



**Primeras Jornadas Internacionales**  
sobre Infraestructuras Viarias y Espacios Naturales Protegidos





# 01

**PRIMERAS JORNADAS INTERNACIONALES**  
sobre Infraestructuras Viarias y Espacios Naturales Protegidos

GIASA.

© JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Obras Públicas y Transportes.  
Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A. (GIASA)

DIRECCIÓN TÉCNICA  
Giasa

COORDINACIÓN DE LA EDICIÓN  
Dirección General de Planificación. Servicio de Publicaciones.

DISEÑO Y MAQUETACIÓN  
Habermas Comunicación

FOTOGRAFÍAS  
Archivo de GIASA - Fernando Alda

IMPRESIÓN  
Escandón Impresores

NUMERO DE REGISTRO  
JAOP/GIASA - 15 - 2005

DEPÓSITO LEGAL  
SE - 3.213 - 05

# **PRIMERAS JORNADAS INTERNACIONALES** sobre Infraestructuras Viarias y Espacios Naturales Protegidos

Sevilla, 2005



Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A.  
**CONSEJERIA DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE**







01



**MIGUEL DELIBES CASTRO**

Estación Bilógica de Doñana  
Intraestructuras, Hábitat y biodiversidad

## **MIGUEL DELIBES CASTRO** Estación Bilógica de Doñana

### **\_Intraestructuras, Hábitat y biodiversidad (\*)**

La sociedad necesita carreteras, las carreteras y otras infraestructuras modifican los hábitats naturales, y los cambios en los hábitats naturales afectan a la biodiversidad. La decisión de ejecutar o no una carretera dependerá del grado en que los beneficios obtenidos compensen a la afección producida. Generalmente los beneficios son bien conocidos (llegar antes a tal sitio, acceder a tales recursos, ahorrar combustible...) y se cuantifican económicamente, pero las afecciones y el modo de valorarlas lo son mucho menos. Ello hace muy difícil la toma de decisiones, puesto que se contraponen valores medidos de distinto modo. Pero incluso una vez que la decisión positiva se ha tomado, en todos los casos deberán minimizarse los efectos perniciosos. En consecuencia, tanto a la hora de decidir como a la hora de ejecutar una obra es importante: a) la percepción del valor de la biodiversidad, b) la aceptación de una relación entre los cambios en el hábitat y la pérdida de biodiversidad, y c) el conocimiento de los mecanismos que hacen posible ese efecto (de los cambios de hábitat sobre la biodiversidad). En esta comunicación dedicaré un pequeño espacio a las dos primeras cuestiones, y algo más a la tercera.

#### **1.El valor de la biodiversidad.**

Es ya un tópico referirse a la frase en la que Machado aludía a "los necios que confunden valor y precio". Distintas escuelas económicas han intentado, de distintas maneras, estimar cuántos euros vale un oso, o un lince, o una cigüeña negra. Las conclusiones sólo coinciden en una cosa: no tienen un precio en dinero, es cierto, pero valen más de lo que creemos. Un estudio célebre en Inglaterra consistió en preguntar a los habitantes

de un condado cuánto estaban dispuestos a pagar anualmente (sumándolo a sus impuestos) por conservar nutrias en su territorio. Las cifras resultantes asombraron: el 81% de los contribuyentes estaba dispuesto a aportar entre una y cinco libras por año y la suma total ascendería a 1.600 millones de pesetas (de las de hace varios lustros). Hay muchos estudios con resultados parecidos, lo que quiere decir que la sociedad industrializada valora en gran medida, al menos, a las especies más carismáticas.

Aunque menos conocido, el valor de uso de la biodiversidad es muy importante. No sólo para el consumo directo, de gran importancia en los países menos desarrollados, sino también para medicamentos y pesticidas que usamos todos. Según la Organización Mundial de la Salud, más de la mitad de la humanidad depende para su asistencia sanitaria primaria de medicinas obtenidas directamente de las plantas. En nuestro mundo desarrollado, por encima de la cuarta parte de las recetas se refieren a medicamentos que incluyen compuestos químicos de plantas, aunque una vez conocidos muchos de ellos se sintetizan en el laboratorio. Los veinte fármacos más vendidos en Estados Unidos están basados en sustancias descubiertas originalmente en especies silvestres y su valor de venta anual superaba los 6.000 millones de dólares (cerca de un billón de pesetas) en la pasada década. Y además, ¿cuántos secretos útiles no esconderán muchas especies que hoy no parecen servir para nada? Cada vez que perdemos una especie silvestre hipotecamos un poquito el futuro.

Con todo, el mayor valor de la biodiversidad procede de los servicios que nos presta, haciendo el mundo habitable. Han sido llamados "servicios

\* Una versión previa de este trabajo ha sido publicada en I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente, Vol. 1, pp. 173-179, 2002. (Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Comisión de Medio Ambiente, Madrid)

ecosistémicos” e incluyen (según una relación elaborada por el profesor Constanza y sus colaboradores) al menos: regulación de los gases atmosféricos, regulación del clima, amortiguación de las perturbaciones (inundaciones, sequías, etc.), regulación de los flujos hidrológicos, almacenamiento y retención de agua dulce, control de la erosión y retención de sedimentos, formación de suelo, mantenimiento de los ciclos de nutrientes, degradación de los residuos, polinización, control biológico de las poblaciones, refugio para poblaciones explotadas (o no), producción de alimentos, aportación de materias primas, aportación de recursos genéticos, fuente de recreo, y fuente de bienes culturales. Es imposible calcular cuánto valdrían estos servicios si hubiera que pagarlos, pero el citado profesor Constanza ha estimado que, por lo bajo, es el doble del Producto Global Bruto (es decir, el doble de la suma de todos los bienes y servicios producidos y comprados en todo el mundo).

Se podrá argumentar que la pérdida de esta o aquella especie no va a alterar la prestación de los servicios ecosistémicos. No lo sabemos. Lo único que podemos afirmar, hoy por hoy, es que la biosfera funciona mejor con más especies, y que el número de las que se están perdiendo es muy elevado. ¿Cuántas más podemos perder sin que el “ecosistema global” pierda su homeostasis, o capacidad de control? Los científicos piensan que en la Tierra vivimos entre ocho y treinta millones de especies, pero que cada año se están perdiendo entre 10.000 y 30.000. Estos valores son propios de un periodo de extinción masiva como el del final del Secundario.

## 2. Hábitat y biodiversidad.

Es posible pensar que muchas especies desaparecen porque se las mata, o porque se las comen otras, o, simplemente, porque les toca desaparecer. Que las afecciones a los hábitats, en definitiva, no deben tener un gran papel en la actual ola de extinción. Es cierto que hay ejemplos para todos los gustos, y también que muchas veces unas causas y otras se entremezclan hasta el extremo de que no es posible asignar la responsabilidad a una o a otra. En una frase que hizo fortuna, el biólogo Jared Diamond se refirió al “Cuarteto del Mal” (que podemos asimilar a nuestros “Cuatro Jinetes del Apocalipsis”) para

caracterizar a los agentes responsables de las extinciones. Se trataría de la mortandad abusiva, la destrucción del hábitat, las especies introducidas y las cadenas de extinciones.

Todo el mundo entiende bien lo de la mortandad abusiva. Las ballenas llegaron al borde de la extinción porque se las sobreexplotó. En una situación parecida están muchas pesquerías. Los osos desaparecieron de Los Alpes porque los mataron, ya que perjudicaban al ganado y asustaban a la gente. Hace tiempo se extinguieron las cabras monteses del noroeste ibérico porque fueron cazadas en exceso. También sabemos que acabaremos con un bosque si cortamos los árboles sin dejarles renovarse. No necesitamos aprender a relacionar el nivel de explotación con la supervivencia; está en nuestros genes; llevamos, como especie, cientos de miles de años haciéndolo.

Los restantes “jinetes” son, en cambio, menos evidentes, al menos para nuestra intuición. Se puede aceptar que los gatos introducidos han acabado con muchas especies de aves en islas remotas; estas especies eran “ingenuas”, no se escondían ni buscaban defenderse del depredador, pues nunca en su historia evolutiva lo habían visto y no lo temían. Pero ¿a quién se le ocurre una cosa así, sin estar previamente informado, cuando ve un gato en la isla de Gran Canaria? Y eso que el sueco Torbjörn Ebenhard, que ha pasado revista al efecto sobre la fauna y flora nativas de numerosas introducciones de especies exóticas, ha llegado a afirmar: “el gato doméstico es el depredador más peligroso jamás introducido por el hombre”. Antes de dejar el tema hay que hacer, cuando menos, una mención al papel de algunas infraestructuras lineales beneficiando a especies exóticas colonizadoras. El más evidente es el caso de los canales que conectan distintas cuencas y permiten que pasen especies dulceacuícolas de unos ríos a otros, pero también las carreteras cumplen el papel de vías de invasión. Luego veremos algún caso más sutil, pero cabe recordar que sólo con la reparación de un camino de tierra en Doñana se generó hace unos años una pequeña comunidad de plantas invasoras, cuyos propágulos habían llegado con los áridos necesarios para la obra.

Si es poco intuitivo el efecto pernicioso de las especies introducidas, menos aun lo es el de las

cadenas de extinciones. Como ocurrió en Gran Bretaña, puede suceder que un pesticida por lo demás inocuo acabe con los pulgones. Sin pulgones, desaparecen las hormigas que se alimentaban ordeñándolos. Sin hormigas, los pollitos de perdiz pardilla no encuentran suficiente alimento en sus primeras dos semanas de vida y desaparecen también. ¡Hace falta mucha información para relacionar el aficida inocuo para los no-pulgones con la escasez de perdices!. Algún autor ha reclamado que como todas las especies están relacionadas ecológicamente con otras, por cada una que desaparece acaban haciéndolo decenas de otras, antes o después.

Pero nos falta repasar un cuarto "jinete", que es el que nos ocupa. ¿Hasta qué extremo es destacado el papel de la destrucción y alteración del hábitat en el proceso actual de extinciones? Los expertos están casi por completo de acuerdo: se trata del factor de riesgo más importante. Se podrá estar o no de acuerdo, pues como ya he señalado es difícil, con frecuencia, concretar en una las causas que llevan a una especie a la desaparición, pero incluso si hay errores, las magnitudes son reveladoras: según un estudio de Georgina M. Mace y Andrew Balmford casi el 50% de las especies amenazadas de mamíferos lo están por alteraciones de su hábitat. El porcentaje es solamente un poco inferior en el caso de las aves y, aunque desconocido, sin duda muy superior para los invertebrados.

La razón para que el deterioro del hábitat sea tan grave es que puede tener efectos muy importantes incluso si ocurre a niveles reducidos. Nadie discutirá que si destruimos diez mil kilómetros cuadrados de selva tropical desaparecerán con ella un gran puñado de especies. Pero es menos claro que si apenas destruimos nada, pero dividimos los diez mil kilómetros cuadrados en cien parcelas de cien kilómetros cada una, podemos acabar asimismo con gran número de especies. Reconocerán conmigo que si partimos en cien trozos un billete de 500 euros no hemos "perdido billete", pero lo que queda no es lo mismo. Pues otro tanto ocurre con los hábitats. Ello puede ser relevante a la hora de evaluar y minimizar el impacto de las infraestructuras, ya que a veces se perjudica a la biodiversidad solamente porque no se es consciente de que se podrían hacer las cosas de

otra manera. Analizaremos, pues, a través de qué procesos puede ser alterado el hábitat perjudicando a la flora y fauna silvestres.

### 3. Destrucción, alteración y fragmentación del hábitat.

La destrucción directa del hábitat es un importante motivo de extinciones. Transformando un bosque en un campo de maíz, o una estepa en una plantación de pinos, acabaremos muy probablemente con los osos, en el primer caso, y con los sisonos y alcaravanes, en el segundo. Pero es algo tan evidente que no merece la pena discutirlo mucho: haciendo una carretera (o embalsando un río) una parte del hábitat original se pierde. En España ya hoy las carreteras ocupan por encima del 1'3% del espacio disponible. Leía no hace mucho que en el mundo hay casi medio millón de kilómetros cuadrados inundados por embalses, lo que representa una superficie considerable por sí misma. Pero como es bien sabido, la pérdida directa de hábitat no es el único efecto del embalse sobre el hábitat fluvial (de hecho, hay más agua, y podría pensarse que la cantidad de hábitat idóneo se ha incrementado; así se contempla en algunas promociones en el entorno de presas, que se refieren a los "valores ecológicos generados"). Los efectos reales son más y van más lejos.

#### 3.1. La calidad del hábitat

Normalmente hay que tener en cuenta tres elementos diferentes, a la hora de hablar de las perturbaciones del hábitat y su efecto sobre la biodiversidad: la calidad del hábitat, la cantidad de hábitat y su situación en relación con otras parcelas semejantes. Cuando el hábitat se destruye por completo, como decíamos antes, no tiene sentido el análisis, pero en situaciones normales las obras de infraestructura (o cualquier otro factor) influirán de distinto modo en uno o varios de estos tres elementos. Si seguimos con el caso del embalse, por ejemplo, la calidad del hábitat fluvial se verá muy modificada aguas abajo de la presa ya que, entre otras cosas, llegarán menos nutrientes, la temperatura del agua tenderá a bajar y uniformizarse, el régimen de flujo también será distinto, la ausencia de limos en suspensión, retenidos en el pantano, podrá afectar a la propia

estructura y ubicación del cauce... Aguas abajo de la presa del Cañón de Glen, en el río Colorado, el agua pasó de oscilar estacionalmente entre 0° y 27°C, antes de su construcción, a una temperatura casi constante de 8°C después; a ello se atribuye la mayor responsabilidad en la extinción de al menos tres especies de peces, mientras que otras cinco se encuentran en grave peligro.

Con frecuencia, también, la calidad del hábitat se ve modificada, incluso si es de una forma indirecta y poco evidente, en las inmediaciones de la infraestructura. El agua que fluye desde los embalses suele ser de peor calidad que la que llega a ellos desde el río, por ejemplo. Algunos casos son todavía más llamativos. Un estudio muy reciente ha permitido comprobar que las ratas comunes, invasoras de las Islas Canarias, tienden a ser más frecuentes cerca de las carreteras, y utilizan éstas para avanzar en el proceso de colonización de algunas islas: allí donde no llegan las carreteras, es difícil que lleguen las ratas. Se puede argüir que en este caso el efecto es, con toda probabilidad, indirecto: cerca de la carretera hay más restos de comida de origen humano, por ejemplo. Es completamente cierto, pero no lo es menos que se trata de una alteración del hábitat que sin la carretera no se hubiera producido (en este sentido son muy frecuentes los estudios que demuestran que la densidad de carreteras asfaltadas es un magnífico predictor de la presencia/ausencia de especies raras como, por ejemplo, el lobo, en Norteamérica; no se trata tanto de que la carretera los mate como de que la abundancia de vías de acceso origina invariablemente un cambio en la calidad del hábitat, que se humaniza). En el mismo sentido, carreteras y urbanizaciones han "ayudado" a ciertas especies domésticas a contactar con especies silvestres, a las que han transmitido enfermedades; así parece haber ocurrido con la rabia y el moquillo, transmitidas con funestas consecuencias desde los perros domésticos a los licaones o perros cazadores africanos.

Otro caso claro de deterioro del hábitat, aunque apenas lo vamos a tocar aquí, es la contaminación. De todos modos, no puede ignorarse que los embalses pueden funcionar como reservorios de contaminantes, por ejemplo, o que la contaminación química transmitida por el aire y la contaminación acústica se incrementan cerca de las carreteras.

### 3.2. La fragmentación del hábitat

La fragmentación de los hábitats naturales está considerada como uno de los factores más insidiosos produciendo pérdidas de biodiversidad, y puede relacionarse directamente con las infraestructuras. Por un lado, la fragmentación provoca reducciones de la cantidad total de hábitat disponible (ya lo hemos mencionado), pero por otro, y sobre todo, da lugar a "parches" de pequeño tamaño (fragmentación en sentido estricto) donde actúan distintas fuerzas que incrementan directamente la vulnerabilidad de las especies.

Los parches de pequeño tamaño pueden ser incapaces de mantener a largo plazo una población, por distintas razones. La más evidente es que en el parche "no quepan" suficientes individuos o, dicho de otra manera, que el hábitat disponible no ofrezca los recursos necesarios para sustentar una población mínima. Cuando se construyó el Canal de Panamá se formó artificialmente la isla de Barro Colorado, cuya biodiversidad ha sido estudiada rutinariamente desde entonces. Muchas especies, sobre todo los grandes depredadores, han desaparecido, pues en la isla no hay recursos suficientes para mantener ni siquiera una pareja. A otras escalas puede ocurrir algo parecido: Una familia de osos a la que rastreamos en la Cordillera Cantábrica, por ejemplo, nunca fue localizada en bosquetes menores de cuatro hectáreas, y en cambio lo fue con una frecuencia desproporcionada en las masas forestales mayores de cincuenta hectáreas.

Más común es que sí que quepa una pequeña población, pero estas pequeñas poblaciones son muy vulnerables por razones principalmente estocásticas. Les afectan mucho el azar ambiental (un mal año, un incendio, una inundación...), factores demográficos de tipo aleatorio (proporción de sexos al nacer o al morir, por ejemplo) y riesgos de tipo genético (deriva genética, endogamia...). Algunos grandes embalses constituyen barreras para la nutria, que o bien no supera la presa o bien evita las orillas desnudas de la masa de agua. Pues bien, en cuencas mediterráneas la porción de río que queda aguas arriba del embalse es con alguna frecuencia demasiado pequeña para mantener una población de nutrias, única razón que explica que no pueda encontrarse a la especie allí.

Otros factores de importancia afectan a las poblaciones "encerradas" en pequeños fragmentos de hábitat. Por ejemplo, la influencia del exterior sobre los fragmentos, a través de lo que se han denominado efectos de borde, es muy grande, y puede tener consecuencias difíciles de prever, tanto en la interfase entre un medio y otro como muy dentro del propio fragmento. Y también ocurre que la distancia, o las dificultades de comunicación, entre distintos fragmentos, hacen imposible que animales o plantas viajen de unos a otros, con lo cual dejan de formar un sistema interactuante que tiende a equilibrarse. La consecuencia es que cuanto más pequeños y más aislados son los fragmentos de hábitat conservados, menos especies podrán albergar. A este respecto, las obras de infraestructura son bien conocidas tanto por fragmentar el territorio como por generar barreras que dificultan el movimiento entre unas manchas de hábitat y otras.

### 3.3. El efecto barrera

Decíamos previamente que eran importantes la calidad del hábitat, la cantidad de hábitat y el lugar en el que ese hábitat se hallara. ¿Qué quiere decir esta última afirmación? Pues simplemente que pueden existir hábitats muy favorables, pero que si están en un mal lugar, al que no se puede acceder, por ejemplo, nunca serán ocupados. La consecuencia, en ese caso, es que funcionan en la práctica como hábitats destruidos.

