aplicación de la legislación de prevención y evaluación de impactos medioambientales se debate continuamente.

2.1. Las primeras infraestructuras como ejemplo de integración

Las infraestructuras sobre el territorio no son sino la expresión de la obra del hombre sobre la naturaleza. El cuidado que éste ponga en su trazado, las variables que le permitan modificar éste y la inteligencia aplicada en su respeto a la naturaleza pueden llegar a producir no sólo daños mínimos a la geología, a la vegetación o a los cultivos sino también crear una obra de belleza, de diálogo armonioso con la naturaleza.

Los antiguos caminos rurales basados en senderos creados por los animales suponían un ejemplo de respeto y de inteligencia. Se volvían serpenteantes al ascender fuertes rasantes, se acercaban a los cursos del agua, recorrían las laderas sur para evitar el hielo y se cuidaban mucho de cruzar tierras deforestadas o vacías.

Los cultivos y los prados se adaptaron con naturalidad a estos caminos y los trata-

ban como uno más de sus lados. Aparecían las cercas, las entradas y, en ocasiones, algún fresno delataba una posible entrada. En el área mediterránea las cercas eran sustituidas por bancales que lograron gobernar varias plataformas de cultivos, aprovechando al máximo su superficie. Ambas, cercas y bancales se creaban con materiales del lugar, mampostería y mostraban en su ejecución, en su escala y trazo la mano y la inteligencia del hombre.

Estos grandes caminos fueron asumidos por las civilizaciones como un corte en el paisaje, se señalaron con miliarios, se acompañaron de fuentes, se suavizaron sus rasantes con puentes, etc. Se asumía así que ese camino no quedaba integrado en el bosque autóctono o en el paisaje sino que se diferenciaba de él por su trazado, su amplitud y sobre todo su vegetación diferenciada. Quedaba así marcado en el paisaje el camino singular como una naturaleza diferente que exigía cuidados, podas, limpiezas, intermediario entre la naturaleza y el hombre.

Estos tratamientos fueron ejemplares por su calidad, mínimo coste y resistencia. Al ser un material natural, no precisaba mantenimiento y su unidad en todo el recorrido de la infraestructura produjo conjuntos monumentales con el mismo material y criterio.

Hay muchos de estos conjuntos ya sin uso. Están sin duda protegidos por su valor arquitectónico e ingenieril y como expresión de una época y de una civilización implantada en el paisaje.

2.2. La evolución hacia las grandes infraestructuras

El encarecimiento de la mano de obra, la renovación en la maquinaria de obras públicas, las exigencias cada vez mayores en el

trazado de las infraestructuras y sus anchuras y escala condujeron en el siglo XX a una evolución desconocida hasta entonces en las afecciones al medio natural y al paisaje. Ello se unió a una significativa dejadez y desprecio por el paisaje y el mundo rural que sólo a finales del siglo XX encontró su reacción y su punto de inflexión.

El abaratamiento del transporte y los productos prefabricados permitieron traer materiales lejanos, inconexos, variados, imposibles de reposición, y que a lo largo de los años han generado elementos diferentes en las trazas con distintos materiales, texturas y criterios.

Autopistas, autovías y vías de comunicación nacidas con criterio unitario vieron cómo se alteraba su unidad a lo largo del tiempo, incorporándose prefabricados, jardineras, muros de contención, muros hexagonales, gaviones y últimamente significativas escolleras que han ido conteniendo los terraplenes, pasos en arco, bóvedas metálicas, adintelados, losas, al salvar un camino o una vaguada, degradando profundamente los ríos y los senderos. Todo ello se unió a unos trazados cada vez más duros en su implantación y a la imposibilidad de considerar estas infraestructuras como obras ingenieriles que trataban de buscar un encaje con el entorno en el que se encontraban.

2.3. **Un nuevo planteamiento integrador**

Es posible que el presente siglo depare algunas nuevas infraestructuras, pero sobre todo, va a presenciar el mantenimiento y ampliación de las antiguas y, en muchos casos, la restauración y puesta en valor de antiguos trazados para nuevos usos. El poder de la técnica actual es tal que el límite

se ve supeditado a aspectos económicos, legales y morales. Está claro que el crecimiento de las redes de transporte por tierra deberá alcanzar un punto de freno y equilibrio donde la concepción de nuestro modelo de desarrollo sostenible tiene vital importancia y la mejora ambiental de las infraestructuras existentes será (ya comienza a serlo) una necesidad.

Esperemos que este siglo apueste no sólo por la defensa de trazados respetuosos que minimicen el impacto sobre la naturaleza, sino por una concepción de los mismos que aproveche los materiales locales presentes. Se ha comprobado que las horas de trabajo en el diseño previo ahorran, multiplicadas por un millón, los costes de esas horas.

Unido a esa defensa de la naturaleza (en la cual se incluye la actividad humana como parte de un todo), es preciso, también, considerar el valor enorme en el mundo venidero de los muy despreciados espacios agrícolas y ganaderos. Evitar perder esos suelos es importantísimo, por lo que el trazado debe intentar aprovechar trazados ya existentes, o apostar por los túneles que eviten el uso y ocupación de tierra cultivada.

Como ejemplos concretos podemos citar las actuaciones planteadas sobre suelos rocosos en fuertes pendientes, donde es preferible siempre el relleno antes que la excavación. Ello exige separar las calzadas para lograr rellenos mínimos asentados en roca, y aunque las afecciones sobre el bosque que les rodea pueden ser en un principio mayores, normalmente no lo son, pues aunque desaparece la cubierta vegetal sigue la base geológica sin alterar, siguen sus cursos de aguas desconocidos, sus fallas y el daño producido es, además, reparable y la hipotética desaparición futura del trazado, o su modificación, no dejará ninguna huella en la roca.

2.4. Recuperación natural

Hay un hecho que debemos asumir en la recuperación del medio ambiente, y es que no podemos pretender recuperar lo que a la naturaleza le cuesta generaciones conseguir, por hablar en escala temporal humana.