Fauna y flora encuentran dificultades para acceder a determinadas zonas porque topan con barreras que les impiden el paso. Parte de esas barreras son naturales (una estepa es una barrera para un mamífero forestal) y otras, aunque artificiales, están de algún modo incorporadas al paisaje y el territorio (como las grandes superficies cultivadas desde hace siglos). Existen, no obstante, obstáculos físicos que impiden el desplazamiento de animales y plantas y son de origen reciente. Con mucha frecuencia, las consecuencias de estas barreras van mucho más allá de lo que cabría prever dadas sus dimensiones. Las presas de los embalses son casi siempre barreras infranqueables para los peces migradores. Ello ha provocado en el último medio siglo la desaparición de las anguilas de toda la España interior, y con ella cambios importantes en la ecología de todos los sistemas fluviales. El efecto barrera de algunas infraestructuras

lineales ha merecido mucha atención, especialmente en lo que respecta a las carreteras. Un magnífico ejemplo es el trabajo desarrollado, también en España, dentro del programa COST 341, dedicado a estudiar los efectos de las infraestructuras de transporte en la fragmentación de los hábitats. Como será tratado a fondo en otras secciones, omito tratarlo con detalle aquí.

## Conclusiones

**1. La biodiversidad tiene un valor importante, incluso económico, para las sociedades humanas, y merece ser conservada.**

**2. La destrucción y alteración de los hábitats es hoy por hoy el factor de riesgo más importante para la biodiversidad.**

**3. Las obras de infraestructura en general y las carreteras en particular tienen un papel destacado en la modificación de los hábitats, tanto alterándolos directamente, como fragmentándolos o generando barreras que dificultan o impiden el movimiento de fauna y flora.**

**4. Estos efectos negativos deben ser considerados, tanto en el momento de decidir sobre la oportunidad o no de ejecutar una obra, como después, si se decidiera ejecutarla, para minimizarlos.**

**5. En los espacios naturales protegidos, donde la biodiversidad tienen por definición un papel relevante, la "opción cero" (renunciar a construir la carretera) debe ser considerada con especial atención.**

**6. Sólo un conocimiento preciso de los mecanismos mediante los que las infraestructuras afectan a la biodiversidad puede permitir reducir al mínimo los efectos negativos. Ello requiere incrementar la investigación en ese campo.**

32



**HERMELINDO CASTRO NOGUERA**  
Carreteras y Espacios Naturales Protegidos

## **HERMENEGILDO CASTRO NOGUEIRA** Director General de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía

### **\_Carreteras y Espacios Naturales Protegidos**

Andalucía es hoy uno de los patrimonios naturales más diversos y mejor conservados de Europa. La variedad de sus paisajes, la existencia de especies emblemáticas, como el águila imperial o el lince ibérico, o la densidad de endemismos ibéricos de flora vascular que allí se pueden encontrar dan buena prueba de ello. Con sus 87.000 Km<sup>2</sup> es la cuarta región más grande de la Unión Europea e incluye el 56% de las Especies de Interés Comunitario de la región mediterránea de la Red Natura 2000.

La creación de espacios naturales protegidos ha representado desde siempre la base de la política de conservación del patrimonio natural andaluz. En la actualidad la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA) agrupa a 206 espacios, catalogados bajo 9 diferentes figuras de ámbito nacional y regional, que ocupan en su totalidad 16.513 Km<sup>2</sup>, es decir, el 19% del territorio andaluz. Además, Andalucía ha aportado a la Red Natura 2000 193 propuestas de Lugares de Interés Comunitario (LIC), que aumentarán el territorio protegido en la región hasta el 29% del total. La Red Natura 2000 representa por tanto nuevos retos y oportunidades para fortalecer y consolidar la RENPA.

Andalucía es asimismo la región española que más ha impulsado las iniciativas internacionales a favor de la conservación en su territorio, recibiendo 27 reconocimientos derivados de 6 convenios o programas distintos. Contamos así, entre otros, en nuestro territorio con 8 reservas de la biosfera, 1 espacio patrimonio de la humanidad y 13 espacios reconocidos por el convenio Ramsar.

En la Dirección General de la RENPA creemos que la diversidad biológica y la cultural son interdependientes y que es necesario gestionar el patrimonio protegido en un contexto territorial amplio y conservar la diversidad cultural que se manifiesta en los sistemas de uso tradicional del

territorio. Se trata de desarrollar modelos de vida dinámicos y altamente flexibles, domesticando los sistemas mediante la imitación de las pautas naturales. Esta visión parte de conceptos y planteamientos que entienden al ser humano como elemento dinamizador y parte integrante de los ecosistemas, que hablan de paisajes culturales en lugar de paisajes prístinos, que pretenden un paisaje mediterráneo multifuncional, con una alta heterogeneidad ecológica y una configuración espacial que facilite los vínculos territoriales y donde las redes ecológicas y culturales estén integradas y se apoyen mutuamente.

A lo largo de la historia hemos ido pasando de espacios protegidos conectados por una matriz continua o heterogénea de redes ecoculturales a espacios protegidos aislados inmersos en una matriz transformada de redes artificiales.

Estas redes, entre ellas la de infraestructuras viarias, tienen efectos negativos directos e indirectos sobre la integridad ecológica de los ecosistemas terrestres y acuáticos. El evidente aumento de la mortalidad y de la contaminación va acompañado de efectos barrera, borde y corredor a lo largo de las carreteras, y de una pérdida o transformación del hábitat de las distintas especies que habitan el territorio que la red atraviesa a causa de las perturbaciones. El impacto a largo plazo sobre las poblaciones biológicas depende del tipo de infraestructura, del paisaje y de la especie o proceso considerado. Los efectos son sinérgicos y operan a distintas escalas.

#### **Perturbación y efecto borde:**

Además de por las características del tráfico y de la carretera, el alcance del efecto depende de la topografía, la dirección del viento, la vegetación, etc. Se manifiesta en el drenaje de plomos, sales,

etc. sobre ecosistemas acuáticos, en el flujo de sedimentos, en el impacto por ruido sobre las aves esteparias y las del bosque, en el efecto disuasorio sobre los grandes mamíferos, en la invasión de rudelares y especies exóticas y en los efectos del incremento de la presión humana.

### **Efecto barrera:**

La velocidad de los automóviles, la intensidad del tráfico, la densidad de individuos multiplican el efecto barrera e incrementan la mortalidad de la fauna salvaje. La época del año, la franja horaria, el nivel de fragmentación del hábitat, el grado de integración de la vía en el paisaje, la existencia o no de vegetación de borde, también condicionan la evolución de la tasa de mortalidad.

### **Dispersión y hábitat de especies:**

En paisajes muy transformados, los márgenes vegetados de las carreteras y caminos pueden cumplir las funciones de hábitats y de corredores ecológicos. Sin embargo, conforme se incrementa la densidad de carretera lo hace también la fragmentación del territorio e inversamente disminuye la presencia de la fauna en el entorno. La fragmentación, además, no sólo afecta a las especies sino también a los procesos (flujos de ladera, agua superficial, etc.).

Y es que la fragmentación es un proceso dinámico que implica la rotura de los patrones horizontales de los ecosistemas. En este proceso la reducción del tamaño de los fragmentos genera una pérdida progresiva de especies, ya que las especies están adaptadas a tamaños concretos. Y no podemos sumar fragmentos pequeños para proteger especies de fragmentos grandes. Por ello, es siempre mejor crear espacios naturales protegidos grandes que pequeños.

Al disminuir el tamaño de los fragmentos aumenta el efecto de borde. La disminución de la relación superficie/perímetro de los fragmentos aumenta la permeabilidad o efecto de la matriz. A menor tamaño del fragmento mayor competencia y depredación.

Para disminuir los efectos de la fragmentación es necesario regular los usos de la matriz donde se encuentra.

Es necesario integrar los espacios protegidos en su contexto territorial y ambientalizar las políticas territoriales (infraestructuras, agua, agricultura, turismo, urbanismo...). Resulta fundamental caracterizar los vínculos que ligan los espacios naturales protegidos con su territorio circundante y con otros espacios protegidos. Los espacios protegidos no deben considerarse islas de biodiversidad en una matriz antropizada, sino parte de un sistema de conservación interconectado y representativo. Por eso es preciso tener en cuenta las fronteras funcionales y culturales más allá de los límites administrativos.

Es asimismo esencial compatibilizar las nuevas infraestructuras viarias (redes artificiales), que en la actualidad actúan como barreras, con las redes naturales, vertebradas a partir de las tramas establecidas por el agua superficial y subterránea, y las culturales, acopladas y compatibles con las naturales y presentes de forma secular en el territorio andaluz.

Es necesario evitar el modelo territorial de la caja blanca - caja negra e implementar una planificación y gestión integrada del territorio.

A fin de potenciar territorios de gran heterogeneidad ecológica y diferentes tasas de renovación con elevado grado de conectividad, hay que impulsar modelos de gestión que favorezcan el uso múltiple (bienes y servicios) de los sistemas naturales.

### **El sistema de conservación de la RENPA establece para su gestión la siguiente zonificación:**

- Áreas esenciales para la conservación: son los núcleos, que suministran la superficie de ecosistemas naturales y culturales necesarios para asegurar los flujos esenciales del paisaje.
- Áreas de interés para la conservación: fundamentalmente la matriz. Son áreas no protegidas con sistemas de uso tradicional bien conservados y que actúan como fuente de procesos ecológicos clave.
- Áreas o elementos de interés para la conectividad territorial: como los corredores ecológicos y culturales, que pueden ser continuos o discontinuos.

- Espacios o elementos singulares: son reservas oportunistas o microreservas para la conservación de elementos singulares de la estructura biótica o geótica de los ecosistemas.

- Unidades Ecológicas de Gestión RENPA: espacios con significado ecológico y territorial sobre los que se articulan y coordinan las propuestas de conservación que trascienden los límites de los espacios protegidos. Se han catalogado como unidades ecológicas de gestión hasta ahora 11 ecorregiones continentales y 5 marinas.

### Además, la RENPA cuenta con los siguientes instrumentos de gestión:

- Planes de Ordenación de Recursos Naturales (PORN): creados por la Ley 4/89 como instrumentos flexibles para la ordenación de los recursos naturales en un marco territorial más amplio que el que definen los límites administrativos del espacio protegido, constituyen un instrumento novedoso y potente para la planificación integrada del territorio.

Permiten:

- Realizar un diagnóstico de la situación.
- Determinar los regímenes de protección que procedan en el área.
- Formular criterios orientadores de las políticas sectoriales que afecten al espacio ordenado. Los PORN son por tanto herramientas de orientación y coordinación de las políticas sectoriales que pueden afectar al área protegida para hacerlas coherentes con los objetivos de protección.
- Planes Rectores de Uso Público (PRUG): Se crean por la Ley 4/89 como instrumentos orientados a la gestión y al uso de la superficie que los PORN hayan determinado como espacio protegido dentro del área ordenada. Son una herramienta propia del espacio protegido y afectan únicamente al área incluida en éste.
- Planes de Desarrollo Sostenible en Parques Naturales (PDS): La mayoría de los espacios de la RENPA forman parte de un sistema ecológico y económico (socioecosistema), cuya gestión requiere incorporar factores naturales, sociales,

culturales, políticos, económicos y tecnológicos. Son una herramienta clave para la gestión integrada de espacios protegidos como asentamientos humanos.

- El Plan de Ordenación Territorial de Andalucía (POTA) incorpora la base ecológica como referente para el conjunto de estrategias de articulación territorial, integración económica y sostenibilidad del desarrollo socioeconómico.

- Los Planes de Ordenación de ámbito subregional toman como referencia los objetivos fijados en los PORNs y PRUGs de los espacios protegidos en su ámbito territorial.

- El Plan de Espacios/Elementos con Incidencia en la Conectividad del Territorio (PEIC) tiene como objetivo gestionar la matriz para proteger las conexiones, creando un sistema integrado de relaciones ecológicas, culturales y recreativas que haga uso especialmente de los cursos fluviales y las vías pecuarias.

Desde una visión ecorregional, en la RENPA se trata de impulsar modelos de desarrollo que favorezcan el uso múltiple de los ecosistemas. Se pretende que los espacios protegidos adquieran distintas funciones según la base biofísica y cultural del territorio donde se ubican.

El Plan Director de Infraestructuras de Andalucía 1997-2007 (PDIA) y el Plan Director de la RENPA se adecuan al Modelo Territorial del POTA y consideran respectivamente las infraestructuras y los espacios naturales desde la perspectiva de su contribución a la articulación física del territorio, a la integración económica y el desarrollo regional y a la sostenibilidad ecológica.

El reto es integrar las variables socioeconómicas, naturales y culturales a través del diseño de infraestructuras viarias y espacios protegidos multifuncionales.



**JESÚS MERINO ESTEBAN**

La integración de la variable ambiental en la planificación, proyección y gestión de las carreteras de la Red Autonómica Andaluza

## JESÚS MERINO ESTEBAN

Director General de Carreteras. Consejería de Obras Públicas y Transporte. Junta de Andalucía

### La integración de la variable ambiental en la planificación, proyección y gestión de las carreteras de la Red Autonómica Andaluza

Para dar una visión general de la Red de Carreteras de Andalucía, comenzaré por hacer una breve historia de los Planes elaborados por la Consejería de Obras Públicas y Transportes que marcan hitos importantes en la evolución de la Red.

En 1984 se produjo por R.D. 951/1984 el traspaso de funciones y servicios de la Administración del Estado a la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de carreteras, iniciándose la nueva etapa de administración de la red viaria andaluza. La red de carreteras estatales en Andalucía antes de las transferencias tenía: 12.000 km, de ellos 2.500 se los reservó el Estado. Esa red concebida principalmente para servir de articulación con el exterior, presentaba sus mayores déficits en los niveles intermedios y locales, motivando la desarticulación del territorio andaluz.

Con el traspaso de funciones y servicios en materia de carreteras, la Comunidad Autónoma Andaluza inició la formulación del Plan General de Carreteras de Andalucía 1987-1994, que junto con el primer Plan General de Carreteras aprobado por la Administración Central del Estado pretendía resolver los principales problemas viarios del territorio andaluz, caracterizados por:

- Bajo nivel de articulación interior y débil integración con el exterior.
- Deficiente accesibilidad a numerosas áreas de la región.
- Reducida dotación de carreteras y baja calidad de éstas.

Este Plan del año 1987 se concebía con el objetivo de efectuar no sólo una planificación que permitiera orientar de forma coherente las inversiones públicas en el sector, sino también definir un nuevo sistema viario que sirviera para la vertebración e integración territorial de Andalucía. En este contexto, tres eran los aspectos que destacaban en el Plan General de Carreteras:

- Abordaba la planificación global de todas las carreteras de Andalucía, independientemente de

su titularidad, repartida entre la Administración Central, la Junta de Andalucía, las Diputaciones Provinciales y otros Organismos (IARA, AMA, Confederaciones,...)

- Establecía la jerarquización de toda la red explicitando objetivos, funciones y estándares mínimos que cada uno de los distintos niveles de la red habían de cumplir.
- Contemplaba las actuaciones necesarias para cumplir los objetivos propuestos y establecía el nivel de prioridades para los dos primeros cuatrienios evaluando el volumen de inversiones necesarias.

El Plan General de 1987 catalogó un total de 22.673 km, jerarquizándolos en dos niveles: la Red Principal (9.465 km) y la Red Secundaria (13.208 km).

En el periodo 1987-1994 el esfuerzo inversor permitió el acondicionamiento de más de 3.200 Km de la Red Principal definida por el Plan General de Carreteras.

La Ley 25/1998 de Carreteras del Estado y su Reglamento General, la Ley de Ordenación del Territorio de la C.A.A. de 1.994 y los programas de inversión de la Unión Europea y los cambios sustanciales producidos en las condiciones socioeconómicas determinaron la revisión de la planificación de Carreteras de Andalucía. Surge así el Plan Director de Infraestructuras de Andalucía 1997-2007 (P.D.I.A.) constituyendo el instrumento básico y esquema director de referencia para la definición y coordinación de las actuaciones en materia de infraestructuras de la Junta de Andalucía, en el marco de las estrategias establecidas por la Ordenación del Territorio.

La entrada en vigor de la Ley 8/2001, de 12 de Julio, de Carreteras de Andalucía, dota a la Comunidad Autónoma Andaluza de un marco

legislativo y normativo propio para el ejercicio de su competencia exclusiva en materia de carreteras, y abordando en su capítulo I la planificación viaria, estableciendo y regulando los distintos instrumentos para llevarla a cabo.

Dicha Ley con las modificaciones introducidas por la Ley 2/2003 de Ordenación de los Transportes Urbanos y Metropolitanos de Viajeros de Andalucía, establece las categorías que integran la Red de Carreteras de Andalucía:

La Red Autonómica (Básica, Intercomarcal y Complementaria) de titularidad de la Junta de Andalucía, y la Red Provincial (Comarcal y Local), de titularidad de las Diputaciones Provinciales. Al amparo de la Ley de Carreteras de Andalucía se ha llegado a un acuerdo con todas las Diputaciones para elaborar el Catálogo de Carreteras de Andalucía que próximamente será sometido a la aprobación del Consejo de Gobierno y que será el instrumento para la transferencia de competencias de diferentes carreteras que cambian la titularidad.

Tanto el PDIA vigente al igual que el Plan de Infraestructuras del Transporte del Estado 2000-2007 están más centrados en la red de gran capacidad y principales vías de conexión. Para complementarlo, desde la Dirección General de Carreteras se ha elaborado el Plan MAS CERCA (para la Mejora de la Accesibilidad, Seguridad vial y Conservación en la Red de Carreteras de Andalucía) enfocado hacia la red convencional, con horizonte temporal 2004-2010 en el que se detallan actuaciones en más de 2.000 km de la Red.

Los objetivos son:

- Mejorar la accesibilidad en el interior de Andalucía especialmente a las áreas de peores condiciones de acceso.
- Mejorar la accesibilidad a la Red de Gran Capacidad desde los núcleos de población consiguiendo que el 95 % de los andaluces estén a menos de 25 minutos de esa Red.
- Mejorar la accesibilidad a las zonas litorales ámbitos de gran dinamismo.
- Mejorar la Seguridad y el nivel de servicio de nuestras carreteras.
- Mejorar la capacidad y organización de la Red de las Áreas Metropolitanas.
- Eliminar la conflictividad del tráfico en el medio urbano mediante la construcción de variantes de

población y acondicionamiento de travesías.

De acuerdo con el Catálogo de Carreteras de Andalucía recientemente elaborado, La Red de Carreteras de Andalucía está integrada por 23.181 kilómetros, de los cuáles 10.255 km (44%) conforman la Red Autonómica, de titularidad autonómica; 9.354 km (40%) pertenecen a la Red provincial gestionada por las Diputaciones Provinciales y finalmente, las carreteras de titularidad estatal en nuestra comunidad totalizan 3.304 km (14%), y de otros organismos 268 km (2%).

En cuanto a la Red de Gran Capacidad, del Estado dependen 1.465 km (1.115 km. autovías, 168 km. de carreteras de doble calzada y 192 km de autopista de peaje) y de la Junta de Andalucía 700 km de autovía.

Lógicamente, la Red de Carreteras de Andalucía constituye un sistema que se enclava en un territorio en el que se ubican otros sistemas y redes espaciales, siendo ambas expresiones diferenciadas de una única realidad territorial. En este sentido la Red de Carreteras de Andalucía y la Red de Espacios Naturales de Andalucía, son la expresión de la voluntad de organizar y ordenar el territorio de nuestra región con criterios de equilibrio y sostenibilidad, de modo que ambos sistemas son elementos básicos para el desarrollo presente y futuro de la Comunidad Autónoma.

Expondré a continuación como la variable medio ambiental se ha integrado en la planificación de carreteras y en la ejecución de los proyectos y las obras.

La administración andaluza, en paralelo a las líneas de actuación orientadas a la conservación y protección del medio (Ley del Inventario de espacios naturales Protegidos, Planes de Ordenación y Gestión de Parques Naturales, Plan de Medio Ambiente de Andalucía 1995-2000), ha desarrollado a través de la Consejería de Obras Públicas y Transportes políticas y estrategias de planificación y ordenación en materia de infraestructuras, como el Plan Director de Infraestructuras de Andalucía 1997-2007, el Plan de Ordenación del Territorio de Andalucía, y recientemente la Ley de Carreteras de Andalucía. Estos instrumentos a los que ya antes me había referido se caracterizan por la incorporación de la variable ambiental en la planificación, proyección y gestión de la obra pública. Si esto es importante en todas las infraestructuras más aún lo es en las

que se desarrollan en Espacios Naturales Protegidos.

Una de las líneas básicas de la actuación de nuestra Consejería ha sido el completo cumplimiento de la legislación ambiental, tanto en fase de Estudio Informativo y en Proyecto como en fase de obras. Además desde hace ya varios años se ha acometido la definición e implantación de un modelo de gestión ambiental de la obra pública. La variable ambiental ha pasado a tener un peso específico elevado en los procedimientos de gestión de proyectos y obras, considerando la especial incidencia que las infraestructuras pueden tener sobre el medio ambiente y potenciando las distintas estrategias de conservación de los recursos naturales, paisajísticos y culturales del territorio andaluz. Los factores medioambientales del medio se incorporan como elementos estructurales y funcionales en la planificación, definición y ejecución de proyectos y obras, participando activamente en la selección de alternativas técnicas y en la definición y ejecución de las infraestructuras.

La definición de estos procedimientos de gestión ambiental se inició en 1996, culminando su primera fase correspondiente a la implantación básica en 1998. Durante la misma, se realizó una importante labor de revisión de los Pliegos de redacción de proyectos y Pliegos de Obras, afectando al contenido y desarrollo de los Estudios y Proyectos de Carreteras, y a la aplicación de medidas preventivas y correctoras en obras, adecuándolas a la normativa ambiental vigente (Ley de Protección Ambiental 7/94 y sus reglamentos, ley forestal, normativa de vías pecuarias...).

Durante los ejercicios de 1999 y 2000 se procedió a su progresiva aplicación, acometiéndose los ajustes requeridos en función de las experiencias obtenidas durante el periodo anterior. El año 2001 puede considerarse como un punto de inflexión, procediéndose a la aplicación integral del modelo y del conjunto de procedimientos de verificación y auditoría que lo desarrollan, tanto para la fase de proyectos como para la ejecución de obras y su explotación. En la práctica supone que la variable ambiental es un elemento definitorio, que recibe un tratamiento específico en cada proyecto y obra, independientemente de los condicionantes legales ambientales a los que esté sometido. La Ley 8/2001, Ley de Carreteras de Andalucía,

supone la reafirmación del modelo adoptado, puesto que entre sus principios rectores (citados en su exposición de motivos), incluye la consideración del medio ambiente y el patrimonio cultural en las intervenciones viarias. Incluso amplía los supuestos de control ambiental previstos en la Ley 7/1994 de Protección Ambiental. Esta Ley permite incluso la ampliación del dominio público viario, para la aplicación de medidas correctoras y de integración paisajística. Crea además la figura del Proyecto de Restauración Paisajística, separando sus actuaciones de la obra civil, con contrato independiente, aspecto ya desarrollado plenamente con anterioridad en las actuaciones de la Consejería de Obras Públicas y Transportes.

En todo caso, el modelo de gestión medioambiental de infraestructuras debe entenderse como un instrumento dinámico y evolutivo que requiere de permanentes ajustes para adecuarlo a las modificaciones normativas y a los nuevos escenarios que se desarrollan en su aplicación.

El modelo de gestión medioambiental se basa en tres líneas de actuación:

1. Un conocimiento técnico-científico detallado del medio natural y cultural afectado por las obras de infraestructuras en relación con sus variables ambientales y su capacidad de acogida y respuesta frente a las acciones perturbadoras generadas por la actuación proyectada. Este conocimiento específico, incorporado en las fases previas de definición de la actuación, permite aplicar el principio de prevención, evitando incidencias ambientales no deseadas, adaptando los parámetros técnicos de la infraestructura a las características del territorio que la soporta.
2. Otra línea de actuación es el estricto cumplimiento de la legislación ambiental vigente en las distintas fases de definición y ejecución de las obras de infraestructura. En todo caso, este cumplimiento normativo no se interpreta como un trámite administrativo que se aplica con carácter previo a la aprobación de los proyectos, sino como un procedimiento integral aplicable antes, durante y después de la ejecución de las obras, a los efectos de preservar y potenciar los valores naturales y culturales del territorio.
3. La calidad ambiental como indicador de la calidad técnica de proyectos y obras, y como valor añadido de la infraestructura. La verificación de la calidad

ambiental al nivel técnico se lleva a cabo mediante la aplicación de un proceso dinámico de supervisión y ecoauditorías. Este indicador se añade a otros parámetros que utilizan los usuarios de las infraestructuras: estética de la obra, comodidad, seguridad, etc.

Entre las principales estrategias que se han adoptado en aplicación del modelo de gestión ambiental destacan:

- La incorporación de personal especializado o asesorías ambientales en los equipos pluridisciplinarios que realizan la elaboración de estudios previos, redacción de proyectos, dirección de las obras, y seguimiento durante la fase de explotación.
- La incorporación de estudios ambientales previos a la definición de los proyectos. Con independencia de la tramitación ambiental que requiera la infraestructura, todas las actuaciones que se definan al nivel de estudios previos o proyectos deberán incorporar los estudios específicos de caracterización del territorio para identificar las variables ambientales existentes y determinar la capacidad de acogida del medio.
- La elaboración y ejecución de proyectos de restauración paisajística y recuperación de la vegetación. Estas actuaciones, independizadas de la obra principal, se ejecutan por empresas especializadas con un periodo de conservación y mantenimiento de 24 meses.
- La aplicación de los programas de seguimiento y vigilancia ambiental durante la fase de ejecución y explotación de las obras.
- Se adoptan instrumentos de coordinación con el organismo ambiental y cultural, a los efectos de programar adecuadamente el alcance técnico de las actuaciones y la aplicación de la normativa vigente en proyectos y obras.

Como resumen de la gestión ambiental en estudios, proyectos y obras por parte de la Consejería de Obras Públicas y Transportes: De acuerdo con los Pliegos de esta Consejería, la definición y redacción de todos los proyectos de infraestructuras debe incorporar un Estudio Ambiental y de Medidas Correctoras específico para cada actuación proyectada, adaptado a las características y variables medioambientales y

socioculturales del medio que se verá afectado por las obras. Para definir y desarrollar este estudio ambiental, las Asistencias Técnicas incorporan asesores especializados en medio ambiente en sus equipos de trabajo.

En relación con la Dirección y Supervisión de las obras, las asistencias técnicas contratadas a estos efectos incluyen en su equipo pluridisciplinar a especialistas en medio ambiente para efectuar el seguimiento y vigilancias de las distintas medidas que se aplican.

Respecto a la ejecución de las obras, la gestión medioambiental en esta fase conlleva la aplicación específica de un conjunto de medidas preventivas y correctoras de la incidencia ambiental generada por la infraestructura. La repercusión económica de estas actuaciones es muy variada, y depende de las características técnicas de cada obra y de las variables ambientales del medio natural, paisajístico y cultural que resulte afectado. En líneas generales, puede establecerse que el coste repercutido para las medidas preventivas y correctoras del impacto ambiental sobre los presupuestos de ejecución de las obras oscila entre el 5% y 10%, alcanzando el 15% en las grandes obras de infraestructura. Cuando las características ambientales del medio son de elevado valor ecológico, este porcentaje se eleva hasta el 30-40%, como ocurre en los sistemas viarios del entorno de Doñana y en los tramos de la Autovía A-381 que afectan al Parque Natural de Los Alcornocales, donde se acometen medidas singulares desde el punto de vista medioambiental. Existe además, como antes he señalado, un conjunto de actuaciones que se han independizado de la ejecución de la obra principal y se constituyen en sí mismas como medidas correctoras de la incidencia generada por la infraestructura, entre las que destacan las intervenciones arqueológicas y las restauraciones paisajísticas. La definición y ejecución de las actuaciones de restauración paisajísticas de las infraestructuras se constituye como una aplicación específica del conjunto de medidas correctoras identificadas en relación con la recuperación de la vegetación, con la integración paisajística de la infraestructura en el entorno y con la minoración de procesos erosivos superficiales. Como ejemplo del esfuerzo que desde la consejería de Obras Públicas y Transportes se ha realizado en la integración de la componente ambiental en

obras de carreteras que atraviesan Espacios Naturales Protegidos, podemos citar entre las grandes infraestructuras la construcción de la A-381, Jerez-Los Barrios, que pasa por el parque natural de Los Alcornocales.

Como datos más relevantes para el conjunto de los seis tramos intermedios tenemos:

### Se han construido:

- 6.200 metros de longitud permeable a la forma.
- 4.641 metros de longitud de viaducto.
- 5 falsos túneles
- 4.500.000 m<sup>3</sup> de material estabilizado con cal para evitar extracciones o préstamos de cantera.
- 17 pasos específicos de fauna.

Un 30 % en media del importe de las actuaciones se ha debido a medidas correctoras, lo que supone más de 100 millones de euros para estas medidas. En restauración paisajística se ha destinado 10 millones de euros.

Para medidas compensatorias en estos tramos se han destinado 7,2 millones de euros

### Consideraciones finales:

- Los habitantes de las poblaciones situadas en los espacios naturales protegidos deben sentir como un privilegio y no como una carga vivir en esos espacios. Para ello, además de las campañas de sensibilización de los valores del territorio en que habita, es fundamental el desarrollo socioeconómico y para ello una red de carreteras que le proporcione suficiente accesibilidad y adecuadas condiciones de seguridad y comodidad. Dentro del Plan MÁS CERCA, que al principio he mencionado, y en los trabajos de diagnóstico de la Red se detectaron diversas zonas en Andalucía de baja accesibilidad a sus poblaciones, varios de ellos en espacios naturales protegidos. Pues bien el Plan ha previsto 35 actuaciones dentro de ellos (18 en mejora de accesibilidad y 13 variantes); algunas de ellas de gran valor para algunos pueblos (ejemplo: la variante de la Ballestera por acceso a Santiago de la Espada o la Sierra de Segura).

- Para que el desarrollo sea sostenible debe haber equilibrio entre sus dimensiones económica, social y ambiental. Si por un lado son necesarias actuaciones de construcción y mejora de carreteras y por otro, los EE.NN.PP. son esenciales para la conservación y el mantenimiento del

patrimonio natural, parece claro que hay que ir a soluciones integradoras y a permanente diálogo con criterios abiertos entre los responsables de los sistemas viarios y de espacios naturales andaluces.

- Quiero insistir en el carácter multifuncional de las carreteras. Su función no es únicamente servir para transportar personas y mercancías de un punto a otro en el menor tiempo posible. Tiene también otras funciones relacionadas con el ocio como poder disfrutar de la naturaleza, del patrimonio cultural o del histórico. Debemos avanzar en la ampliación del concepto funcional de la carretera para acercar al usuario a los valores del territorio.

Como medida, entre otras, para ese acercamiento es necesaria una señalización adecuadamente estudiada en los EE.NN.PP. para todos sus visitantes.

- Antes he dicho que el modelo de gestión ambiental de infraestructuras debe entenderse como un instrumento dinámico y evolutivo que requiero de permanentes ajustes. Bien, estoy convencido que una línea de evolución es tender a evitar las medidas compensatorias. Dialóguese y discútase sobre la conveniencia o necesidad de una determinada actuación en carreteras, sobre las medidas preventivas a adoptar y las correctoras, pero debe desaparecer la idea de que las medidas compensatorias son una especie de peaje a pagar en algunos casos por construir una determinada infraestructura en un EE.NN.PP.

- Por último más allá del estricto cumplimiento de la legislación ambiental vigente, debe prevalecer un espíritu permanente de diálogo entre los responsables de las infraestructuras y de los EE.NN.PP. de Andalucía para la confluencia y defensa de los intereses de ambos sistemas que son básicos para el desarrollo presente y futuro de la Comunidad Autónoma de Andalucía. El deseo común es seguir avanzando en la idea de que nuestras carreteras contribuyan a la defensa del derecho de todos los ciudadanos (según la Constitución Española) al disfrute de un medio ambiente adecuado y a conseguir el objetivo que recoge el artículo 12.3 del Estatuto de Autonomía de Andalucía de fomentar la calidad de vida del pueblo andaluz protegiendo la naturaleza y el medio ambiente.

# 04



## **FRANCISCO DÍAZ PINEDA**

Conectividad vertical y horizontal. Importancia y consideración en la conservación de la naturaleza y la planificación de infraestructuras

## FRANCISCO DÍAZ PINEDA

Universidad Complutense de Madrid <sup>1</sup>

### \_Conectividad vertical y horizontal. Importancia y consideración en la conservación de la naturaleza y la planificación de infraestructuras

#### Resumen

Se reúnen en la presente ponencia consideraciones derivadas de un proyecto de investigación en marcha mediante convenio entre la Junta de Andalucía y la Universidad Complutense de Madrid (Pineda 2003). El proyecto, en el que participan investigadores de varias universidades <sup>1</sup>, está basado en conceptos expuestos en varios foros (Díaz Pineda et al. 2002, Díaz Pineda 2003, Pineda & Schmitz 2003).

La idea central asume que el territorio constituye un 'tejido', equivalente al de una estructura biológica, y considera que la moderna concepción y práctica de la conservación de la naturaleza, la gestión de sus recursos y, en consecuencia, la planificación territorial deben partir del mantenimiento de la funcionalidad de este tejido. La política global de conservación de la naturaleza aplicada actualmente en todo el mundo está basada esencialmente en i) conservar espacios ('espacio natural protegido', ENP) y en ii) proteger determinadas especies biológicas, donde quiera que habiten. Para ambos objetivos se dispone de leyes e instrumentos jurídicos en que basar las acciones y en ellos se apoyan los procedimientos de la Administración ambiental. En la práctica, sin embargo, esa política queda hoy en buena parte anticuada, teniéndose en cuenta tanto la dinámica territorial como la envergadura de determinadas infraestructuras que invaden el espacio.

Por un lado, en el territorio pueden reconocerse conexiones con un importante componente 'horizontal', que relaciona entre sí lugares que

pueden estar muy alejados. Este componente depende de fenómenos físicos (abióticos), dinámicas biológicas, procesos ecológicos y manifestaciones culturales. La circunstancia es, obviamente, aplicable a los espacios protegidos y al territorio que queda fuera de ellos.

Por otra parte, el paisaje es el reflejo de este tejido y depende en buena medida de la actividad humana. En el paisaje natural destaca cada vez con mayor evidencia el 'cultural', controlado por la sociedad humana. Quedan, de hecho, pocas áreas en el Planeta libres de la acción humana directa o indirecta y existen amplias regiones donde el paisaje cultural abarca la práctica totalidad del territorio.

El proyecto tiene en cuenta que la Cuenca Mediterránea constituye un ejemplo excelente de estas circunstancias. Mantiene espacios bastante silvestres y sus usos agrarios y redes de comunicación son ancestrales y diversos. En las últimas décadas están cambiando rápidamente tanto su estructura socioeconómica como su paisaje cultural. Estos cambios son interdependientes, pero es mucho mayor la dependencia del paisaje de la evolución socioeconómica que lo contrario. Por su parte, en la estructura socioeconómica domina el cambio hacia una población concentrada en ciudades y una economía de menor componente productivista (Bunce et al. 2001). Se añade a la circunstancia un crecimiento formidable del turismo, que introduce cambios tanto en la socioeconomía como en el paisaje y reconoce nuevos valores en el paisaje natural y cultural (Aranzabal et al. 2003).

**1) Participan en los diferentes temas abordados: P. Aguilera**, Universidad de Almería; **A. Aledo**, Universidad de Alicante; **I. Aranzabal**, Universidad Complutense de Madrid; **F. Armendáriz**, Gestinsa; **S. Cruz**, Universidad de Almería; **J.M. de Miguel**, Universidad Complutense de Madrid; **S. Hernández**, Universidad de Extremadura; **E. López**, Universidad de Almería; **F.D. Pineda**, Universidad Complutense de Madrid; **C. Quintana**, Gestinsa y **M.F. Schmitz**, Universidad Complutense de Madrid.

## Importancia de la conectividad en la planificación del territorio

Los fenómenos de conectividad territorial ocurren a diferentes escalas y crean interdependencias en el paisaje. Tales fenómenos son habitualmente poco considerados en la sectorización del espacio mediante unidades independientes, caracterizadas como tipos de paisajes o incluso ecosistemas. Esto ocurre aún cuando el procedimiento de tipificación obedece a bien estudiadas estrategias de sectorización jerárquica (Milne 1935, Solntsev 1948, Braun-Blanquet 1951, Long 1974, entre otros destacados representantes de escuelas clásicas de análisis territorial). Cuando aquellos fenómenos sí son considerados son en realidad superpuestos a los sectores, pero no integrados dinámicamente en la caracterización ni en la cartografía resultante.

El diagnóstico de la capacidad de acogida del territorio ante nuevos proyectos de desarrollo tiene en cuenta básicamente esta sectorización, estimando la capacidad de cada sector para soportar instalaciones proyectadas. Estos estudios utilizan esta referencia para resaltar el grado de incidencia de los proyectos en distintos puntos del espacio y proponer alternativas de localización o trazado. La conectividad espacial supone, sin embargo, una propiedad que, cuando menos, puede tener un interés añadido para estimar esa capacidad, llegando a constituir el carácter esencial mismo de cada punto del espacio ('zonalidad', 'azonalidad'; Solntsev 1974, González Bernáldez 1981, Díaz Pineda & Peco 1988).

La propia declaración de los ENPs se basa en definir áreas de límites cartográficos bien precisos, dentro de los cuales hay componentes y procesos considerados excepcionales, valiosos y frágiles, dignos de mantener espacialmente al margen de ciertos proyectos de desarrollo, pero rara vez constan criterios de conectividad entre los utilizados para llevar a cabo la declaración de un ENP.