Y si en los suelos norteños es fácil deducir la plantación, ¿cómo la deduciríamos en la llanura alavesa y en los suelos mediterráneos de los valles del Ebro? Sin duda ninguna, en la cuenca esas largas franjas permitieron recuperar el bosque original casi perdido de robledales, y en la franja mediterránea nuestro primer intento debe ser recuperar el bosque original, coscojo, encinar, quejigal. Sabemos que eso generará una barrera en el paisaje, una barrera visual y extraña, pero es la ocasión, en suelos muy cultivados, de dejar espacio para el bosque original tan castigado. Ello fomentará la biodiversidad y permitirá el refugio de numerosas especies y generará corredores para ellos a través de los cultivos.

Y si bien estos corredores en el norte realizaron una labor de sutura y apoyo, en el centro y sur pueden llegar a ser claves en la regeneración de todo su paisaje. Su longitud permitirá alcanzar sistemas naturales y unirlos, y su anchura puede, a pesar de su estrechez, conformar una franja suficiente para la vida vegetal y animal.

3. EL CONTEXTO DE LA DICOTOMIA: INFRAESTRUCTURAS FRENTE A MEDIO AMBIENTE

Aunque las alteraciones e impactos se producen físicamente en la fase de construcción y explotación de las infraestructuras, los factores que determinan la existencia, magnitud e importancia de la mayor

parte de dichos impactos se establecen en la fase de planificación estratégica (cuando dicha fase existe) y en la fase de diseño, que corresponde a la redacción del proyecto.

Por ello, es necesario resaltar la relevancia de las decisiones que se toman en las fases de planificación y diseño y cuyas consecuencias afectarán significativamente a la posterior restauración y recuperación de impactos generados. Durante la fase de planificación se deberá seleccionar (y sobre todo en el caso de grandes infraestructuras) los corredores con potencial de acogida, evaluando los impactos generados de manera global y evitando la afección sobre los ámbitos del territorio de mayor valor natural, esencialmente zonas con alguna figura de protección. Al mismo tiempo, estas infraestructuras deberán estar sujetas a una serie de requisitos técnicos de diseño que condicionarán el grado de impacto generado sobre el medio.

Si en el diseño se considerase como criterio complementario el estado final del medio afectado, se podrían plantear trazados con unos menores requisitos de diseño (por ej.: disminuyendo en una carretera la velocidad máxima de proyecto), lo que redundaría directamente en una disminución significativa de los impactos generados.

A modo de ejemplo, si observamos el cuadro n.º 1, vemos que un aumento en la velocidad de diseño de una carretera de 80 a 105 km/h, supone doblar el radio de curvatura. Este hecho puede suponer multiplicar por 10 la excavación y generar taludes difícilmente restaurables, ya que se tenderá a diseñarlos para ser geotécnicamente estables, lo que suele implicar pendientes sobre las que la recuperación de la vegetación es inviable. Sin embargo, esta limitación de criterios de diseño en las infraestructuras viene condicionada a variables que no consideran el estado final del medio como criterio bási-

co de diseño, sino más bien como criterio adicional a tratar a posteriori.

Vemos, por tanto, que las afecciones ambientales básicas generadas por los diversos proyectos y que condicionan la posterior restauración y recuperación de los valores ambientales pasan por una destrucción del suelo y de todo a lo que éste da sustento, pérdida de *hábitats* e interconexión de los mismos, así como alteraciones sobre el régimen hídrico, íntimamente ligado a los componentes anteriores. La interrelación entre todos estos componentes hace que, en algunos casos, los impactos indirectos puedan llegar

a tener más relevancia que los directos y que por ello deban ser considerados con especial atención.

Adicionalmente a la afección ambiental básica sobre el territorio y su biodiversidad, cobran más fuerza las afecciones atmosféricas que supone una conducción cada vez más rápida y agresiva, en el que el consumo energético (y aparejado a él, las emisiones producidas) se incrementa exponencialmente y el resultado global para la sociedad es nefasto. Una vez más se supe- dita a criterios técnicos la reducción del capital natural de nuestro patrimonio (mayores emisiones, que conllevan mayor calenta-

Cuadro n.º 1

Relación Velocidad específica – Radio – Peralte para autopistas, autovías, vías rápidas y carreteras C-100

(Grupo 1)

Velocidad específica (km/h)	Radio (m)	Peralte (%)
80	250	8,00
85	300	8,00
90	350	8,00
95	400	8,00
100	450	8,00
105	500	8,00
110	550	8,00
115	600	8,00
120	700	8,00
125	800	7,51
130	900	6,97
135	1.050	6,25
140	1.250	5,49
145	1.475	4,84
150	1.725	4,29

miento de nuestra atmósfera, lluvia ácida, mayor contribución al cambio climático...).

3.1. Hitos en el proceso de toma de decisiones

Cada una de las fases consideradas en el desarrollo de una infraestructura, desde la planificación hasta la ejecución, implica una serie de decisiones y acciones que condicionarán la restauración posterior de la misma y las posibilidades de recuperación de los valores ambientales preoperacionales.

Los principales impactos directos suelen ser la pérdida de suelo y de vegetación, los cuales conllevan una pérdida de *hábitats* y por tanto de biodiversidad. Por otra parte, muchas infraestructuras, especialmente las lineales, generan una fragmentación del territorio que puede conllevar que las superficies de *hábitats* resultantes (si bien la pérdida bruta pueda ser pequeña) no sean suficientes para dar acogida a las poblaciones animales presentes en ellas, especialmente en el caso de mamíferos, o bien conduzcan a la endogamia de las poblaciones y su paulatina desaparición.

Las diferentes acciones que pueden condicionar la intensidad de los impactos ambientales generados pueden resumirse en el cuadro n.º 2.