## Problemas de formalización y aplicación

Relacionados con la idea de conectividad se encuentran algunos problemas conceptuales contenidos en términos habitualmente usados en

las ideas más dinámicas de conservación de la naturaleza. Algunos de ellos se tratan en el proyecto.

**Conexiones.** Hace décadas que algunos autores han mostrado interés por formalizar los fenómenos de conectividad, resaltando procesos regionales y locales que dan cohesión al espacio ('equipotencialidad', 'vectorialidad', 'mosaicidad'; Solntsev 1974, González Bernáldez 1981, Díaz Pineda & Peco 1988). Algunos de estos fenómenos son muy conocidos –por ejemplo, entre los puramente físicos, la dinámica fluvial, entre los biológicos, la migración animal o, entre los culturales, el traslado trashumante del ganado–. Otros son menos conocidos o pasan desapercibidos. Ambos merecen una formalización adecuada que resulte útil para la planificación ambiental y la ejecución sensata de proyectos de envergadura que afecten al territorio. La formalización de estos fenómenos requiere:

- determinar los componentes implicados, tanto naturales como socioeconómicos,
- cuantificar su participación e importancia en las conexiones espaciales.
- Desde el punto de vista de la conservación de la naturaleza esta cuantificación debe orientarse a:
  - detectar 'tensiones' entre las redes ecológicas territoriales, tanto naturales como rurales, y las modernas tecnologías instaladas en el territorio –redes artificiales, ferrocarriles, presas, etc.–, con objeto de:
    - disponer de escenarios para simular efectos y
    - establecer directrices para integrar, si es posible, tales tecnologías en el medio natural y cultural (agrario, histórico, monumental).

**Salud del ecosistema.** Para conservar la naturaleza se utilizan frecuentemente conceptos para cuya definición los naturalistas aún no han unificado criterios. Se utiliza, por ejemplo, el término 'salud del ecosistema' (Costanza 1992) y otros términos recientes y se enfatiza el valor intrínseco de los recursos naturales dentro y fuera del mercado económico (Costanza et al. 1997, De Graaf et al. 1996), pero quizá se camine todavía de forma voluntarista. Costanza (1992) entiende la salud del ecosistema como su capacidad para soportar a lo largo del tiempo un estrés generado desde el exterior. Esa capacidad se reflejaría en la estructura y función del sistema. La definición, que necesita mayor precisión, tiene interesantes

precedentes en las ideas de estabilidad ecológica (Leigh 1965, Lewontin 1969, Margalef 1969, May 1973, Jacobs 1975 y Orians 1975), aunque apenas se ha tratado todavía su incorporación sistemática y tabulada a planes y proyectos de desarrollo.

**Fragmentación.** En la delimitación cartográfica de unidades ambientales, la idea de 'frontera', muy arraigada en la ciencia, ayuda a separar las propiedades a uno y otro lado de una línea o superficie ('ecotonos', 'ecoclinas'), resaltando sobre todo el interés de la asimetría y la importancia de las transferencias a través de éstas (Maarel & Westhoff 1964, Margalef 1975, 1981, 1991, De Pablo et al. 1982, Pineda et al. 1987, Gómez Sal et al. 1992).

La 'fragmentación' del paisaje ha recibido mucha atención por biólogos conservacionistas. Con frecuencia, ésta se ha considerado una amenaza importante para la 'integridad' del funcionamiento del paisaje. Sin embargo, aún se ha desarrollado poco el análisis de esta amenaza (ver Fairman et al. 1998) ni cómo se formaliza la integridad que se ve comprometida. La fragmentación representa un impedimento a la permeabilidad de frontera entre fragmento y entorno. Puede representar una afección a la conectividad. En realidad la fragmentación genera en el paisaje otro tipo de funcionamiento que, dependiendo de qué aspecto o fenómeno ecológico sea considerado, puede afectar al funcionamiento del ecosistema. Llevar estas ideas al plano de la conservación requiere precisar qué funcionamiento es el que se desea preservar y su trascendencia.

### Desarrollo del trabajo

En el proyecto en marcha se caracterizan dos formas de conectividad del paisaje en comarcas andaluzas que contienen diferentes ENPs. Los municipios afectados por estos espacios y los colindantes están siendo descritos en términos paisajísticos y socioeconómicos (Schmitz et al. 2003a). (La influencia de los ENPs sobre la comarca se valora también en esos términos). La conectividad contempla:

- Conexiones 'verticales', analizándose la correspondencia entre la estructura socioeconómica y el paisaje cultural de estas

comarcas.

- Conexiones 'horizontales', caracterizándose los fenómenos físicos y procesos ecológicos que crean redes espaciales de flujos e intercambios naturales y rurales.

1. Conectividad vertical. Pretende a) formalizar la correspondencia 'socioeconomía-paisaje', detectando los componentes socioeconómicos de mayor implicación (estadística) en el mantenimiento del paisaje cultural y en los cambios que sufre, así como simulando escenarios de cambio socioeconómico y sus resultados en términos de paisaje (Schmitz et al. 2003a), b) analizar la oferta-demanda de uso recreativo y turístico en las comarcas con algún ENP, previendo el cambio de esta relación en diferentes escenarios, c) ofrecer a la Administración estos resultados experimentales como referencia para el desarrollo y como base de las posibilidades de implicación de la población local en la conservación de la naturaleza (mantenimiento de actividades agrarias, vinculación de sus productos con la industria turística instalada, 'marca parque natural', etc.).

Se lleva a cabo una selección de municipios implicados o próximos a un ENP, identificándose variables socioeconómicas relevantes de los mismos –ensayadas en estudios previos, como: población activa, número de hoteles, número de pastores, etc. (Fernández et al. 1999, UCM & UAL 2000) o destacadas como tales en los actuales planes socioeconómicos de los ENPs–, así como otras variables ligadas al uso en propiedad de la tierra (tamaños de fincas, agricultores a título principal, consumo de agua, energía, densidad de maquinaria, ganado, etc.). El análisis sigue el procedimiento de Schmitz et al. (2003a) para detectar las variables de mayor importancia y el signo de su influencia en la estructura del paisaje cultural.

2. Conectividad horizontal. Considera cómo los fenómenos físicos soportan a otros biológicos y ambos constituyen la trama de los ecosistemas naturales y culturales del territorio. El proyecto analiza la importancia cualitativa y cuantitativa de la conectividad, ligándola a la conservación dentro de los límites de los ENPs y al mantenimiento del tejido territorial.

Se parte de a) una prospección cartográfica previa,

seleccionándose un conjunto de estructuras aparentes, lineales o no que, en principio indicarían conectividad. Se identifican variables tales como: cuerdas o divisorias (desniveles de 500 m en cuadrículas de 25x25 km), inaccesibilidad del espacio ( $1/d$ , donde  $d$  indica la isocrona a puntos singulares), presión aparente de visitantes ( $1/dxD$ , donde  $D$  indica densidad de población), permeabilidad mediante vías rurales (por ejemplo, pecuarias, en cuadrículas de 10x10 km), superficie 'libre de agricultura', hábitats transitables por diferentes especies biológicas (correspondencias entre características de la especie y la de los hábitats), hábitats transitables por comunidades biológicas, ruralidad (tensiones energéticas en el paisaje, heterogeneidad, reticulado), hidrología e hidrogeología (concentración y escorrentía en cuencas y laderas, pendientes, infiltración, percolación, cobertura vegetal, evapotranspiración potencial), descargas subterráneas (conexión de humedales hipogénicos), red fluvial y sistemas riparios, conectividad potencial de sistemas montañeses y sistemas dunares.

Teselas: tensión energética de fronteras entre unidades espaciales. En el estudio de la conectividad horizontal se contemplan conexiones a través de fronteras entre teselas territoriales, incluyéndose la idea de 'fragmento', y las tensiones potenciales que se generan entre ellas (ver Apéndices 1 y 2). Un tipo de interacción importante generada a través de las fronteras entre unidades del paisaje sucede por contrastes energéticos, a modo de las membranas en sistemas físicos o biológicos (Wiens et al. 1985; Johnston & Naiman 1987), de forma que pueden presentar diferentes grados de permeabilidad o porosidad y de contraste o cambio brusco respecto a las transferencias potenciales de energía y materiales (Forman & Moore 1992). En fronteras asimétricas los dos sistemas en contacto difieren fundamentalmente en su grado de madurez. El sistema más maduro –con mayor acumulo de biomasa y baja tasa de renovación– 'explota' al menos maduro –con poca biomasa acumulada y alta tasa de renovación– y sale energéticamente beneficiado en la interacción (Margalef 1969, 1974, Díaz Pineda 1999).

La expresión espacial se basa en un mapa de vectores que muestran la dirección y la magnitud de las conexiones entre las diferentes unidades

espaciales. Ambos componentes se generarán automáticamente a partir del cálculo del gradiente de variación de la superficie que relaciona la localización espacial de cada unidad territorial –coordenadas XY– y la conectividad potencial que establece con sus unidades vecinas. Esta superficie se representa en tres dimensiones o como un mapa de isolíneas.

En la cartografía, cada punto del territorio indica dirección de flujo (grados de declinación, 360 posibilidades), intensidad de flujo y 'conservación' del flujo. Variables tales como pluviosidad, pendiente, permeabilidad del terreno, etc., formarán parte de la función matemática que exprese intensidad,  $I_f = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$ , y variables tales como tipo de suelo, vegetación, tasa de renovación, etc., permiten expresar la conservación del flujo,  $C_f = f(z_1, z_2, z_3, \dots)$ . Los criterios con los que se lleva a cabo la selección de variables y parámetros para formalizar la conectividad ecológica, son, entre otros: geomorfológicos (tipología de pendientes y cuencas), edáficos (acumulación de materia orgánica, estado de humificación), bio-geo-químicos (eficiencia estimada del flujo de nutrientes en ladera), mesoclimáticos (influencias de vientos dominantes, fenómenos foehn) y rurales (manejos agrarios, grado de uso de vías pecuarias).

El proyecto contempla también el estudio de la relación entre organización del espacio, flujo energético potencial y diversidad biológica. Asociados a la forma en que queda organizado el paisaje agrario y a la intensidad de su explotación hay gradientes de variación de la diversidad biológica (MacArthur 1965, Baudry 1984, Fresco 1988, Rescia et al. 1994, Rescia et al. 1995, Díaz Pineda 2000a). La dependencia podría explicarse por la mayor 'oferta' de hábitats que supone para la vida un espacio heterogéneo y de cierta complejidad –característico de los paisajes culturales– y, por el contrario, las menores posibilidades que ofrece un espacio homogéneo –como los derivados de la intensificación agraria y el abandono rural–.

Los altos valores de diversidad encontrados en el paisaje rural dependen de su estructura en mosaico, de la permanencia de relictos ecológicamente complejos y maduros junto a otros más sencillos, de prácticas agrarias alejadas de la

intensificación y de la existencia de reticulados espaciales. Esto se debe en cierta medida a la mayor diversidad de hábitats que ofrece este tipo de espacios heterogéneos y probablemente a los flujos biológicos generados por las tensiones energéticas entre teselas contiguas de distintas tasas de renovación. Desde la perspectiva de la gestión de la naturaleza, los tipos de hábitats y la conectividad entre ellos pueden ser tan importantes como la riqueza biológica, la 'calidad' o la singularidad de las comunidades que contengan (Noss 1983, Walker 1992, Mladenoff et al. 1994).

Movilidad de la fauna. En relación con la fisionomía del territorio y, sobre todo, su referencia como base de la planificación (De Miguel et al. 2003), se parte de la hipótesis de que los 'corredores biológicos' no tienen que responder a modelos de estructuras lineales más o menos continuas (Sastre 1999, Múgica et al. 2002), atractoras más allá del carácter de refugio que puedan constituir ante un medio hostil. Por ejemplo, las estructuras riparias pueden actuar de corredores-refugio para determinadas especies pero el medio hostil –para ellas– que las rodea puede constituir la superficie preferente de tránsito de otras especies.

El desarrollo conceptual del análisis de los movimientos potenciales de la fauna está condicionado por la extensión del área de estudio y la escala a la que se encuentran registradas espacialmente algunas de las variables utilizadas –por ejemplo, las bases de datos de fauna actuales están geo-referenciadas en cuadrículas UTM de 10x10 km–. Por ello, frente a la consideración de corredores, que requieren un análisis espacial con un nivel de resolución alto, se desarrolla el concepto de 'hábitat potencial' de cada especie.

Existen trabajos muy válidos sobre identificación y modelización del hábitat potencial de la fauna (ver Seoane 2002, entre otros). El procedimiento en marcha estima la presencia de diferentes especies animales mediante cálculo de probabilidades sobre i) movimientos de fauna dentro del área actual conocida de distribución de la especie. El método empleado integrará en un único valor la riqueza total de especies animales (o de grupos taxonómicos concretos), su grado relativo de movilidad y su riesgo de atropello registrado en estadísticas, y sobre ii) movimientos de fauna en el conjunto del territorio andaluz. El

criterio se basa en la identificación de hábitat potenciales de diferentes especies animales utilizando como información de referencia las características bióticas, geofísicas y de uso de las áreas de distribución de las especies. En la identificación se ensayan modelos de simulación numéricos de diferentes tipos –'autómata celular', 'modelos de distribución de especies', 'modelos de adecuación del hábitat'–, para comparar sus resultados espaciales o, en su caso, integrarlos en una sola base cartográfica.

### Interferencias entre redes ecológicas e infraestructuras artificiales

El proyecto contempla una asistencia técnica que establezca unas directrices en las que basar la ingeniería de los proyectos de construcción de nuevas infraestructuras, principalmente de transporte y conducción. Las directrices tienen en cuenta: i) unas consideraciones ambientales para incluir en las condiciones de contratación de obras civiles que, presumiblemente, afecten al tejido ecológico territorial y ii) el diseño de estas obras de acuerdo con esas consideraciones, así como su ejecución, mantenimiento y funcionamiento.

Las obras civiles alteran la morfología y funcionamiento del territorio porque suelen ocupar grandes superficies de terreno, su construcción exige con frecuencia importantes movimientos de tierra y suelen ir complementadas con estructuras rígidas, como puentes, muros, viaductos, etc., con elementos de fábrica. Por un lado, las infraestructuras resultantes quedan ubicadas sobre el terreno, afectando a superficies antes no intervenidas –más o menos silvestres o naturales– o dedicadas a otros usos y producen modificaciones a veces muy claras en los ciclos naturales, como el ciclo hídrico –por ejemplo, modificando los coeficientes de escorrentía y tiempos de concentración de cuencas de diferentes tamaños, la permeabilidad del terreno, el equilibrio erosión-formación de suelo o las propias dimensiones de la cuencas naturales–. Por otro lado, los movimientos de tierra de estas obras pueden alcanzar dimensiones considerables, dado del enorme desarrollo experimentado por la moderna maquinaria.

En consecuencia, el proyecto contempla: una

tipificación técnica y ambiental de infraestructuras y consideraciones que deben ser incluidas en las prescripciones de los pliegos de condiciones técnicas.

En relación con el primer punto, se caracterizan los efectos globales que pueden producir esas infraestructuras sobre los fenómenos físicos y procesos ecológicos horizontales relacionados con la red de flujos naturales y rurales antes comentada. El estudio trata de establecer índices objetivos para medir grados de compatibilidad de las infraestructuras con los mencionados procesos. En cuanto al segundo punto, se trata de establecer criterios y recomendaciones para mejorar la planificación, diseño y ejecución de esas estructuras considerando su interferencia con la red ecológica territorial (definición de criterios y procedimientos técnicos para minimizar efectos indeseables de la interferencia o, en su caso, mejora ambiental en las fases de redacción de proyectos, ejecución, seguimiento a pie de obra y mantenimiento y funcionamiento; directrices para la especificación en los proyectos de los criterios de integración paisajística aplicables en estas fases).

### Instrumentos legales para conservar la conectividad

Las leyes permiten proteger determinados espacios considerados valiosos desde una perspectiva naturalística y ambiental y determinadas especies y razas biológicas consideradas amenazadas o en peligro de extinción. Además existen acuerdos, declaraciones y cartas de elaboración internacional preocupados por la temática. La legislación española derivada de directivas internacionales sigue criterios semejantes a los que sustentan a todas estas manifestaciones, contempla el espacio físico y las especies biológicas individuales o en comunidad como elementos de referencia.

Aunque, en algún caso, sus textos especifican términos tales como 'procesos ecológicos' y conceptos semejantes, no presta una atención específica a los criterios ecológicos y, en general, ambientales, que se refieran al funcionamiento físico y ecológico del tejido territorial. Los fenómenos y procesos que subyacen en este

tejido deben constituir ya el objeto de una moderna concepción de la conservación de la naturaleza y, en consecuencia, de las normativas y leyes adecuadas para llevarla a cabo. En la práctica el problema interesa tanto a las áreas que quedan comprometidas dentro y en la proximidad inmediata de los ENPs como, en general, a todo el territorio.

Fundamentos, carencias normativas e instrumentos jurídicos para la protección de la conectividad ecológica deben ser, pues considerados, de manera que el proyecto los contempla en su diseño y objetivos. Desde el punto de vista jurídico se pretende establecer los principios y fundamentos de la protección de la conectividad, poner de manifiesto las carencias normativas del actual sistema de conservación de la naturaleza, e integrar los instrumentos jurídicos precisos y las directrices para su aplicación.

Diseñado el modelo territorial de procesos ecológicos espaciales se definirán los fundamentos y principios de su protección que habrán de inspirar el desarrollo normativo y su gestión. Actualmente resultan directamente protegidos aquellos procesos ecológicos cuya trama sucede dentro del espacio delimitado por la figura jurídica correspondiente, pero quedan fuera del ámbito de protección los externos al espacio, a pesar de su íntima y esencial conexión con el ENP.

En el proyecto se contempla: i) La red infraestructuras artificiales existente, realizándose un análisis descriptivo jurídico de los instrumentos existentes para basar del alcance ambiental de los tipos de infraestructuras actuales y proyectadas en la fecha actual –vías de transporte y conducción, embalses y puertos esencialmente-. Se tendrán en cuenta para la caracterización la medida en que es posible, con la legislación existente, proteger los fenómenos de conexión antes especificados, las lagunas jurídicas para hacerlo y los instrumentos de los que sería deseable disponer para llevarlo a cabo. ii) Las prescripciones de los pliegos de condiciones técnicas de nuevas infraestructuras: leyes y normativas existentes y otras ahora inexistentes de las que debiera disponerse para: a) establecer criterios y recomendaciones para mejorar la

planificación, diseño y ejecución de esas estructuras considerando su interferencia con la red ecológica territorial, b) ejecutar procedimientos técnicos para minimizar efectos indeseables de esa interferencia o, en su caso, mejora ambiental en la fases de: redacción de proyectos, ejecución, seguimiento a pie de obra, y mantenimiento y funcionamiento, c) especificar en los proyectos los criterios de integración paisajística aplicables en estas fases. iii) Las posibilidades de integración de las lagunas jurídicas e instrumentación. la conectividad en la actualidad queda en gran parte fuera del ámbito de protección de nuestros instrumentos jurídicos, es preciso integrar las

lagunas señaladas mediante la implementación de herramientas jurídicas que hagan posible la protección de los fenómenos naturales que la ponen de manifiesto, donde y cuando se produzcan.

La protección debe contemplar los elementos históricos, culturales, sociales y económicos, y sus infraestructuras. A la vista de las alternativas que el sistema jurídico ofrece para la protección de la conectividad, debe determinarse las herramientas adecuadas para su mejora en todos los ámbitos afectados (geográfico, social, cultural, económico y natural) y definir las que por su viabilidad (física, jurídica y económica) sean más eficientes.



## Referencias

- > Aranzabal, I., Schmitz, M.F. & Pineda, F.D. 2003. Análisis de la relación paisaje-uso turístico en un paisaje cultural mediterráneo. En: *Asociación Española de Ecología Terrestre. España ante los compromisos del Protocolo de Kioto: Sistemas Naturales y Cambio Climático*. AEET, Barcelona: 1171-1185.
- > Baudry, J. 1984. Effects of landscape structure on biological communities: the case of hedgerow network landscapes. En: Brandt, J. & Agger, P. (Eds.). *Methodology in landscape ecological research and planning*. Roskilde University Centre, Denmark. Vol. 1: 55-56.
- > Braun-Blanquet, J. 1951. Pflanzensozologie. Grundzüge der vegetationskunde. Springer-Verlag, Wien [versión española, 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume, Madrid].
- > Bunce, R.G.H., Pérez-Soba, M., Elbersen, B., Prados, M.J., Andersen, E., Bell, M. & Smeets, P.J.A.M. (Eds.). 2001. *Examples of European agri-environment schemes and livestock systems and their influence on cultural landscapes*. Alterra, Wageningen.
- > Costanza, R. 1992. Toward an operational definition of health. En: Costanza, R., Norton, B. & Haskell, B. (Eds.). *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management*. Island Press, Washington: 239-255.
- > Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & Belt, M. Van den. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.
- > De Graaf, H.J., Musters, C.J.M. & ter Keurs, W.J. 1996. Sustainable development: looking for new strategies. *Ecological Economics* 16: 205-216.
- > De Miguel, J.M., Ramírez, L., Castro, I., Costa, M., Casado, M.A. & Pineda, F.D. 2003. Scales in the plant richness-space organization relationship in Mediterranean grasslands and shrublands. *Plant Ecology*, en prensa.
- > De Pablo, C. L., Peco, B., Galiano, E. F., de Nicolás, J. P. y Pineda, F. D. 1982. Space-time variability in mediterranean pastures analyzed with diversity parameters. *Vegetatio* 50: 113-125.
- > Díaz Pineda, F. 1999. Perspectivas de la conservación de la biodiversidad en el mundo mediterráneo. En *Desarrollo Sostenible, Medio Ambiente y Patrimonio Cultural* (eds. De la Morena, F. y Díaz Pineda, F.), Fundación Hispano Británica, Madrid, España.
- > Díaz Pineda, F. 2000. Espacio y tramas de funcionamiento en el paisaje mediterráneo. En: Morey, M. & Mayol, J. (Eds.). *El hombre y el paisaje: evaluación y conservación del paisaje natural, rural y urbano*. UIMP, Santander: 37-54.
- > Díaz Pineda, F. 2003. Los Corredores Ecológicos como elemento de conservación. *Jornadas Elementos para la conservación de la biodiversidad. Espacios y especies*. CEMACAM, Consejería de Agricultura, Murcia.
- > Díaz Pineda, F., & Peco, B. 1988. Pastizales adeshados de El Pardo. *Mundo Científico* (La Recherche) 79 (8): 386-395.
- > Díaz Pineda, F., Schmitz, M.F. & Hernández, S. 2002. Interacciones entre infraestructura y conectividad natural del paisaje. En: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Ed.). *Ingeniería civil, territorio y medio ambiente*. Vol. 1., Madrid: 191-214.
- > Fairman, R., Mead, C.D. & Williams, W.P. 1998. *Environmental Risk Assessment: Approaches, Experiences and Information Sources*. European Environmental Agency, Environm. Issues Series 4. Copenhagen.
- > Fernández, E., Aguilera, P., Rescia, A., Castro, H., Schmitz, M.F. & Pineda, F.D. 1999. Análisis de potencialidades y riesgos de distintos escenarios socioeconómicos de evolución del paisaje: valores naturales y usos turísticos. En: *Investigación y Desarrollo Medioambiental en Andalucía*. Publ. Univ. de Almería. Junta de Andalucía, Sevilla: 43-53.
- > Forman, R.T.T. y Moore, P.N. 1992. Theoretical foundations for understanding boundaries in landscape mosaics. En *Landscape Boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flows* (eds. Hansen, A.J. y Di Castri, F.), Springer-Verlag, New York, USA.
- > Fresco, F.L.M. 1988. Plant species richness: Numerical explanation and prediction. En: During, H.J., Werger, M.J. & Williems, H.J. (Eds.). *Diversity and pattern in plant communities*. SPB, Acad. Publ., La Haya: 171-181.
- > Gómez-Sal, A., Rodríguez, M.A. & De Miguel, J.M. 1992. Matter transfer and land use by cattle in a dehesa ecosystem of Central Spain. *Vegetatio* 99-100: 345-354.
- > González Bernáldez, F. 1981. *Ecología y paisaje*. Blume, Madrid.
- > Jacobs, J. 1975. Diversidad, estabilidad y madurez en ecosistemas influidos por las actividades humanas. En: W.H. van Dobben & R.H. Lowe-McConnell (Eds.): *Conceptos unificadores en ecología*. Blume, Barcelona: 236-262.
- > Johnston, C.A. y Naiman, R.J. 1987. Boundary dynamics at the aquatic-terrestrial interface: the influence of beaver and geomorphology. *Landscape Ecology* 1: 47-57.
- > Leigh, E.G. 1965. On the relationship between productivity, biomass, diversity and stability of a community. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 53:777-783.
- > Lewontin, R.C. 1969. The meaning of stability. En: *Diversity and stability in ecological systems*. Brookhaven Nat. Lab. Springfield, V. Symp. Biol. 22: 13-24.
- > Long, G. 1974. *Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire*. Masson, París.
- > Maarel, E. Van der & Westhoff, V. 1964. The vegetation of the dunes near Oostvoorne. *Wentia* 12:1-61.

## Referencias

- > Margalef, R. 1969. Diversity and stability: a practical proposal and a model of interdependence. *Brookhaven Symo. Biol.* 22: 25-37.
- > Margalef, R. 1974. *Ecología*. Omega, Barcelona, España.
- > Margalef, R. 1981. *Limnología*. Omega, Barcelona.
- > Margalef, R. 1991. *Teoría de los sistemas ecológicos*. Publs. Univ. de Barcelona, Barcelona.
- > May, R.M. 1973. *Stability and Complexity in Model Ecosystems*. Princeton Univ. Press, Princeton.
- > McArthur, R.H. 1965. Patterns of species diversity. *Biol. Rev.* 40: 510-533.
- > Milne, G. 1935. Some suggested units of classification and mapping, particularly for East African Soils. *Soil Research* 4(3): 183-198.
- > Mladenoff, D.J., White, M.A., Crow, T.R. y Pastor, J. 1994. Applying principles of landscape design and management to integrate old-growth forest enhancement and commodity use. *Conservation Biology* 8: 752-762.
- > Múgica, M., De Lucio, J.V., Martínez, C., Sastre, P., Atauri, J.A. & Montes, C. 2002. *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*. RENPA. Junta de Andalucía, Sevilla.
- > Noss, R.F. 1983. A regional landscape approach to maintain diversity. *BioScience* 33: 700-706.
- > Orians, G.H. 1975. Diversidad, estabilidad y madurez en los ecosistemas naturales. En: W.H. van Dobben & R.H. Lowe-McConnell (Eds.): *Conceptos unificadores en ecología*. Blume, Barcelona: 174-189.
- > Pineda, F.D. & Schmitz, M.F. 2003. Tramas espaciales del paisaje. Conceptos, aplicabilidad y temas urgentes para la planificación territorial. En: García Mora, R. (Coord). *Conectividad ambiental: Áreas Protegidas en la Cuenca Mediterránea*. IUCN-Centro de Cooperación del Mediterráneo, Junta de Andalucía, Málaga: 9-28. [Versión inglesa, Spatial meshes of the landscape. Concepts, applicability and urgent themes related to land planning. In: García Mora (Coord). *Environmental connectivity: Protected Areas in the Mediterranean Basin*. IUCN, Málaga: 9-27.]
- > Pineda, F.D. (Coord.). 2003. *Estudio de Caracterización, Tipificación y Cuantificación de la Conectividad de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía*. Convenio de Cooperación entre la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y la Universidad Complutense de Madrid. En realización.
- > Pineda, F.D., Casado, M.A., Peco, B., Olmeda, C. & Levassor, C. 1987. Temporal changes in therophytic communities across the boundary of disturbed-intact ecosystem. *Vegetatio* 71: 333-339.
- > Rescia, A.J., Schmitz, M.F., Martín de Agar, P., de Pablo, C.L., Atauri, J.A. y Pineda, F.D. 1994. Influence of landscape complexity and land management on woody plant diversity in Northern Spain. *Journal of Vegetation Science* 5: 505-516.
- > Rescia, A.J., Schmitz, M.F., Martín de Agar, P., López de Pablo, C.T. & Pineda, F.D. 1995. Ascribig plant diversity values to historical changes in landscape: A methodological approach. *Landscape and Urban Planning* 31: 181-194.
- > Rescia, A.J., Schmitz, M.F., Martín de Agar, P., de Pablo, C.L. y Pineda, F.D. 1997. A fragmented landscape in northern Spain analyzed at different spatial scales: implications for management. *Journal of Vegetation Science* 8: 343-352.
- > Sastre, P. 1999. *Efecto de la escala en la estructura espacial de los elementos lineales y el mosaico del paisaje*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma, Madrid.
- > Schmitz, M.F., Aranzabal, I., Aguilera, P., Rescia, A. & Pineda, F.D. 2003a. Relationship between landscape typology and socioeconomic structure. Scenarios of change in Spanish cultural landscapes. *Ecol. Modelling* 168:343-356.
- > Schmitz, M.F., Fernández-Sañudo, P., De Aranzabal, I. & Pineda, F.D. 2003b. Cartografía de tensiones del paisaje: fronteras entre sistemas con distinto grado de madurez ecológica. En: AEET (Ed.). *España ante el protocolo de Kyoto: sistemas naturales y cambio climático*. Barcelona: 1075-1091.
- > Seoane, J. 2002. *Cartografía predictiva de la distribución de aves terrestres: un estudio piloto en Andalucía occidental*. Tesis doctoral Universidad Autónoma de Madrid.
- > Solntsev, V.N. 1948. En: Trudy Vtorovo Vsesioniznovo Gheogr. S'ezda. T. 1. Moscú.
- > Solntsev, V.N. 1974. O niekotorykh fundamentalnykh svoistvakh gheosistemnoi structurey. En: *Metody kompleksnykh issledovaniy gheosistem*. Akademiya Nauk SSSR, Irkustk.
- > UCM & UAL. 2000. *Análisis de potencialidades y riesgos ambientales de diferentes escenarios socioeconómicos de evolución del paisaje: valores naturales y uso turístico-cultural*. Universidades Complutense de Madrid y de Almería. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente, Sevilla. [1997-00].
- > Walker, B.H. 1992. Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology* 6: 18-23.
- > Wiens, J.A., Crawford, C.S. y Gosz, J.R. 1985. Boundary dynamics: a conceptual framework for studying landscape ecosystems. *Oikos* 45: 421-427.
- > Zonneveld, I.S. y Forman, R.T.T. (Eds.). 1990. *Changing landscapes: an ecological perspective*. Springer-Verlag, New York, USA.

## Apéndice 1

### Análisis espacial del territorio mediante el estudio de fronteras

El análisis espacial del territorio a través del estudio de fronteras consta de: i) una cuantificación de la información cartográfica mediante rejilla de 1 x 1 km de malla; en cada cuadrícula se considerarán como unidades elementales de análisis las fronteras o contactos entre los diferentes usos del suelo y formaciones vegetales presentes; el resultado es una matriz compuesta por tantas dimensiones como cuadrículas de 1 x 1 km contenga el territorio y tantas variables como tipos de fronteras se obtengan; ii) un análisis de la organización espacial del territorio; iii) una asignación de los resultados a las cuadrículas territoriales y expresión cartográfica; se realizará por medio de herramientas de georreferenciación, que facilita el análisis de las relaciones entre estructura y organización del territorio, flujos energéticos potenciales y parámetros macroscópicos tales como riqueza y diversidad biológicas.

La heterogeneidad -parámetro macroscópico basado en la medida de los tipos, abundancia y distribución proporcional de las teselas presentes- puede informar de diferentes aspectos funcionales de éstas (Zonneveld & Forman, 1990). Margalef (1974) la define como una composición de partes de diferentes tipos -por ej. mosaico de sistemas, teselas de usos del suelo o porciones del territorio de distinta madurez ecológica-, lo que implica la existencia de fronteras claras entre sistemas vecinos.

El uso de fronteras como indicadores de esta heterogeneidad es espacialmente más explícito que la utilización de las propias teselas. En efecto, cada frontera informa no sólo de la presencia de una determinada tesela, sino de su contigüidad con otra determinada. De esta manera, el estudio del paisaje puede ser abordado teniendo en cuenta la riqueza, diversidad, heterogeneidad y complejidad de las fronteras entre las teselas.

a) Cálculo de la diversidad de fronteras entre teselas,  $H(f)$ , según la expresión de Shannon-Wiener:  $H(f) = -\sum p_{ij} \cdot \log_2 p_{ij}$ , donde  $p_{ij}$  es la probabilidad de encontrar la frontera entre las teselas adyacentes  $i$  y  $j$  y se estima considerando la relación entre el número de tipos de fronteras diferentes,  $n$ , y el número total de fronteras presentes en el territorio,  $N$ ; siendo  $n < N$ .  $N$  informa del grado de fragmentación del paisaje -cantidad de contactos o flujos de información posibles entre teselas- y  $n$  indica la riqueza de componentes del mosaico y de la cualidad de esos flujos (Rescia et al. 1994).

b) La heterogeneidad del paisaje que generan esas fronteras, es decir, la posibilidad de dividirlo en partes diferentes, se expresa como  $H(p)$ :  $H(p) = H(f)/\log_2 N$   
 $H(p)$  varía entre 1 (máxima heterogeneidad espacial,  $n=N$ ) y 0 (sólo existe una frontera). La heterogeneidad por sí misma no expresa la complejidad espacial del paisaje. Ésta es una medida de las interacciones espaciales posibles generadas entre las teselas de un mosaico con una fragmentación, diversidad de fronteras y heterogeneidad dadas. Rescia et al. (1997) demuestran que dos territorios con igual heterogeneidad pueden presentar diferente complejidad espacial, siendo mayor la de aquel que contenga un valor más alto de  $H(f)$ .

c) La complejidad espacial,  $C(e)$ , se expresa:  $C(e) = H(f) \cdot H(p) = H(f)^2 / \log_2 N$ .  
La complejidad espacial es muy dependiente de  $N$ ,  $n$  y de la forma en que éstas se distribuyen en el espacio, es decir de su equitatividad o abundancia relativa de fronteras,  $E(f)$ , estimada a partir de la expresión (Pineda et al. 1981):  $E(f) = H(f)/\log_2 n$ .

## Apéndice 2

Caracterización de flujos potenciales de energía entre diferentes subsistemas

Se establece una jerarquía de tensiones entre fronteras que variará desde 'hostiles' a las transferencias de materia y energía y a la conectividad -tensiones energéticas bajas- a 'permeables' a esas transferencias -tensiones energéticas altas-.

Se determinan en consecuencia 'clases de tasas de renovación',  $r$ , para los diferentes usos del suelo contemplados. La tensión energética,  $T_{ij}$ , de cada tipo de frontera entre dos teselas  $i$  y  $j$  se valorará como la diferencia entre sus respectivas tasas de renovación (Schmitz et al. 2003b),

$$T_{ij} = r_i - r_j$$

La tensión total acumulada,  $T_t$ , en las diferentes unidades de paisaje, se estimará a partir de la expresión,

$$T_t = (T_{ij} \cdot n_{ij})$$

donde el valor de la tensión de cada tipo de frontera queda ponderado por el número de veces,  $n_{ij}$ , con que aparece este tipo en cada cuadrícula del territorio.

Estimación de la conectividad potencial - $C_p$ - entre unidades del paisaje

Se calcula a partir de la diferencia entre las tensiones energéticas totales de las unidades territoriales que se encuentran en contacto ( $u_a$ ,  $u_b$ ).

$$C_p(u_a - u_b) = T_{t u_a} - T_{t u_b}$$

El valor absoluto de este balance indica la magnitud del flujo energético potencial y el signo indica su dirección.

En la interacción entre estas cuadrículas, aquellas con mayor tensión energética acumulada tienen un balance energético negativo -se comportarían como exportadores-. Un flujo energético alto indica una mayor posibilidad de transferencias en el territorio y, por tanto, facilita su conectividad potencial.

Las cuadrículas se pueden clasificar en categorías -por ejemplo, alta, media y baja- según los valores de tensión energética total que presentan en su interior. La magnitud del flujo también se puede expresar en clases -por ejemplo, bajo, medio y alto-.

35



**CHRISTIAN CAREAGA GUZMÁN**

Consideraciones medioambientales en la financiación de proyectos de infraestructuras viarias

## CHRISTIAN CAREAGA GUZMÁN

Representante del Banco Europeo de Inversión en el Ministerio de Fomento

### Consideraciones Medioambientales en la Financiación de Proyectos de Infraestructuras Viarias

Será un placer exponer a continuación algunas ideas sobre la relación que existe entre la construcción y explotación de infraestructuras viarias en los entornos de espacios naturales protegidos y su posible financiación.

Mi presentación va a ser muy general: hablaré sobre normativa ambiental, la planificación y concepción de proyectos viarios, así como de su posible financiación. Haré especial hincapié en la conveniencia de dar más información y un mayor acceso al público, para animarles a participar en el proceso de decisiones.

Mi contribución a estas jornadas pretende además servir de inspiración para completar el Manual de Buenas Prácticas Ambientales para la Planificación, Diseño y Construcción de Infraestructuras Viarias en Espacios Naturales Protegidos. Dado que el actual borrador cubre ampliamente los aspectos técnicos y organizativos, pondré sobre todo énfasis en señalar diversos aspectos legales, económicos y financieros que pueden ayudar a mejorar las buenas prácticas en las etapas iniciales de planificación y diseño.

En particular, deseo resaltar la importancia a dar al proceso democrático. Al derecho de acceso a la información que tiene el público y a las muchas

ventajas que puede aportar el incluir las opiniones de los distintos grupos sociales, afectados por estos proyectos, en la toma de decisiones.