La fase de planificación constituye el hito más crítico de todo el proceso. Por una parte, porque trabaja a una escala muy general y, por tanto, se pierde resolución sobre las características del territorio y el medio afectado y, por otra parte, establece los requerimientos básicos de la infraestructura que condicionarán la fase de diseño mediante la categorización de las infraestructuras. El caso de las carreteras o ferrocarriles es un claro ejemplo, ya que la clasificación de la

vía establecerá las características del trazado y, por tanto, el potencial daño generado sobre el territorio. La tendencia debe ir hacia una mayor integración en el territorio, adaptándose a la fisonomía del mismo (condicionando en muchos casos los límites de velocidad), lo cual trae como beneficio un menor impacto y una mayor facilidad de restauración posterior.

La fase de diseño cuenta con la responsabilidad de definir la geometría detallada de la infraestructura, definir los movimientos de tierras así como el perfilado de taludes y terraplenes, especificar soluciones constructivas y diseñar las medidas correctoras y de restauración directa del medio. A veces el mayor impacto generado es, sin lugar a dudas, la fragmentación ocasionada en el medio, la cual es difícilmente corregible a posteriori. El empleo de técnicas más blandas y respetuosas debe ser, en este sentido, el camino a seguir. Igualmente, se deben plantear la identificación y propuesta de medidas compensatorias que minimicen la pérdida de capital natural, o que en ocasiones incluso lo incrementen o mejoren con la creación de nuevas áreas de riqueza.

En la fase de construcción las medidas deben ir destinadas a la ejecución respetuosa de lo especificado en el proyecto, en especial en relación con las medidas de restauración, así como unas buenas prácticas en obra que eviten la generación de daños adicionales a los estrictamente necesarios. Es frecuente encontramos con infraestructuras donde se diseñaron una serie de medidas correctoras, especialmente en el caso de plantaciones, y que estas no fueron finalmente ejecutadas. Otro hecho frecuente es el de la realización de las plantaciones en fechas no idóneas o la pretensión de intentar recrear todo una serie bioclimática de vegetación con una sola plantación. Lo idóneo

Cuadro n.º 2

Acciones que pueden condicionar la intensidad de los impactos ambientales generados según las fases de desarrollo de una infraestructura

Fase	Tarea
Planificación	<ul style="list-style-type: none">– Definición de corredores o zonas de acogida de las infraestructuras.– Categorización de las infraestructuras.– Parámetros técnicos de funcionamiento: anchuras, velocidad de tránsito, servidumbres,...
Diseño	<ul style="list-style-type: none">– Definición geométrica.– Optimización de los balances de tierras.– Diseño de soluciones constructivas.– Definición de taludes y terraplenes.– Definición de vertederos de tierras.– Diseño de medidas de restauración.
Construcción	<ul style="list-style-type: none">– Implantación de obra: parque de servicios de obra y parque de maquinaria.– Acopio de materias primas.– Desbroces, eliminación de suelo y de cubierta vegetal.– Ocupación irreversible del ámbito del proyecto, con o sin impermeabilización asociada.– Excavaciones, rellenos y movimientos de tierra en general. Conformación de taludes y terraplenes.– Construcción de drenajes.– Vallado.– Obra civil, urbanización, edificación, colocación de equipos e instalaciones.– Siembras y plantaciones, con o sin carácter estético.
Explotación	<ul style="list-style-type: none">– Presencia de taludes y terraplenes.– Flujo de vehículos. Emisiones de los motores de combustión.– Intervenciones sobre la dinámica fluvial o litoral.– Presencia de zonas selladas e impermeabilizadas.– Mantenimiento de servidumbres y superficies vegetales.

Fuente: Elaboración propia.

sería que la reintroducción de la vegetación se realizase de manera paulatina en el tiempo, a lo largo de varias estaciones, consiguiendo de esta manera aumentar la biodi-

versidad de una manera más progresiva, asegurando un mayor éxito a la restauración y una creación efectiva de hábitats potenciales para especies animales.

En la fase de explotación cobra especial importancia el mantenimiento de las plantaciones y vigilancia de las medidas de protección de suelo, régimen hidrológico y pasos de fauna. Las obras de restauración deben ser atendidas y mantenidas, ya que pueden ser objeto de alteraciones por las condiciones climatológicas, enfermedades y plagas e incluso vandalismo. En coherencia con la idea anteriormente expuesta, el ideal sería que las propias tareas de mantenimiento se considerasen como una prolongación de la propia restauración, contribuyendo a una recuperación paulatina de las condiciones originales del medio.

3.2. Efectos sinérgicos de los proyectos

El ámbito geográfico en el que se produce la mayoría de los impactos a menudo trasciende a la mera infraestructura y sus servidumbres, extendiéndose significativamente fuera del mismo. Especialmente importantes se consideran los efectos de la erosión, que pueden afectar al conjunto de la cuenca hidrográfica en la que se ubica el proyecto.

Del mismo modo, la pérdida de calidad visual se manifiesta en el conjunto de la cuenca visual del proyecto.

Adicionalmente, las emisiones atmosféricas producidas por los vehículos con motor de combustión producen contaminación difusa del suelo al acidificarlo y contribuyen al deterioro celular de la vegetación por deposición o lluvia ácida.

La mayor parte de los impactos citados, producidos por obras e infraestructuras, son comunes a los producidos por otras actividades, presentando efectos acumulativos y sinérgicos que pueden sumar o mul-

tiplicar exponencialmente sus efectos en los ámbitos en los que se manifiestan simultáneamente.

4. EL CONTEXTO NORMATIVO

Si hay un principio que debe considerarse como determinante desde el punto de vista ambiental en referencia al ámbito de las infraestructuras es el de precaución.

La normativa ambiental básica de referencia y aplicación en las distintas comunidades autónomas se inspira en principios específicos de cautela y acción preventiva, tratando de evitar daños ambientales, y cuando éstos se produzcan, en los principios de corrección de los daños, preferentemente en la fuente, y en el principio de que «quien contamina paga» y «quien daña responde» y define que los objetivos en cuanto a biodiversidad son, entre otros «velar por la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y el mantenimiento de sus procesos ecológicos esenciales».

De los principios del desarrollo normativo cabe mencionar:

- Instrumentos normativos de ordenación del territorio. Facilitan una herramienta para la sistematización del territorio y sectorización de las obras de infraestructura, considerando los objetivos de conservación así como un planteamiento de objetivos de mejora ambiental en las zonas del territorio afectadas.
- Instrumentos normativos de ordenación de las actividades con incidencia en el medio ambiente. Fijan el procedimiento de evaluación de los impactos ambientales de las actuaciones bajo los principios de precaución y corrección de los impactos genera-

dos. Los proyectos de restauración y medidas correctoras son una consecuencia de su aplicación, si bien no se fijan criterios específicos para su elaboración ni contenidos. La evaluación conjunta de impacto ambiental se convierte en la herramienta de prevención por excelencia.

Desde el punto de vista de la prevención, cualquier actividad con potencial incidencia en el medio ambiente debe ser analizada durante las fases de planificación y también de diseño, para evitar el planteamiento de actuaciones que superen la capacidad de acogida del territorio o no se adecuen a la vocación del mismo. Así mismo, debe considerarse que la mejora ambiental sobre las condiciones actuales debe contemplarse como un objetivo del proyecto. Asumir que cualquier actuación debe conllevar una pérdida de calidad ambiental, por pequeña que esta sea, no puede seguir siendo admitido, es más, debemos invertir esta tendencia de manera que cualquier actuación en materia de infraestructuras suponga una oportunidad de mejora, mediante la detallada consideración de la vocación del territorio y sus posibilidades de mejora a lo largo del tiempo. Por el contrario, cualquier actuación que conlleve una pérdida de patrimonio natural, protección del suelo, superficie de ecosistemas,... debería plantear una serie de medidas compensatorias que equilibraran el balance global del proyecto.

En este sentido, no se puede olvidar citar como legislación medioambiental más significativa con incidencia propia en el diseño de infraestructuras, las siguientes:

- La *Evaluación Conjunta de Impacto Ambiental* (ECIA), denominación adoptada en la CAPV para designar el concepto generalmente conocido

como Evaluación Ambiental Estratégica. Es aplicable al conjunto de las figuras de ordenación territorial (DOT, planes territoriales, planes sectoriales, planes generales de ordenación urbana, etc., y específicamente también a todos los planes que puedan presentar efectos ambientales sobre la Red de Espacios Protegidos o las zonas ambientalmente sensibles). El procedimiento finaliza con la emisión, por parte del órgano ambiental competente, de un informe definitivo de impacto ambiental, relativo a la última versión del plan y ECIA que se elabore una vez resueltos los trámites de audiencia e información pública. El informe de impacto ambiental habrá de ser tenido en cuenta por el órgano que apruebe el plan definitivamente, si bien no se trata de un informe vinculante, lo que constituye la principal debilidad de este instrumento.

- La *evaluación individualizada de impacto ambiental*, que está destinada a evaluar los efectos ambientales que se deriven de la ejecución de determinados proyectos, que por su tipología y dimensión pueden ocasionar significativos efectos adversos sobre el medio ambiente. Entre los proyectos sometidos a este procedimiento figuran los de grandes infraestructuras de transporte, infraestructuras hidráulicas, infraestructuras energéticas, infraestructuras de gestión ambiental, actividades económicas del sector primario, industrial y de servicios. Este procedimiento culmina con la emisión, por parte del órgano ambiental competente, de un informe de impacto ambiental de carácter vinculante. El informe contiene las medidas correctoras necesarias y debe incorporarse

a la resolución o autorización que sea de aplicación.

- La *evaluación simplificada de impacto ambiental*, que está destinada a valorar los efectos ambientales que se derivan de la ejecución de infraestructuras de menor incidencia en el entorno y donde la identificación o corrección de impactos ambientales puede ser simple, bien por la escasa extensión en el territorio o porque las actuaciones suponen modificaciones sobre infraestructuras existentes que apenas añaden nuevos impactos sobre el medio. La evaluación la realiza el órgano con competencia sustantiva para emitir la resolución o autorización necesaria para la realización de la actividad en cuestión y culmina con un informe de impacto ambiental que formula dicho órgano. El informe debe señalar las medidas correctoras de aplicación.

Como puede observarse, los aspectos prácticos relativos a las actuaciones concretas de prevención, corrección y restauración aplicables a los planes y proyectos que se evalúan aparecen definidas en los informes y declaraciones ambientales que emiten los respectivos órganos ambientales.

El alcance y grado de detalle con el que se elaboran los informes y declaraciones ambientales es muy variable, dependiendo de la calidad y profundidad del estudio de impacto ambiental de partida presentado por el promotor, así como del criterio y experiencia del equipo de trabajo que redacta el informe o declaración por parte del órgano ambiental. En general, dichos instrumentos suelen detallar y especificar el alcance de las actuaciones de restauración, sin embargo, raramente especifican técnicas concretas a emplear, ni tampoco cuál

debe ser el contenido de los proyectos de restauración, por lo que queda en manos del proyectista la configuración final y encaje con el entorno de la infraestructura.

5. LA PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS. PASADO Y FUTURO

La prevención en el diseño de las infraestructuras no ha estado siempre presente. La conciencia ambiental ha ido evolucionando poco a poco. Con la aparición de la legislación específica de evaluación de impacto ambiental se hizo necesario considerar una serie de medidas de prevención y corrección de afecciones en el diseño de las infraestructuras, así como una comparación previa entre las distintas alternativas posibles, escogiendo aquella de menos impacto.

Sin embargo, la prevención desde la fase de planificación es la que alberga el mayor potencial de minimización en la generación de impactos así como de crear unas condiciones adecuadas para corregir los impactos que inevitablemente se realizarán sobre el medio.

No obstante, hoy día se continúa básicamente con un modelo de corrección al final del proceso (*end of pipe*), es decir, ejecutar y después corregir, sin establecer de forma coherente unas medidas correctoras enfocadas a recuperar unos valores ambientales bien definidos y, por encima de todo, dando por asumido que como consecuencia de las obras de infraestructuras, con todos los beneficios sociales y económicos que pueden producir, inevitablemente deberemos asumir ciertas pérdidas de valores ambientales.