Como todos Uds. saben, los temas medioambientales empezaron a tomar cierta fuerza hace unos cincuenta años, cuando se comenzó a dudar sobre el tipo de desarrollo económico mundial, el cual no parecía sostenible. Desde entonces, las preocupaciones y avances en el terreno de la protección del medio ambiente han ido en aumento. A nivel institucional, la mayor parte de los países más capacitados han creado ministerios de medio ambiente<sup>1</sup> y la propia Europea estableció la DG XI y nombró su primer comisario en 1973<sup>2</sup>. Desde entonces, la Comisión, a través de esta DG inicia y define a nivel europeo la legislación, políticas y programas de acción y es responsable de aplicar las decisiones del Parlamento y el Consejo<sup>3</sup>.

Por tanto, debe quedar claro, desde este momento, que, a la hora de planificar<sup>4</sup> y ejecutar las actuaciones en materia de carreteras en entornos de espacios protegidos, las normativas emanadas de las instituciones medioambientales son un punto de referencia primordial.

1. En los años 60 las tareas medioambientales se repartían en España por Ministerios. La Comisión Delegada para el Medio Ambiente se constituye el 13/04/72. Cuatro años más tarde, el 14/4/77 se establece la DG de Medio Ambiente y en 1990 se crea la Secretaría General de Medio Ambiente. Solamente en 1996 se da rango ministerial a los problemas medioambientales en España. La Política Ambiental a nivel nacional, en materia de montes y biodiversidad, es responsabilidad de la DG de Conservación de la Naturaleza ([www.mma.es](http://www.mma.es)).

2. Carlo Scarascia-Mugnozza (1973-77). La actual Comisaria es Margot Wallström

3. Las medidas ambientales son acordadas y puestas en práctica en los Países Miembros.

4. Podemos señalar que la planificación está relacionada con la elaboración de los programas políticos, los cuales afectan a los Planes y Programas de Infraestructura y viceversa. Por tanto, conviene estar atentos a las relaciones existentes entre las propuestas de los partidos políticos y las acciones de la Administración Pública, la cual es la encargada de promover, diseñar, construir, financiar, explotar y mantener la infraestructura viaria, teniendo en cuenta aspectos tales como la seguridad y el impacto ambiental.

## Proyectos en contextos sensibles

Voy a comenzar mi ponencia haciendo una referencia a La Ley de Gresham, célebre Maestro Acuñador de la Moneda del reinado de Isabel I de Inglaterra. Decía este caballero de su majestad, la reina, que la moneda mala desplaza a la buena.

Esta teoría económica -trasladada a los proyectos de infraestructuras viarias cercanas a o en espacios naturales protegidos que hoy vamos a discutir- viene a decir que si la Administración ha de elegir entre dos proyectos, elegirá aquél cuyo contenido le parezca más atractivo, y dejará circular, como alma en pena, al peor de ambos proyectos, en busca de su financiación.

En estas primeras palabras de introducción también deseo expresar la regla de oro de la financiación de proyectos: "nunca debieran ser financiados proyectos mal concebidos o difíciles de justificar".

Es decir, los peores proyectos, tendrán complicada su financiación y en donde sean presentados causarán enredos y trastornos.

Todo esto nos lleva a sugerir que, solamente los proyectos concebidos "con gracia e ingenio" merecen ser bien recibidos y serán capaces de atraer al reluciente oro, del que nos hablaba Quevedo.

En España generalmente se paga poco por los estudios de proyecto y a veces nos encontramos con deficiencias informativas, que se trasladan a la etapa del diseño. Lo cual suele ser finalmente más costoso en términos de ejecución de obra. Mejor sería, por tanto, pensar más, antes de invertir, sobre cómo realizar los estudios geotécnicos, llevar a cabo las expropiaciones o cuando habrá que perforar un túnel, para evitar un gran desmonte o sustituir un terraplén por un puente. Pero es recomendable además incluir una óptica medioambiental, a añadir a la actual filosofía sobre la forma de diseñar proyectos viarios<sup>5</sup> cuando el itinerario a considerar se encuentre ante una

topografía abrupta o esté localizado en entornos sensibles, como es el caso habitual de los espacios naturales protegidos.

Las implicaciones medioambientales en espacios protegidos son frecuentemente de gran trascendencia<sup>6</sup>. Por esta razón, es preferible evitar que el trazado cruce o linde con una ZEPA o un LIC. Las redes viarias, además de causar la fragmentación del territorio, tienen un efecto barrera. Por esta razón, los proyectos viarios en entornos sensibles deben tener en cuenta las necesidades de permeabilización de estas barreras artificiales, mediante la construcción de túneles y pasos que faciliten el desplazamiento de la fauna localizada en el territorio afectado.

La obra nueva necesita proveerse de roca en canteras. Los estudios han de detallar las medidas de mitigación que sean convenientes para disminuir el impacto visual de estas fuertes alteraciones del paisaje, de forma que se restituya, en lo posible, el mismo.

## La viabilidad del proyecto

Cuando mencionamos que un proyecto "es viable" queremos señalar que está bien definido y es atractivo, que todos sus elementos y partes se han analizado y articulado con cierta "agudeza de ingenio", como diría Baltasar Gracián.

Fundamentalmente, deseamos expresar que los distintos montajes que forman un proyecto han sido bien definidos y han sido rigurosamente estudiados.

Estos elementos o montajes podemos agruparlos en seis categorías:

1. Montaje político
2. Montaje jurídico
3. Montaje económico
4. Montaje técnico
5. Montaje financiero
6. Respeto al medio ambiente

5. Ver Ley de Carreteras 25/1988, de julio; Ley de Autopistas de 8/1972, de 10 de mayo y el Reglamento General de Carreteras, recogido en el R.D. 1812/1994 de 2 de septiembre (publicados por la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento, ISBN: 84-498-0432-9).

6. Sobre todo en la etapa de la construcción del proyecto.

Finalmente nos queda el seguimiento y control del proyecto, el cual es otro apartado que conviene mucho tener en cuenta.

Afirmamos que un proyecto de infraestructuras viaria localizado en las cercanías de espacios naturales protegidos es viable cuando, una vez examinados los diversos montajes por los analistas, estos consideran que su ejecución y explotación es factible, y los resultados esperados con su puesta en marcha parecen atractivos en términos económicos y sociales. También estamos asegurando que el proyecto en cuestión respeta la actual normativa en materia de medio ambiente.

Esta última idea va a ser el tema que voy a tratar de desarrollar a continuación con más en profundidad.

### La selección de alternativas

La estimación de los impactos ambientales de un proyecto de infraestructura viaria suelen percibirse de forma gradual. En primer lugar, cuando se presenta un Plan de Carreteras o Ferrocarril en sociedad, el lector ya puede intuir si los proyectos programados causarán un impacto leve, mediano o grave sobre su entorno<sup>7</sup>, en términos sociales, económicos o medioambientales. Por ejemplo, cuando el Gobierno planteó una línea ferroviaria para llegar a Sevilla con el tren de alta velocidad, muchos temieron, desde el comienzo, que la instalación de la infraestructura afectaría al paisaje y a la fauna de Sierra Morena.

Pero realmente, hasta que no se disponga de una

memoria-resumen del proyecto<sup>8</sup> y ésta circule entre las diversas instituciones<sup>9</sup> y administraciones, no se suele realmente saber por dónde puede ir el trazado del proyecto. Esta memoria no suele estar al alcance del público en general, sino solamente de las administraciones e instituciones competentes o concernidas<sup>10</sup>.

Realmente no es hasta la publicación del Estudio Informativo cuando el público en general puede conocer los principales aspectos del proyecto y presentar sus alegaciones al mismo.

Es a partir de este momento cuando el público en general y las ONG pueden determinar cual podría ser el impacto de un proyecto de infraestructura viaria sobre un espacio natural protegido.

Es importante que la información medioambiental se difunda<sup>11</sup> y se ponga a disposición del público lo antes posible y después de forma regular y sistemática, con objeto de lograr por una parte una mayor difusión del impacto del mismo. De esta forma las alegaciones podrán ser más precisas.

Creo más aconsejable dar mayores plazos cuando los proyectos son complejos, en lugar de aplicar estrictamente la directiva correspondiente<sup>12</sup>.

El Estudio Informativo<sup>13</sup> a veces presenta como alternativas de trazado o variantes de un proyecto viario, solamente las incluidas en el espacio señalado dentro de un corredor. A mi modo de ver, si el corredor fuera problemático, como suele suceder cuando el itinerario atraviesa zonas protegidas, lo inteligente sería contemplar

7. Lo lógico es comenzar por hacer una Evaluación Medioambiental Estratégica del Plan o Programa de Inversiones en Infraestructuras. Un análisis inicial de estos documentos permitiría detectar los corredores propuestos en espacios naturales protegidos, lo cual facilitaría el plantearse alternativas y asegurar la sostenibilidad en la etapa de planificación. Esta herramienta para la toma de decisiones no se ha empleado para el PIT 2000-7 preparado por el Ministerio de Fomento.

8. La Memoria Resumen del Proyecto se inicia, en el caso de la Administración central española, en el Ministerio de Fomento y se comunica a la D.G. de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, la cual inicia el procedimiento de la Evaluación de Impacto Ambiental.

9. Se suelen incluir a las ONGs.

10. Hay una interacción clara entre la malla artificial de la infraestructura viaria y el espacio natural protegido. Estas interrelaciones entre infraestructuras y habitats, cañadas, cuencas fluviales, bosques y dehesas, por nombrar algunas, deben ser estudiadas por los científicos en las fases de planificación de los proyectos.

11. La reciente directiva 2003/4/CE del Parlamento y el Consejo va encaminada a garantizar el derecho de acceso a la información medioambiental que obre en poder de las autoridades públicas o de otras entidades en su nombre, y a establecer las normas y condiciones básicas, así como las modalidades prácticas, del ejercicio del mismo.

alternativas o variantes en otros corredores posibles.

Recuerdo un caso en Turquía en donde una municipalidad insistía que no había espacios alternativos para ubicar el proyecto propuesto. Cuando algo así ocurre, seguramente hay ciertos intereses privados por medio. En aquella ocasión solicitamos una asistencia técnica independiente para llevar adelante un estudio de las alternativas posibles. ¡Finalmente se encontraron 8 posibles variantes!

El elegir una mala alternativa o variante, tiene un coste social evidente, lo cual hace menos atractivo al proyecto.

Una forma tradicional para la comparación de alternativas es llevar a cabo un estudio multicriterio. De forma simplificada, se construye una tabla que muestra en las filas las alternativas y en las columnas los principales criterios a observar, para valorar la mejor opción. Las casillas se rellenan con algún tipo de puntuación y los puntos se suman para obtener los totales, que sirven para valorar y comparar las opciones, así como para elegir la más idónea.

En resumidas cuentas, es deseable hacer un análisis correcto de las alternativas y determinar el peso a dar a los aspectos medioambientales en la valoración de las mismas. Existen además hoy en día en el mercado innovaciones tecnológicas para las aplicaciones en el área de la planificación de trazados y de la selección de variantes. Estos instrumentos pueden ayudar a la identificación y cuantificación de las externalidades ambientales, sociales y culturales de cada propuesta.

En el proceso de selección de alternativas

debemos también tener en cuenta que la obra nueva tiene un efecto de redistribución de los accesos al territorio, lo cual, a largo plazo lleva aparejada la reorganización de las actividades sociales e industriales. La ampliación y mejora de una carretera en zona de montaña o cerca de espacios protegidos puede atraer población a lo largo de su itinerario, aunque también es posible que cause un fenómeno de emigración.

### El análisis coste-beneficio y las externalidades.

En esta etapa de la planificación, tan preliminar en la definición del proyecto, las administraciones deben hacer un análisis para determinar cuál sería el "interés público" de la infraestructura viaria a construir. La forma más habitual para evaluar si un proyecto es viable social y económicamente, es mediante la elaboración de un análisis de coste-beneficio, del que hablaré más adelante<sup>14</sup>.

Si queremos saber cuáles son los beneficios sociales y económicos que aporta un proyecto, lo más lógico sería incluir en este análisis los posibles beneficios y costes directos e indirectos causados por el mismo.

Por razones diversas, sobre todo, por lo difícil que resulta la cuantificación de las externalidades en materia de medio ambiente, se suelen incluir entre los beneficios externos los ahorros de tiempo y la disminución del número de accidentes que ocurren tras la puesta en marcha del proyecto de infraestructura viaria. En cambio, al cuantificar los costes, es muy frecuente no incluir en los cálculos los impactos del mismo sobre el medio ambiente.

Desafortunadamente, hoy en día escasamente

12. Sería una mala práctica de la administración, el publicar en un boletín oficial un estudio informativo de un proyecto viario de 5.000 páginas, poco respetuoso con el medio ambiente, a dos semanas de las vacaciones del mes de julio y agosto y dar como plazo para las alegaciones 30 días.

13. El Estudio Informativo recoge la descripción del proyecto, analiza sus alternativas y contempla su impacto ambiental.

14. Ver Directiva 85/337/CE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente, modificada por la Directiva 97/11/CE del Consejo, de 3 de marzo, y la Directiva 2003/35/CE; Directiva 92/43/CE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres; y Directiva 79/409/CE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres, modificada por la Directiva 91/244/CE de la Comisión, de 6 de marzo de 1991 y 97/49/CE de 29 de julio de 1997.

15. A pesar de las lagunas en estas mediciones en la contabilidad nacional, los recursos naturales -aire, agua, fauna, paisajes,...- son bienes que pueden ser medidos, pues ofrecen un servicio a la población. La metodología sobre cómo medir estos bienes o servicios, debe ser distinta de la valoración en términos de mercado.

se valora la degradación de los espacios naturales y hábitats de fauna o flora protegidos<sup>15</sup>, por el simple hecho de ser dificultosa su cuantificación.

No debiera ser suficiente el reseñar la pérdida del lince ibérico o la cigüeña negra en un pie de nota, bajo la tabla del análisis coste-beneficio, sino que sería mucho más riguroso elaborar procedimientos más detallados para dar valor a ese valiosísimo patrimonio que va desapareciendo delante de nuestros ojos<sup>16</sup>.

Aquí podríamos incluir el efecto perverso de los análisis que ni siquiera mencionan a pié de página la fauna, los monumentos históricos o las aguas de un río afectados o puestos en peligro por un proyecto viario. Esta falta de sensibilidad hacia el medio ambiente, entre los que realizan los análisis coste-beneficio y quienes posteriormente los regulan, aprueban y controlan es quizás el peor enemigo de la naturaleza.

La pérdida del patrimonio natural y cultural supone un coste tangible para la sociedad y es muy recomendable que se fijen reglas más actualizadas para identificar y cuantificar su coste, y para incluir el mismo como externalidad en los análisis socio-económicos.

La selección de la alternativa más ventajosa conlleva que el proyecto de infraestructura sea, además de viable en términos socio-económicos, respetuoso con la normativa medioambiental.

Por tanto, el análisis coste-beneficio, efectuado para la alternativa seleccionada, debe dar como resultado una rentabilidad social aceptable. Ésta suele medirse por el TIR (tasa de retorno) y VAN (valor actualizado neto) del proyecto. Es evidente que los proyectos situados en entornos alpinos o sensibles, relativamente aislados, difícilmente

pueden justificar elevadas intensidades medias de tráfico diario (IMD) que demuestren su posible rentabilidad en base al uso de los tramos de montaña o dehesas. Solamente parecen justificables estas inversiones de ampliación o de nueva carretera, en términos económicos, si se produce un efecto red.

Si damos por buenos los estudios medioambientales efectuados con poco rigor, estaremos acabando con nuestra naturaleza, así como con nuestro patrimonio histórico y, en definitiva, no estaremos en la senda hacia un desarrollo sostenido.

### La Declaración de Impacto Ambiental.

Afortunadamente, los errores en las valoraciones y cifras mostradas en las etapas iniciales de la evaluación del impacto ambiental<sup>17</sup> del proyecto viario pueden ser subsanados al comparar el Estudio Informativo con el Estudio de Impacto Ambiental.

La Declaración de Impacto Ambiental (DIA), tiene en cuenta estos estudios e informes previos, así como las alegaciones presentadas por organismos y particulares<sup>18</sup>. Los primeros suelen disponer de dos meses<sup>19</sup> para presentar sus alegaciones y los segundos de 30 días hábiles<sup>20</sup>. A la luz de estos informes (Estudio Informativo, Estudio de Impacto Ambiental y Resultado de la Información Pública), corresponde al Ministerio de Medio Ambiente la redacción y publicación de la DIA.

Cualquier proyecto de infraestructuras viaria en espacios naturales protegidos, para ser factible o aceptable, debiera cumplir con los requisitos de ser viable en términos sociales y económicos y disponer de una Declaración de Impacto Ambiental favorable.

16. Ver en internet: <http://www.whitehouse.gov/omb/inforeg/riaguide.html>.

17. Ver la normativa española al respecto: R.D. Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental; R.D. 1131/1988, de 30 de setiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del R.D. Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental; R.D. - Ley 9/2000, de 6 de octubre, de modificación del R.D. Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental; y, Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del R.D. Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.

18. Las alegaciones se recogen en un informe titulado Resultado de la Información Pública.

19. Corporaciones Locales y Comunidades Autónomas.

20. ONGs y público en general.

21. Ver [www.fomento.es](http://www.fomento.es)

Sin embargo, como vemos en la prensa, la contestación social a los informes y a la DIA, así como a la forma en que se han seguido los procedimientos y análisis, es frecuente. Es evidente que, por diversas razones, los políticos o los particulares, presionan a diversos organismos de la administración pública, entre ellos al Ministerio de Fomento<sup>21</sup> y al de Medio Ambiente, para que "saquen adelante" los expedientes.

Si a estas presiones -de tipo económico y político- unimos un escaso rigor en algunos análisis y estudios, la polémica sobre la viabilidad medioambiental de algunos proyectos de infraestructura viaria está servida.

### La estimación de riesgos medioambientales.

En realidad, lo que ya podemos asegurar es que, existen y existirán proyectos mal concebidos en busca de financiación pública y privada.

En la medida en que los proyectos de infraestructuras viarias en espacios naturales protegidos son rechazados por diversos colectivos ecológicos y por la sociedad en general, el camino hacia su aprobación, financiación y realización se convierte en un auténtico calvario.

Dado que aspiramos en Europa a un sistema más democrático, y como señalaba antes, basado en información pública de mayor calidad, es probable que todos los riesgos medioambientales relativos a un proyecto de infraestructuras sean cada vez más debatidos en la red, en la prensa, y por los diversos grupos e instituciones sociales directamente afectados.

Los sistemas de decisión deberán ser cada vez más transparentes<sup>22</sup>. Gracias a las telecomunicaciones y a las normas comunitarias<sup>23</sup>, los diversos agentes sociales son capaces de obtener día a día información más precisa y variada

para juzgar los riesgos ambientales de los proyectos.

Por otra parte, los individuos y ONGs puede escribir una carta a cualquier institución, con capacidad de decisión, sobre los defectos que pudiera haber en el proceso de toma de decisión de un proyecto de infraestructura viaria en un espacio natural protegido.