En el contexto actual, donde el desarrollo sostenible se ha convertido en un princi-

pio que guía todas nuestras actuaciones, no podemos asumir *per se* esas pérdidas de valores ambientales, por lo que la conservación y mejora (sí, incluso la mejora) de los componentes del medio afectado deben pasar a formar parte integrante de los objetivos a cumplir por un proyecto de infraestructuras. El principio básico será tratar de conservar nuestro capital natural como sea.

Muchas veces no será posible la conservación de los valores ambientales de manera idéntica a como se encontraban en la etapa preoperacional, por lo que será necesario establecer el estado final del medio, las funcionalidades que deberemos recuperar y cómo se definirán las medidas compensatorias sobre los recursos ambientales que hayan sido perdidos, es decir, la pérdida de capital que se haya producido deberá ser restaurada (empleando terminología económica). Podemos afirmar que si parte de nuestro patrimonio generador de servicios ambientales ha sido fuertemente disminuido, deberemos restaurarlo de alguna manera, y es ahí donde las medidas compensatorias cobran especial relevancia.

La tipificación de los espacios y la definición de las funciones que la restauración deberá cumplir cobra especial importancia en las fases iniciales de cualquier proyecto de infraestructuras, definiendo esas funcionalidades ambientales y qué proceso de recuperación de las mismas se seguirá.

En el momento de planificar el desarrollo de infraestructuras, una de las primeras tareas consiste en la búsqueda de emplazamientos potenciales a partir de una evaluación multicriterio, que considere tanto la viabilidad técnica, social, económica y medioambiental de cada una de las alternativas. Con el fin de minimizar el impacto sobre el medio natural, es lógico escoger

emplazamientos o trazados cuyos valores ambientales sean escasos o se trate de espacios degradados, buscando su posible reversión a usos de mayor valor añadido o de aprovechar la actuación para obtener un beneficio ambiental sinérgico como puede ser el aumento de la conexión o bien ejercer otro tipo de funciones ambientales, como la recarga de acuíferos o la laminación de zonas inundables.

El que un espacio se encuentre desprovisto de vegetación no justifica cualquier actuación o que en esta no deba plantearse unas medidas de restauración posteriores que incluso lleguen a mejorar las condiciones ambientales iniciales. Es frecuente encontrarnos con espacios degradados previamente a una actuación que acaban perdiendo los escasos valores ambientales que contenían, perdiéndose un gran potencial de mejora. Esta visión debe ser considerada durante la fase de planificación, donde no solo es deseable que se intente minimizar el impacto medioambiental, sino que también se consideren las posibles oportunidades de mejora que se presentan, es decir, abrazando el concepto de sostenibilidad en todo su alcance.

La restauración no implica siempre la vuelta al ecosistema natural inicial inalterado, ya que la situación postoperacional puede hacer que ciertas funciones sean irrecuperables o que el tiempo necesario para ello haga inviable su ejecución.

Es necesario, por tanto, delimitar con precisión qué es lo que estamos definiendo como restauración y qué objetivos pretendemos lograr con ello y si estos objetivos son adecuados para las características del medio objetivo de nuestras actuaciones.

Por otra parte, como la naturaleza va recobrando sus espacios naturales, el favore-

cer la evolución natural en las labores de restauración (medidas pasivas) es un hecho a tomar en consideración a la hora de determinar el tipo de actuaciones. Un ejemplo es el caso de un talud formado por calizas y calcarenitas en estratos paralelos que ha sido colonizado por vegetación de una manera sorprendente, si bien, han sido necesarios más de 25 años para llegar a tal situación, favorecida por una orientación nordeste y un substrato con abundante humedad que ha favorecido la meteorización de la roca, acelerando la aparición de suelo.

6. UN NUEVO PLANTEAMIENTO INTEGRADOR EN LAS PRÁCTICAS DE RESTAURACIÓN

6.1. Necesidad de un nuevo planteamiento

Año tras año se evidencia una pérdida de hábitats naturales, cada vez con una mayor alteración y fragmentación del territorio. Ello hace que sea necesario un nuevo enfoque a la hora de abordar los proyectos de infraestructuras, intensificando los esfuerzos destinados a detener esta tendencia e incluso invertirla, de manera que la pérdida de valores ambientales no tenga que ir irremisiblemente asociada a los proyectos, independientemente de los beneficios sociales y económicos que estos conllevan.

El principio de prevención debe integrarse desde las fases iniciales de planificación y diseño hasta las de ejecución y mantenimiento. En principio esto no es nada nuevo, sin embargo, la experiencia nos muestra que el desarrollo de las infraestructuras y sus requerimientos de diseño suelen ir en menoscabo de la conservación del medio.

Esto es debido, por una parte, a la gran capacidad técnica actual de la obra civil, donde los límites son prácticamente económicos y, por otra, a una mayor demanda por parte de la sociedad de unas infraestructuras de mayor capacidad y, por tanto, de mayor impacto potencial sobre el medio. La educación y concienciación es, como casi siempre, la mejor acción preventiva de que disponemos.

Esta capacidad de alteración del medio conlleva que los proyectos de recuperación o restauración se utilicen como medidas correctoras de final de línea, que no consiguen recuperar los valores ambientales perdidos y en ocasiones ni siquiera atenuarlos, sin unos criterios comunes que hace que infraestructuras próximas geográficamente hayan sido abordadas en su diseño y restauración con criterios bien diferentes.

Por ello, un problema frecuente es la restauración o recuperación del medio tras las actuaciones desarrolladas en las obras de infraestructuras. Un ejemplo muy claro es el de la pérdida de conexión, auténtica espada de Damocles para la conservación de la biodiversidad en nuestro territorio, o la restauración de taludes en obras lineales, que desfiguran nuestro paisaje, en la mayoría de los casos con escasas posibilidades de corrección ante la magnitud de las alteraciones causadas. Si las infraestructuras no se diseñan considerando lo factible que será la posterior adopción de medidas correctoras, el escenario actual será difícilmente alterable.

En la definición de las medidas correctoras a implementar tampoco queda claro si las «obras de revegetación y restauración del medio» tratan realmente de restaurar, es decir, recuperar la funcionalidad original del medio mediante, su reformación, su restitución (recuperación parcial con una

menor biodiversidad), rehabilitación (creación de un nuevo ecosistema con especies alternativas) o reemplazo por un nuevo escenario donde puedan ponderarse criterios estéticos, paisajísticos, etc.

Para solventar estas incertidumbres se plantea un nuevo método basado en la concreción y fijación de una imagen objetivo final a conseguir en el estado final del medio tras la actuación. De esta forma las medidas preventivas deberían quedar implícitas en el propio proceso de planificación y diseño. Dicho de otra manera, partir de un estado final postoperacional con un objetivo fijado y condicionar el proceso de planificación, diseño y ejecución para alcanzarlo.

6.2. El concepto de imagen objetivo

El territorio cumple una serie de funciones, o dicho de otro modo, nos otorga una serie de servicios ambientales necesarios para el desarrollo de nuestra sociedad. Las zonas forestales contribuyen con la creación de ecosistemas, albergan fauna, producen materia renovable, son sumidero de CO₂ o contribuyen a la regulación del régimen hidrológico. Los fondos de valle albergan la economía tradicional, configuran nuestro paisaje típico... Por tanto, no se trata solo de una serie de recursos naturales lo que debemos valorar, sino las funciones que estos recursos ejercen y los servicios que nos prestan.

Una imagen objetivo se define como el estado final del medio a conseguir tras la ejecución de la infraestructura en relación con los recursos que determinan su funcionalidad, es decir, los servicios ambientales que ofrecerá el territorio tras la ejecución de esta actuación, en cuanto a:

- Formación de hábitats y ecosistemas.

- Conservación del patrimonio biológico (biodiversidad).
- Configuración del paisaje. Valores estéticos y culturales.
- Conservación del recurso suelo.
- Aumento de la productividad vegetal.
- Control del régimen hidrológico y prevención de inundaciones.
- Regulación de los recursos hídricos.
- Depuración del aire y sumidero de carbono.
- Estabilizador del clima.

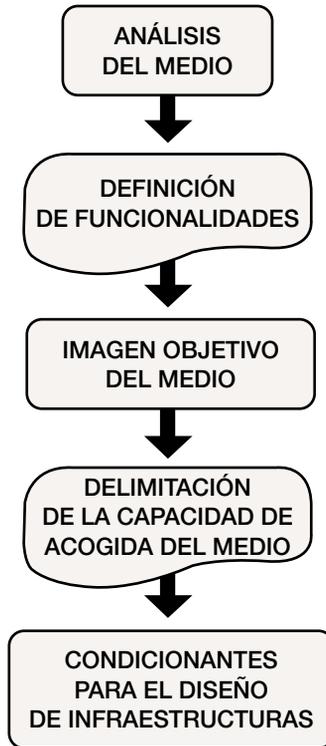
Para definir la imagen objetivo de la infraestructura es necesario establecer desde el principio el grado de conservación y restauración de la funcionalidad del medio ambiente afectado. Esta funcionalidad deberá, por una parte, conservarse evitando acciones en el proyecto que modifiquen estas funcionalidades de manera irreversible, restaurándola mediante el uso de determinadas técnicas y estrategias e incluso mejorándola en caso de existir dicho potencial.

El proceso a seguir en la concepción y diseño de cualquier infraestructura sería el siguiente:

1. Emplazar la infraestructura en el territorio.
2. Tratar de identificar las características más o menos similares del territorio afectado, de forma que la infraestructura se pueda sectorizar por zonas o tramos homogéneos, atendiendo a sus funcionalidades y favoreciendo, por tanto, la capacidad de acogida del territorio.
3. Definir la imagen objetivo del medio (territorio) que se debiera alcanzar tras la ejecución de la infraestructura, y hacia la que debieran estar encaminados todos los esfuerzos de diseño y actua-

Gráfico n.º 1

Proceso en la concepción y diseño de infraestructuras



Fuente: Elaboración propia.

ciones. En este punto es necesario señalar que no sólo se debe identificar la imagen objetivo final del medio a conseguir, sino en qué plazo serán recuperados a un estado operativo válido para los objetivos buscados cada uno de los componentes del medio que configuran su funcionalidad.

4. Identificar y definir los límites de capacidad de acogida del medio.
5. Fijar, en función de las limitaciones impuestas anteriormente, los condicionantes que se deberán seguir en el di-

seño de las infraestructuras para respetar al máximo el capital natural del territorio, estableciendo en cada caso las medidas de compensación que como mínimo se debieran tener en cuenta.

No obstante, es conveniente recordar que no todas las obras de restauración deben abordarse de la misma forma. No puede pretenderse afrontar de la misma manera la restauración en un entorno rural con vegetación autóctona que en un entorno agrario o en accesos a zonas urbanas o en los pro-

pios núcleos de población, donde los requerimientos en cuanto a utilización de especies, limitaciones paisajísticas o criterios estéticos son diferentes y los objetivos finales buscados son particulares para cada tipo de emplazamiento. De ahí la relevancia de definir desde las primeras fases de la planificación de las infraestructuras las imágenes objetivo por tramos o áreas homogéneas.

Un ejemplo de una actuación de restauración es el caso del aeropuerto de Bilbao, donde se refleja cómo un estudio específico puede mejorar la integración en el paisaje y minimizar los impactos medioambientales a producir, empleando los materiales disponibles *in situ*. Se partía de una situación inicial de rellenos y una cantera degradada que debía compatibilizarse con las servidumbres aeroportuarias, la instalación de un nuevo balizamiento y la atenuación del impacto acústico producido por la ampliación de la pista de rodadura. Se diseñó un reperfilado del terreno, adaptándose en la medida de lo posible a las formas naturales del terreno circundante, con una pendiente donde se alojarían las luces de aproximación, evitando la instalación de postes elevados y una pantalla antirruido integrada en el movimiento de tierras.

6.3. Principios y fundamentos rectores

La mejora y protección de la biodiversidad de nuestro territorio no es una mera declaración de intenciones, es un hecho que como tal se debe traducir en un nuevo enfoque a la hora de abordar los proyectos de infraestructuras.