Por ejemplo, una sola ONG puede enviar copia de sus alegaciones al Parlamento Europeo, a la Comisión Europea, a la Comisión de Infraestructuras del Senado y del Congreso, a los Tribunales de Cuentas de la Unión y del Reino, a los Ministerios implicados, al concesionario, a la institución o entidad financiera que piensa aportar fondos al proyecto, en fin, a todos los participantes importantes en la toma de decisiones.

El efecto de esta correspondencia, si su contenido es de calidad, puede ser fulminante. Puede llegar a parar en seco el desarrollo de cualquier proyecto mal concebido. Si en su argumentación un individuo o una ONG es capaz de analizar correctamente las debilidades o flaquezas del proyecto viario, lo más probable habrá conseguido identificar con certeza los riesgos medioambientales del mismo, aquellos que la administración pública tal vez no quiso o no supo identificar en su día.

### Lógicamente, cualquier riesgo medioambiental identificado en un proyecto se convierte automáticamente en riesgo financiero.

A no ser que la administración pública desee financiar este proyecto al 100%, lo más probable es que un proyecto no viable en términos medioambientales no encontrará financiación ni en la Unión Europea ni en el mercado de capitales.

22. Ver COM (2003) 622 final. Propuesta de reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a la aplicación a las instituciones y a los organismos comunitarios de las disposiciones de la Convención de Aarhus sobre el acceso a la información, la participación pública en la adopción de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente.

23. Ver COM (2001) 428. European Governance: a White Paper. Este documento apoya la apertura del proceso de toma de decisiones en La Unión Europea, de forma que más personas y organizaciones participen en la formulación y promulgación de las políticas europeas.

Lo cual en realidad quiere decir que el proyecto además no es socialmente aceptable y vendría a ser como un hijo bastardo de la administración que lo apoyara.

### Las cláusulas condicionales financieras.

Si bien hasta el reciente pasado las infraestructuras viarias se financiaban con recursos presupuestarios, la tendencia en Europa es financiar las mismas con recursos extra-presupuestarios.

Es decir, los estados y regiones de Europa dedicarán la mayor parte de sus recursos presupuestarios a la cobertura de otras necesidades, como la justicia o la sanidad, en lugar de dedicarlos a la construcción de infraestructuras viarias, pues éstas pueden muy bien autofinanciarse o a financiarse en el mercado de capitales y los créditos pueden pagarse, a partir de la puesta en marcha del servicio, mediante anualidades a lo largo de la vida del proyecto.

Aparte de los fondos presupuestarios de la Administración Pública, las principales fuentes de financiación de las infraestructuras viarias han sido tradicionalmente los fondos y préstamos europeos, provenientes del FEDER y del Banco Europeo de Inversiones (BEI). Ambas instituciones europeas tienen la obligación de comprobar que los requisitos señalados anteriormente se han respetado. De lo contrario, los proyectos de infraestructura viaria no serán elegibles.

En el caso del BEI, si el aspecto medioambiental a solventar es de orden menor, el desembolso de las operaciones quedará sujeto al previo respeto, entre otras, de la normativa comunitaria en materia de medio ambiente<sup>24</sup>. Esta condición de desembolso permite al promotor del proyecto resolver, en un plazo razonable de tiempo, el problema pendiente identificado y justificar las

medidas adoptadas ante la institución comunitaria. Mientras tanto, los fondos a desembolsar quedarán bloqueados hasta que se respeten las cláusulas de condicionalidad del contrato de financiación.

Ahora bien, si un promotor efectúa un análisis coste-beneficio deficiente y no demuestra que ha hecho al menos un adecuado análisis multicriterio, lo más probable es que el préstamo no llegue a firmarse.

Lógicamente, si el impacto medioambiental del proyecto viario es elevado (por ejemplo, no se respetan los LICs y ZEPAs por donde pasa el itinerario propuesto<sup>25</sup>).

podremos intuir que el proyecto no va a respetar la normativa ambiental. Dado el nivel del impacto negativo previsto sobre su entorno, podemos concluir que el proyecto es de alto riesgo.

Todo proyecto de infraestructuras viaria de alto riesgo tendrá visos de no encontrar financiación, pues si amenaza a espacios naturales protegidos, plantea una inseguridad jurídica e indica que se traslada sobre la valoración de su viabilidad. Y, como es lógico, un proyecto viario, que presumiblemente no sea viable en términos medioambientales, es difícil que encuentre financiación de fondos europeos o de terceros.

25. El BEI, como institución europea, está obligado a respetar toda normativa emanada de los órganos de la Unión. El banco colabora con la Comisión, el Parlamento y el Consejo en la definición de políticas medioambientales. Ver, así como las referencias y bases de datos de la DG XI en <http://europa.eu.int>.

Asimismo, si un proyecto fuera a ser diseñado, construido y explotado por el sector privado, las entidades encargadas de su ejecución deberían analizar con extremo cuidado su viabilidad medioambiental. De lo contrario correrán el riesgo de enfrentarse a serios sobrecostes e incluso a inesperados contratiempos, pues la falta de respeto a la normativa europea puede ser motivo de terminar en una demanda ante los tribunales competentes<sup>26</sup>, pues es muy posible que las alegaciones iniciales acaben convirtiéndose en requerimientos ante un juez y en elevadas reclamaciones monetarias.

Como el sector privado también debe respetar la normativa medioambiental, su obligación es diseñar proyectos viarios, de tal forma, que la imagen de la empresa y la rentabilidad futura de su inversión no se vean perjudicadas o en peligro por estas razones<sup>27</sup>.

En concreto, en el caso de las autopistas, la financiación provendrá cada vez, con mayor intensidad, del sector privado, mediante el empleo de concesiones basadas en peajes reales o peajes sombra.

Recuerdo una vez más que los contratos, sean de obra civil, financieros o de concesión<sup>28</sup>, obligatoriamente llevan cláusulas contractuales de respeto a la normativa ambiental. La

administración pública, las empresas de construcción y concesionarias, así como las entidades de crédito tienen departamentos exclusivamente dedicados al seguimiento y control de los proyectos. Esta función permite detectar las irregularidades que puedan cometerse en el ámbito medioambiental a lo largo del ciclo del proyecto.

Los informes de progreso de obras, fin de trabajo, los relativos a la fase de explotación y finalmente los de evaluación global del proyecto viario, deben analizar lógicamente si la normativa y las cláusulas contractuales de la financiación han sido respetadas en cada fase de la vida del proyecto. Desde la fase de concepción, tema en que he hecho hincapié en la primera etapa de esta presentación, hasta el término de la vida útil de la infraestructura.

Las ONG son cada vez más hábiles en la forma de proceder para llamar la atención sobre sus reclamaciones. Ya son muy conscientes de que no basta con enfrentarse individualmente y en desigualdad a un gobierno regional o central. Ahora acuden directamente a las Comisiones de Infraestructuras del Parlamento Europeo, del Congreso y Senado de la nación e incluso a los tribunales de cuentas nacional y comunitario, instituciones encargadas de la regulación y supervisión de las actividades de los órganos ejecutores de la obra pública.

26. Las ZEPAs y LICs son espacios protegidos incluidos en la Red Natura 2000. Si un proyecto viario pasa cerca de una zona de la Red Natura 2000 tiene que mencionarse y deben de plantearse medidas de protección especial. Si el proyecto en cuestión toca a alguno de los espacios mencionados en la Red Natura 2000, la DIA debe ser enviada a la Comisión en Bruselas para su aprobación (y no simplemente como información). El promotor debe claramente justificar que no hay otra mejor alternativa posible para la localización del proyecto y que se tomarán todas las medidas posibles para mitigar su impacto. Para evitar posibles manipulaciones, la DG XI pedirá a la DG de Conservación de la Naturaleza completar el formulario pertinente (A -si pasa o toca y B - cuando atraviesa una zona de la Red Natura 2000). En el último caso (B), el director responsable de la zona protegida afectada ha de hacer una declaración adicional, en donde puede solicitar medidas de protección complementarias. Hoy en día el BEI también exige estos formularios para evaluar este tipo de situaciones antes de otorgar sus préstamos.

26. Ver 2003/0246 (COD). Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre acceso a la justicia en materia de medio ambiente.

27. La realidad no ha sido siempre así. Tenemos el caso de la autopista a Segovia desde la A-6, en donde el concesionario asumió excesivos riesgos en materia de medioambiente y el proyecto ha llegado a ejecutarse, a pesar de las más de 5,000 alegaciones de los particulares, del recurso de la Plataforma de Segovia ante la Audiencia Nacional, del dictamen de la Comisión Europea y de la falta de apoyo del BEI al proyecto. Tanto el Ministerio de Fomento como Iberpistas han visto su reputación en entredicho ante la sociedad española y ante las instituciones europeas.

Pero, probablemente, será cada vez más difícil saltarse las normativas medioambientales, porque la sociedad civil exige transparencia y procesos más democráticos de decisión. Por ejemplo, en el caso señalado anteriormente, la DG XI y el BEI estuvieron al tanto de las posibles irregularidades cometidas en la adjudicación de las obras. Finalmente, la Comisión Europea ha calificado el impacto de la A-61 como "crítico" e "irreversible" y ha exigido compensar los daños causados por Iberpistas en la A-61 (La Razón 17/04/03). Cada inadecuada presentación de un nuevo proyecto de infraestructura viaria tiene el efecto de "llover sobre mojado" al llegar a Bruselas o Luxemburgo, en donde se pueden obtener los recursos financieros más ventajosos.

Por este motivo, ninguna institución pública o sociedad privada debiera desear arriesgar su reputación y fondos por no hacer cumplir o respetar la normativa medioambiental. Al contrario, estas entidades exigirán un mayor rigor a las administraciones públicas en la elaboración de buenos estudios que justifiquen claramente la viabilidad de los proyectos de infraestructura viaria. Demandarán mejores técnicas para llevar a cabo la búsqueda de las alternativas, los análisis multicriterio, la elaboración de los análisis coste-beneficio y un mayor rigor a la hora del planteamiento y ejecución de las medidas de mitigación o eliminación del riesgo medioambiental<sup>29</sup>.

### Capacidad institucional.

Parte de los problemas expuestos son debidos a nuestras imperfecciones e incapacidad a la hora de efectuar los estudios y de la toma de decisiones.

Ciertas incapacidades técnicas se pueden corregir mediante el desarrollo de reglas, técnicas y procedimientos más precisos, así como dando una mayor formación a las personas encargadas de efectuar los análisis e informes antes expuestos.

Algunas áreas a reforzar en los análisis de viabilidad se han señalado anteriormente. Además es también preciso mejorar los análisis sobre el impacto de un proyecto viario sobre el desarrollo económico de una región o territorio. Por lo general, se da por sentado que cualquier mejora o provisión de una infraestructura es favorable al desarrollo económico regional, lo cual no es cierto<sup>30</sup>.

Hay otro aspecto relativo a la capacidad institucional que es preciso resaltar. Me refiero a la de dotar de mayor capacidad democrática a las instituciones públicas. Éstas deben mejorar sus niveles de diálogo y de transparencia en la información, a nivel interinstitucional y a nivel de la sociedad en general<sup>31</sup>.

28. Las obras públicas que se construyan mediante contrato de concesión se someterán al procedimiento de evaluación de impacto ambiental en los casos establecidos en la legislación ambiental.

29. El momento más delicado para la fauna corresponde con el periodo de construcción de la obra. En el pasado la llegada de la maquinaria a habitats sensibles iba acompañada de una fuerte destrucción del territorio. Afortunadamente, gracias a las reclamaciones y demandas de diversos grupos sociales, la administración y las empresas vigilan más la forma de actuar en estos entornos. Por otra parte, la DIA suele imponer condiciones restrictivas al proyecto constructivo.

30. Puede muy bien ocurrir que el impacto del proyecto viario sobre la agricultura y el nivel de empleo de la región atravesada por el mismo sea negativo.

31. Lo vamos a ver más claro con un ejemplo:

Supongamos que un proyecto viario ha analizado insuficientemente las posibles variantes de trazado y que su rentabilidad económica no justifica la inversión prevista. Pongamos por caso que, por motivos políticos o por intereses privados, exista un claro interés por realizar la obra de manera inadecuada. Imaginemos que el proyecto no respeta un par de espacios naturales protegidos y que, sin embargo, la administración pública publicara una memoria económica y una DIA que no mostraran realmente el impacto causado por el proyecto viario sobre su entorno.

Si estas hipótesis se dieran, probablemente los costes del proyecto estarían infravalorados y su rentabilidad sobrevalorada. Podríamos además sospechar que, si los estudios y análisis se hubieran hecho correctamente, el proyecto en cuestión podría no ser viable.

Este escenario no es tan raro como podemos pensar. De hecho, hay una tendencia en las administraciones públicas y en las empresas privadas al planteamiento de proyectos de gran envergadura, la cual no es siempre justificable en términos de su adecuada utilización y rentabilidad.

Estos grandes proyectos de transporte suelen además plantear serios problemas ecológicos, los cuales no han sido, por lo general, estudiados adecuadamente en la etapa preliminar, sino que más bien han nacido de una voluntad individual o programa político. Un buen ejemplo de lo que digo es la frecuente débil calidad de los estudios relativos a proyectos de infraestructura viaria en zona de montaña.

Podemos intuir que, en algunos casos, el comportamiento de la administración puede ir encaminado a ocultar datos, a fin de mostrar como viable un proyecto que no lo es. Esta ocultación de datos le permite al promotor obtener más fácilmente las autorizaciones pertinentes. Así, un proyecto de escasa calidad, que atente contra nuestro patrimonio natural y que no ayude realmente al desarrollo regional puede verse favorecido, sobre todo si el promotor lo piensa financiar con recursos presupuestarios.

Pero realmente, el administrador público habrá engañado a los contribuyentes y a la sociedad civil en general, la cual deberá soportar con sus impuestos y en sus carnes un proyecto y unas obras que atentan contra toda lógica.

Este administrador, sea funcionario, consejero o ministro, debe ser consciente que sus afirmaciones e informes sobre dicho proyecto rayan en el delito, pues están realmente desinformado a los órganos decisorios (entre ellos a su Congreso y Parlamento) y al público en general (a través de los medios de comunicación) apoyando un proyecto inviable. De ahí la importancia de aumentar la capacidad democrática de nuestras instituciones, como propone la reciente directiva del Parlamento Europeo relativa al acceso del público a la información medioambiental.

## Conclusión

Espero que mi presentación haya servido al menos para clarificar varios puntos:

1. La Administración Pública es la última responsable del proceso de provisión de infraestructuras viarias y de la gestión de los servicios de transporte. Las restricciones medioambientales y financieras determinan claramente los límites para estas actuaciones.
2. Tanto el sector público como el privado deben respetar la normativa medioambiental. De lo contrario será muy difícil financiar los proyectos viarios, pues la identificación de un riesgo medioambiental no detectado en la fase de estudios se convierte automáticamente en riesgo financiero.
3. Todo proyecto de infraestructuras viarias en un entorno de espacios naturales protegidos debe justificarse en términos de viabilidad medioambiental y de respeto a la correspondiente normativa en vigor.
4. Los estudios y análisis medioambientales deben reforzarse, sobre todo en la etapa de planificación y preparación del proyecto. Es preciso fortalecer la metodología de investigación de los impactos medioambientales y dar una mayor formación al personal, especializándolo en las técnicas de identificación y valoración de los costes externos.
5. La no valoración u ocultación de los costes externos medioambientales perjudica a toda la sociedad civil y puede llegar incluso a ser causa de delito y de querrela ante los tribunales competentes. Por tanto, es mejor que cada uno haga bien su trabajo, en aras del interés público.
6. Los proyectos viarios mal concebidos encuentran siempre dificultades para ser financiados, pues muy frecuentemente no son viables.
7. Por todas estas razones, es importante

considerar las medidas de la directiva 2003/35/CE, encaminada a impulsar la participación del público en la elaboración de determinados planes, programas y proyectos relacionados con el medio ambiente.

8. Con el paso del tiempo, el público en general es cada vez más consciente sobre la necesidad de respetar el medio ambiente y desea, en mayor grado, ser informado e incluso participar en la toma de decisiones sobre los planes, programas y proyectos.

Muchas gracias.



06



**PABLO COTO MILLÁN**

Impacto económico de las infraestructuras viarias

## PABLO COTO MILLÁN

Subdirector del Dpto. de Economía de la Universidad de Cantabria

### \_Impacto Económico de las Infraestructuras Viarias

#### Introducción

El propósito de éste trabajo es realizar una revisión metodológica de los estudios de impacto económico, para lo cual, en las siguientes líneas se plantean, en primer lugar, los objetivos y destinatarios de los estudios de impacto; en segundo lugar, se clasifican y discuten las diferentes metodologías empleadas para abordar esta cuestión. No se realiza una simple enumeración, si no una clasificación sistemática que permite evaluar según objetivos, disponibilidad de recursos, ventajas e inconvenientes cada una de las posibles metodologías. En tercer lugar, se ofrece un caso concreto de impacto de las inversiones en infraestructuras viarias en Maryland. Finalmente, se presentan las principales conclusiones.

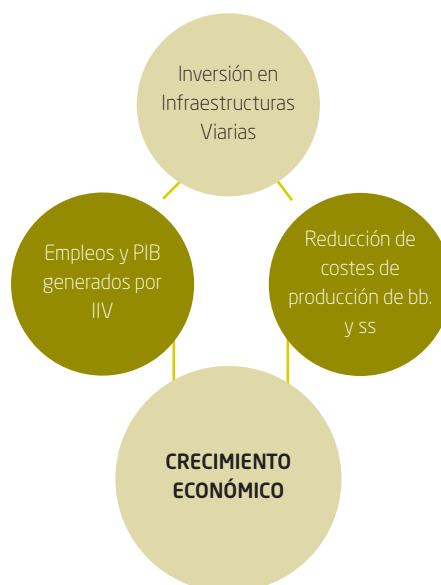
desenvolvimiento de la actividad económica, tanto si la infraestructura está funcionando como si se planea un nuevo proyecto de inversión en infraestructuras. Puede resultar de interés para los legisladores, congresistas y público en general ya que todos ellos pueden estar interesados en conocer los efectos económicos de las infraestructuras. También es de interés para los usuarios y las empresas e instituciones que se engloban en la región afectada por tales inversiones en infraestructuras. En la Figura 1 se resume este planteamiento.

#### 1. Objetivos y Utilidad

El objetivo principal de estos estudios, es obtener el impacto económico de las inversiones y/o del funcionamiento de una infraestructura en un año determinado. Los indicadores del impacto económico que proporcionan los resultados estilizados de estos estudios son: valor añadido, empleos, rentas salariales e impuestos. En algunos estudios se propone como objetivo, incluso, estimar el impacto económico de las infraestructuras de una nación como U.S.A., en el estudio de U.S. Maritime Administration (1982), y España, en el de Coto Millán (1995a). Además de este objetivo principal existen otra serie de objetivos complementarios como entender la relación de las infraestructuras (carreteras) con otras industrias locales, regionales o nacionales y simular políticas de cambios en la actividad y medir los efectos de estos cambios sobre el desarrollo económico de la ciudad, comarca, región o país.