Por ello, los principios y fundamentos rectores de los modelos de restauración a diseñar y aplicar en las obras de infraestructuras se resumirían en:

- Un planteamiento integrador y la obligación de la prevención.
- La incorporación al diseño de los proyectos de modelos de restauración que además de las clásicas consideraciones técnicas, económicas y paisajísticas, tengan en cuenta factores ecológicos y sociales.
- La incorporación al diseño de soluciones constructivas, de técnicas de ingeniería biológica.
- La consideración de la evolución natural como factor aliado e integrante del modelo de restauración.
- La concepción del diseño de soluciones a favor de la naturaleza, no en su contra.
- La minimización de los requisitos de mantenimiento de las soluciones que se diseñen, tanto en términos generales, como en términos de necesidades de riego, en particular.
- La planificación previa, con la antelación suficiente, de la actividad de obtención de especies destinadas a la restauración del medio, para que estas puedan ser plantadas en los momentos más apropiados.

6.4. Conceptos básicos del nuevo planteamiento

Los conceptos básicos clave del nuevo planteamiento integrador serían los siguientes.

La restauración y sus funciones

Se entiende por restauración el conjunto de prácticas ambientales destinadas a recuperar la funcionalidad objetivo del ámbito

geográfico alterado por la ejecución de obras e infraestructuras. Por tanto, la elección y diseño de las medidas de restauración lleva implícito el planteamiento previo y resolución de las siguientes cuestiones, en relación al medio concreto afectado por la obra e infraestructura:

- ¿Qué elementos del entorno han sido afectados y cuáles se pretenden recuperar?
- ¿Cuál es la funcionalidad que se pretende recuperar?
- ¿Cuáles son las técnicas y prácticas aptas para recuperar la funcionalidad?

En este contexto, las labores de restauración se debieran diseñar para cumplir las siguientes funciones:

- *Funciones ecológicas.* Se diseñarán para recuperar, en la medida de lo posible, la funcionalidad del territorio afectado. No enfocado como una simple replantación de especies vegetales, en cuya elección, por otra parte, deben ser considerados múltiples criterios (ecológicos, estéticos, técnicos...). Las herramientas deben basarse en la recuperación de zonas degradadas, el desarrollo de asociaciones vegetales autóctonas, la creación de micro y macro ambientes naturales, el aumento de la biodiversidad y la recuperación de la conexión del medio restaurado con el medio natural, favoreciendo la restauración natural del medio.
- *Función técnica.* Se dirige a la consolidación y cobertura del terreno, estabilización de los taludes, protección del terreno contra la erosión y prevención de desprendimientos, mejora de la retención hídrica del terreno para favorecer la restauración de la vegeta-

ción y mejora de las condiciones de drenaje. Se debiera potenciar el uso de técnicas de bioingeniería que potencien la consolidación de la biodiversidad del medio.

- *Función estético-paisajística.* Restauración de los valores estéticos mediante la integración de las obras en el paisaje, mediante su diseño con consideraciones estéticas, especialmente en entornos rurales y urbanos, así como protección contra el ruido.
- *Función socio-económica.* Mediante una mejor gestión de los recursos naturales y el empleo de técnicas menos agresivas.

Ingeniería biológica

La ingeniería biológica hace referencia a la disciplina de la ingeniería civil que incorpora el uso de materiales vegetales, normalmente vivos, para conseguir de forma simultánea los objetivos técnicos (estabilidad y otros) y económicos, a la vez que los ecológicos y estéticos de la obra o infraestructura que se diseña.

Si bien estas técnicas son bien conocidas, su uso no se encuentra tan extendido como sería deseable. Su principal aportación es la de posibilitar, mediante el uso de materiales naturales, procedentes preferiblemente del entorno mismo donde se desarrolle la infraestructura, una mayor integración de la misma en el territorio, economizar la utilización de materiales y favorecer el desarrollo de la biodiversidad e integración paisajística de las obras en el ámbito geográfico de actuación.

Se puede afirmar que el empleo de estas técnicas favorece la sostenibilidad de las infraestructuras al minimizarse el uso de ma-

teriales, favorecer su reciclado, uso de materiales locales y basarse en métodos que se apoyan principalmente en el uso de la vegetación.

Generalizar su uso debe formar parte del nuevo enfoque a la hora de plantear infraestructuras más respetuosas con el medio, integrándose y adaptándose a los condicionantes naturales y no luchando contra él mediante el uso de técnicas agresivas que desfiguran el territorio. A su vez, y en términos generales, las técnicas de ingeniería biológica acostumbran a ser soluciones más económicas que las alternativas clásicas de ingeniería civil y de menor impacto ambiental.

7. DISEÑO DE LAS ACTUACIONES DE RESTAURACIÓN. MÉTODO

La ejecución de las diferentes tareas debe realizarse de forma simultánea, dependiente e interrelacionada con el proceso de elaboración del proyecto de la obra o infraestructura que esté sometido a autorización administrativa (sustantiva, ambiental y/o municipal). El proceso culminaría con la entrega a la Administración de lo que genéricamente se designa como proyecto de restauración.

Consta de las siguientes fases:

1. Caracterización del territorio.
2. Tipificación de la obra o infraestructura.
3. Sectorización del ámbito del proyecto.
Definición justificada de sectores homogéneos.
4. Definición de las imágenes objetivo para cada sector.
5. Definición y asignación del modelo de restauración para cada sector.
6. Definición de las técnicas de restauración.

7. Redacción del proyecto de restauración.

En las fases 1 a 4 del proceso se analizan, justifican y resuelven los aspectos conceptuales de la restauración. De la fase 5 en adelante se analizan, justifican y seleccionan las técnicas concretas de restauración.

De entre todas las fases cobra especial relevancia la cuarta, correspondiente a la definición de las imágenes objetivo a conseguir en cada uno de los sectores homogéneos en que se subdivide el proyecto.

Como se ha mencionado anteriormente, se entiende como imagen objetivo, la visión deseada de cada una de las unidades ambientales en que se subdivide la actuación en escenarios futuros posteriores a la intervención. La descripción de las imágenes objetivo de cada unidad ambiental integra la descripción de las imágenes objetivo de los recursos afectados en cada unidad. Las imágenes objetivo deben ser viables, realistas y medibles.

Los escenarios futuros en los que se define la imagen objetivo se recogen en el cuadro n.º 3.

Para cada una de las unidades ambientales que integran el proyecto y para cada uno de los recursos afectados de la misma, el proyectista irá definiendo las imágenes objetivo en orden temporal inverso, es decir, definirá en orden sucesivo las imágenes objetivo a largo, medio y corto plazo, durante la fase de explotación y posteriormente las imágenes objetivo en fase de obra. El proyectista justificará la coherencia de esta secuencia, en el sentido de que las imágenes objetivo definidas para una fase temporal permitan alcanzar las de la siguiente.

Las imágenes objetivo a largo plazo se describirán y definirán en función del grado de recuperación de la funcionalidad del me-

Cuadro n.º 3

Escenarios de análisis de las imágenes objetivo

Fase de proyecto	Escenario	Duración
Fase de obra	Fase de obra	En principio se definirá un escenario para toda la duración de la obra, a menos que aspectos específicos relevantes (obras de gran magnitud y duración plurianual) justifiquen su subdivisión por estaciones.
Fase de explotación	Corto plazo	De 0 a 1 año tras la finalización de la obra.
	Medio plazo	De 1 a 10 años tras la finalización de la obra.
	Largo plazo	Más de 10 años tras la finalización de la obra.

Fuente: Elaboración propia.

dio en relación con los recursos afectados por la obra o infraestructura. Los tipos de imágenes objetivos a definir podrían ser:

1. Creación de nueva funcionalidad.
2. Recuperación total de funcionalidad preoperacional.
3. Mitigación de pérdida de funcionalidad irreversible.
4. Compensación de pérdida de funcionalidad irreversible.
5. No intervención postoperacional.

Para cada una de las unidades ambientales se asignará la tipología de imagen objetivo técnica y económicamente viable que permita la funcionalidad ambiental máxima posible de los recursos afectados.

La definición de las imágenes objetivo especificará el valor cuantitativo de los indicadores ambientales asociados a cada recurso/funcionalidad afectados.

Las imágenes objetivo en la fase de obra y en la fase de explotación a corto y medio plazo se describirán y definirán en función

de la necesidad e intensidad de intervención humana en la actuación de restauración para alcanzar los objetivos de la fase inmediatamente posterior.

Aceptada esta metodología el modelo de restauración será la combinación de técnicas y medidas desarrolladas con el fin de conseguir la imagen objetivo en los diferentes horizontes temporales establecidos para cada uno de los sectores del proyecto.

Conceptualmente existirá una correspondencia entre los modelos y las imágenes objetivos. Estos modelos podrán comprender:

- Mejora ambiental.
- Restitución ambiental.
- Mitigación ambiental.
- Compensación.

La combinación de los distintos modelos de restauración permitirá conseguir unas infraestructuras que mantengan, potencien y recuperen al máximo el capital natural que nos aporta el territorio, siguiendo las directrices de un desarrollo sostenible.

8. CONCLUSIONES

Las grandes infraestructuras son reflejo de los avances de nuestra sociedad, de nuestro desarrollo económico y social. La sociedad demanda infraestructuras cada vez de mayor capacidad. Sin embargo, este desarrollo no puede realizarse a costa de la pérdida de nuestro patrimonio natural, de un modelo incompatible con el arraigo a la tierra, en definitiva, un modelo que en la actualidad se muestra definitivamente insostenible.

La educación y la concienciación de la población deben ser una parte integrante de la planificación de las infraestructuras. Todos debemos entender que no podemos seguir por este camino, que nuestra tierra tiene una capacidad limitada y que, por tanto, los futuros desarrollos deberán ser afrontados con una nueva perspectiva, es decir, como una oportunidad de mejora de la calidad de nuestro medio que permita recuperar poco a poco los errores cometidos en el pasado.

Conservar y proteger los ecosistemas, los espacios y el paisaje deben ser un objetivo claramente recalado y todo proyecto debe considerar esta premisa como un condicionante básico del mismo. El principio de precaución debe regir la ejecución de todo tipo de infraestructuras, especialmente las de gran magnitud, como las grandes obras lineales, donde en ocasiones ya no es posible la recuperación de ciertos impactos (especial-

mente el efecto barrera y la fragmentación del medio ocasionado).

Para ello, hemos intentado dar una visión de un nuevo modelo para la planificación y diseño de las infraestructuras, donde la funcionalidad del medio (desde una perspectiva de sostenibilidad) forme parte integrante de los condicionantes de diseño de la infraestructura, de manera que esta se adapte de la manera más armoniosa y respetuosa posible al medio natural, tal y como el hombre hizo durante siglos, conformando un paisaje que dio origen a una cultura y tradiciones de la que hoy nos enorgullecemos, pero que podemos llegar a perder. Se debe ser consciente y asumir que en caso de no poder ser recuperados los valores y recursos del medio afectado (biodiversidad, suelo, hidrología, paisaje), los proyectos podrían ser paralizados o compensados con medios y actuaciones en su entorno que incrementen o mejoren el capital natural de ese territorio, de modo que el balance global en el mismo no quede menoscabado.

Este método plantea abordar los proyectos concretándose desde un principio y fijando una imagen objetivo final a conseguir en el territorio afectado por las infraestructuras tras su construcción. De esta forma, las medidas preventivas deberían quedar implícitas en el propio proceso de planificación y diseño y se debiera definir el estado final postoperacional objetivo a conseguir y condicionar el proceso de diseño y ejecución de las infraestructuras para lograr alcanzarlo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (2005): Conclusiones de la Presidencia. Bruselas, 16, 17 de junio de 2005.

GÓMER OREA, D. (2004): *Recuperación de los espacios degradados*. Mundi-prensa Libros, S.A.