Los estudios pueden resultar de utilidad a las Autoridades Públicas y Agencias de regulación gubernamentales que toman decisiones sobre el

**FIGURA 1**  
Impacto Económico de las Infraestructuras Viarias



## 2. ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS.

Sobre las diferentes metodologías a aplicar para el estudio del impacto económico de infraestructuras y, por consiguiente, de evaluación del valor añadido generado por las mismas, no existe una opinión unánime, por ello, se propondrá una clasificación orientativa de las diferentes metodologías aplicadas en los últimos años.

En términos sintéticos existen tres tipos de metodologías a aplicar en el estudio del impacto económico de infraestructuras.

**La Metodología I** está basada en la agregación de los gastos realizados por los diferentes agentes económicos para llevar a cabo los transportes de bienes y servicios relacionados con la infraestructura a estudiar.

**La Metodología II** se fundamenta en la agregación del valor añadido de un gran grupo de agentes económicos (Industria de Construcción) para el estudio del impacto económico.

**La Metodología III** se basa en la agregación del valor añadido de tres grandes grupos de agentes económicos (Industria de Construcción, Industria de Transporte y Usuarios) para el estudio del impacto económico total (directo más indirecto e inducido).

### METODOLOGÍA I.

La metodología I fue aplicada, entre otros, en el estudio de Hille et al. (1975). En este estudio se calcularon los impactos económicos totales como la suma de los gastos de los diferentes agentes económicos, sin agruparlos con ningún criterio, y clasificando los gastos en directos, indirectos e inducido. Es preciso, ahora, realizar la definición de estos gastos.

Los gastos directos son aquellos realizados por las compañías de transporte y sus representantes. Los gastos indirectos son los desembolsos realizados a las empresas de construcción y los gastos realizados por la Administración.

Los gastos inducidos son todos los ocasionados por las economías domésticas, cuyas rentas salariales proceden de los servicios derivados de los gastos (directos e indirectos) anteriores, en el consumo de bienes y servicios.

Los gastos directos e indirectos se estiman, en esta metodología a partir de encuestas más o menos detalladas. Los gastos inducidos se estiman a partir de multiplicadores obtenidos de las tablas input-output de la región a estudiar.

En esta metodología los resultados del impacto directo se calculan para el empleo directo, para el gasto directo por tonelada de mercancía transportada, y para cada categoría de las enumeradas anteriormente como gasto directo. Los impactos indirectos se calculan en términos de valor añadido y empleo generados por las empresas y las instituciones cuyos servicios se contratan y suponen gastos indirectos, ya reseñados también anteriormente. Y, los impactos inducidos se calculan aplicando un multiplicador medio para el empleo (del sector servicios), otros multiplicadores medios con la misma clasificación efectuada para los gastos directos, con los que se obtienen los gastos inducidos, y finalmente otros multiplicadores para los gastos indirectos según su propia clasificación. Por otra parte, se ofrece una aproximación al impacto en términos de impuestos basadas en estimaciones de impuestos pagados por las empresas y las personas físicas relacionadas con los gastos directos.

Las desventajas de esta metodología provienen del énfasis excesivo en las encuestas y en que se calculan unos multiplicadores inducidos muy ambiguos e imprecisos. Da la sensación de que se obtienen unos multiplicadores inducidos para la tabla input-output y que luego se buscan los sectores que más se asemejan a las categorías de gasto directo e indirecto y se les aplican simplemente los multiplicadores. Esta metodología es costosa y requiere un plazo amplio. Como ventaja, permite presentar desagregaciones de impacto por tonelada de mercancía tipo, por ejemplo, impacto total de cada tonelada de automóvil (incluso por cada unidad de automóvil), de cada tonelada de mercancía transportada en camión, de cada tonelada de contenedor, etc. Además si la encuesta es suficientemente detallada permite desagregaciones espaciales como impacto para la ciudad, la comarca y la región.

### METODOLOGÍA II.

La Metodología II se fundamenta en el cálculo del valor añadido y estima únicamente impactos

directos. Entre los trabajos que aplican esta metodología, están los trabajos realizados, entre 1979 y 1982, por la U.S.M.A. (1982), y los desarrollados en España por Fraga y Seijas (1992) y De Rus, Román y Trujillo (1994). En los estudios anteriores se utilizan diferentes métodos para llegar a estimar los impactos económicos, sin embargo todos tienen una característica común, consideran dos grandes grupos de agentes económicos:

1º - Industria de Construcción.

2º - Industria de Transportes.

Para estimar los impactos económicos directos de estos dos grandes grupos se emplean los siguientes métodos o combinaciones de ellos:

a) Método manual de cálculo de impacto por tonelada.

b) Método automático de los multiplicadores directos de la tabla input-output con:

b.1) Cálculo estándar de los multiplicadores.

b.2) Cálculo de los multiplicadores y uso de una encuesta indicativa.

c) Método de encuesta detallada.

Se procederá ahora a describir qué servicios se engloban en Industria de Construcción y de Transportes, para posteriormente, comentar la aplicación y ventajas de cada uno de los métodos.

Los dos grandes grupos de agentes económicos, explicitados anteriormente, generan directamente empleo, valor añadido, rentas salariales e impuestos que son estimados de acuerdo con los métodos reseñados y de los que tratarán de esbozarse, a continuación, su mecánica operativa y sus ventajas e inconvenientes.

El método manual consiste en estimaciones del impacto económico por tonelada de un grandes grupo de mercancías (por ejemplo: carbón, mineral de hierro, cereales, cementos) calculadas por el valor añadido (retribución de factores de producción estrictamente de transporte por carretera). Esta aproximación se efectúa para estudios de grandes pinceladas (Broad-Brush Studies). La aproximación es particularmente interesante si los recursos de los que dispone son limitados y posee también la ventaja de presentar resultados en periodos cortos de tiempo, además

éste método es de fácil actualización. Como principal inconveniente se puede citar la probable imprecisión de las magnitudes calibradas por las subjetividades o prejuicios existentes en el sector, convertidos en tópicos, aunque no contrastados.

El método automático, consiste en aplicar los multiplicadores directos de una tabla input-output de la región de los servicios prestados por empresas a la industria de transporte y del sector de la construcción a las obras de construcción contratadas por la Administración. Requiere disponer de tablas input-output para el periodo base y la región a estudiar. Necesita expertos en el manejo de las tablas input-output, además de conocedores de las operaciones de transporte. Si se dispone de los medios anteriores, éste es un método que requiere poco tiempo y que a pesar de ser más costoso, es mucho más eficaz que el método manual. Este método es además susceptible de ser complementado con el anterior y/o con una encuesta limitada.

El método de encuesta detallada requiere mucho más tiempo, necesita expertos en el manejo de gran número de datos y en la realización de las encuestas y esto lo hace extremadamente costoso. Aunque cabe decir que este método ha sido el más empleado en las estimaciones de impacto directo.

### **METODOLOGÍA III.**

La Metodología III se fundamenta también en la agregación del valor añadido para estimar el impacto económico directo, indirecto e inducido, de tres grandes grupos de agentes económicos: Industria de Construcción, Industria de Transporte y Usuarios. Los dos primeros grupos de Industria se definen como en la segunda metodología ya mencionada. El grupo de Usuarios, por el contrario es nuevo y requiere definición. En los Usuarios se recogen los efectos económicos generados en los clientes de los servicios de transporte. Para estimar los impactos se utilizarán diferentes métodos o combinaciones de los mismos, que se han clasificado por tipo de agente económico.

#### **a) Métodos para estimar los impactos de la Industria de Transportes:**

a.1) Método manual por tonelada.

- a.2) Método automático de los multiplicadores.
- a.2.1) Con valores estándar de los multiplicadores.
- a.2.2) Con una discreta encuesta.
- a.3) Método de encuesta detallada.

**b) Métodos para evaluar el impacto de la Industria de Construcción:**

- b.1) Método de encuesta a las empresas de construcción.
- b.2) Método automático de multiplicadores del sector de la construcción.

**c) Métodos para calcular el impacto de los Usuarios:**

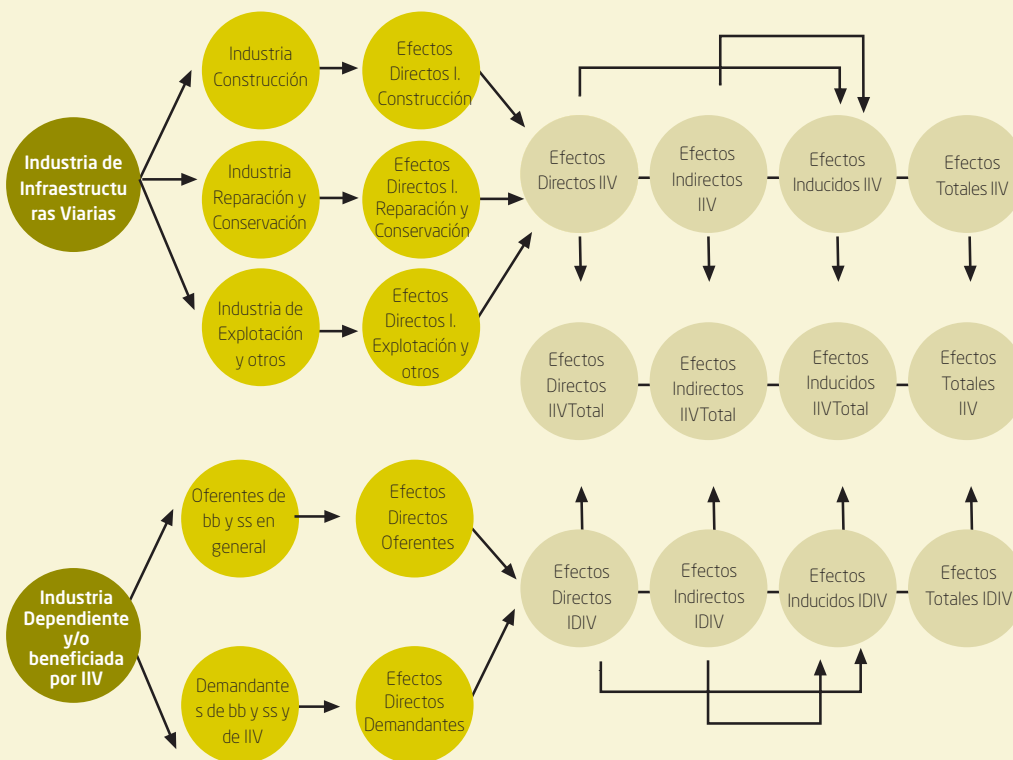
- c.1) Método de encuesta limitada con estimaciones manuales por tonelada.
- c.2) Método automático con multiplicadores.
- c.2.1) Con valores estándar de los multiplicadores.
- c.2.2) Con encuesta limitada.
- c.3) Método de encuesta detallada.

Cada gran grupo de agentes puede ser estimado con dos o tres procedimientos distintos, a partir de los cuales surgen diferentes combinaciones;

la elección de una combinación determinada u otra, vendrá dictada por la disponibilidad de los datos, los recursos dedicados al estudio y la coherencia de los resultados. Las ventajas e inconvenientes de la utilización de unos métodos u otros se pueden deducir de modo análogo a las ya expuestas para la segunda metodología, no es preciso reiterar ya las mismas.

Entre los trabajos que aplican esta metodología están los realizados por la U.S.M. Administration (1982) para desarrollar un instrumento de software básico, el Kit, que dió lugar a las aplicaciones de esta metodología en unos cuarenta estudios de infraestructuras norteamericanas desde entonces a la actualidad (DeSalvo 1994), también se pueden citar aquí los estudios de Conway et al. (1982 y 1989), y los estudios de Opuku (1990) y de Pinfold (1991) para la región de New York & New Jersey y Halifax, respectivamente, y los estudios de Coto Millán y Villaverde Castro (1995 a y b) referidos al puerto de Santander (España). Un esquema del tratamiento con esta metodología se presenta en la Figura 2.

**FIGURA 2**  
Esquema de Impactos Económicos



### 3. CASO PRÁCTICO: INVERSIONES EN MARYLAND

En la siguiente Figura 3 se presentan los resultados de la aplicación de la metodología descrita como III en el apartado anterior para calcular el Impacto Económico Directo e Indirecto de las Inversiones en Infraestructuras en Carreteras por la Administración de Maryland.

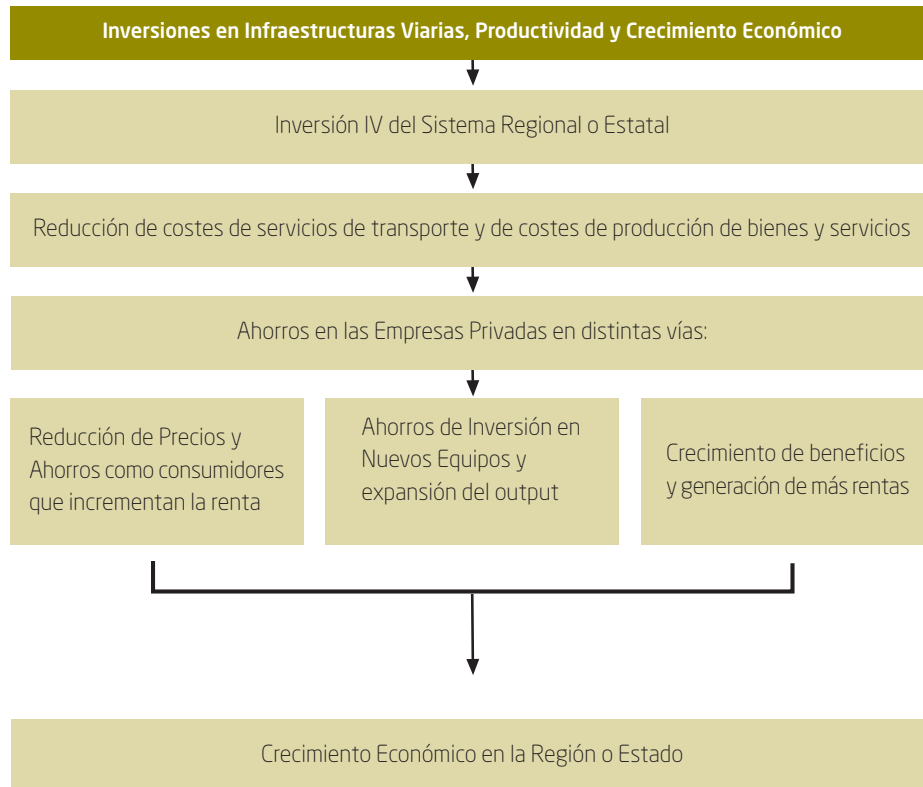
**FIGURA 3**

Resultados de Impacto  
Fuente: "The Economic Impact of Maryland Highway Investment". Maryland SHA (2003).



**FIGURA 4**

Esquema de los efectos sobre la Productividad y Crecimiento Económico



Los Efectos Totales (Directos + Indirectos) de la inversión de 933 millones de \$/año en el período 1991-1996 han sido 1,2 % del Empleo total anual de estado de Maryland 2,1% del PIB total anual del estado de Maryland.

Un esquema de los efectos sobre la productividad y el crecimiento económico aparece en la Figura4.

#### FIGURA 5

Resultados de lo efectos sobre la Productividad y el Crecimiento

Fuente: "The Economic Impact of Maryland Highway Investment". Maryland SHA (2003).

#### Reducciones de costes y productividad

##### EL ESTUDIO DE MARYLAND CONCLUYE QUE:

"Por 1 \$ de inversión en el sistema de carreteras se reducen los costes de la industria privada de bienes y servicios en 17 centavos"

##### EL IMPACTO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD INCLUYE:

- El ratio anual de retorno sobre las inversiones en infraestructuras viarias es del 17%
- Los ahorros de costes debidos a las inversiones en IV están concentrados en el sector manufacturero donde 1 \$ de inversión en IV reduce el coste anual de producción más de 12 centavos
- Las IIV son responsables del 10% del crecimiento anual de la productividad total de factores de Maryland
- Los efectos producidos por el sistema de inversiones en IV explica más del 44% del crecimiento del PIB de Maryland.

## 4. CONCLUSIONES

En general, las inversiones en infraestructuras viarias proporcionan ganancias de bienestar social para la sociedad en su conjunto.

¿Cuánto influyen las inversiones en infraestructuras viarias desde el punto de vista económico?

Existen al menos dos enfoques para abordar razonablemente la respuesta.

Un enfoque Macroeconómico o de Impacto que siempre recoge efectos positivos directos, indirectos e inducidos ya que los resultados se expresan en porcentajes positivos de las siguientes variables:

% Empleo

% PIB

% Reducción de Costes

% Contribución al crecimiento del PIB

Esta ponencia se ha referido al enfoque anterior.

Existe otro enfoque Microeconómico o de Evaluación Social (ACB) que recoge efectos positivos y negativos. En este enfoque un proyecto de inversión viaria se llevará a cabo si existen beneficios sociales en términos de Valor Actual Neto Descontado y no se efectuará en caso contrario.

## Referencias bibliográficas

- Behan, S. (1988):** *Economic Impact of Dublin Port on its Hinterland. Dublin Port*
- Conway, D. and Associates (1989):** *1987 Economic Impact Study. Technical Report. April, 6. Port of Seattle.*
- Copeland, J. R. y Henry, E. W. (1975):** *Irish Input-Output Income Multipliers, 1964 and 1968. The Economic and Social Research Institute.*
- Chang, S. (1978):** *"In Defense of port impact studies". Transportation Journal, 17, pp. 79-85.*
- DeSalvo, J. (1994):** *"Measuring the Direct Impacts of a Port". Transportation Journal, 33, pp.33-42.*
- Davis, H. C. (1983):** *"Regional port impact studies a critique and suggested methodology". Transportation Journal, 23, pp.61-71.*
- De Rus, G.; Roman, C. y Trujillo, L. (1994):** *Estimación de la Actividad Económica y Estructura de Costes del Puerto de La Luz y de Las Palmas. Ed. Civitas.*
- Fraga, J.; Seijas, J. A. (1992):** *El Puerto de Ferrol y su influencia en la economía de la comarca. Junta del Puerto y Ría de Ferrol.*
- Hille, J., et al. (1975):** *The Economic Impact of the Port of Baltimore on Maryland. Division of Transport Business and Management. University of Maryland.*
- Maryland SHA (2003):** *"The Economic Impact of Maryland Highway Investment".*
- INE (1993):** *"Tabla Input-Output 1989". En Contabilidad Nacional de España. Base 1986. INE.*
- Opuk, K. A. (1990):** *Economic impact of the Port Industry on the New York and New Jersey Metropolitan Region. Port Authority of New York and New Jersey.*
- Pinfold, G. (1991):** *Port of Halifax. Economic Impact Study. Port of Halifax.*
- US Maritime Administration (1979):** *Port Economic Impact Kit. Office of Port and Intermodal Development Washington.*
- Waters, R. C. (1977):** *"Port economic impact studies: practice and assessment". Transportation Journal, 16, pp.14-18.*



**JACOBO DÍAZ PINEDA**

\_Aportaciones técnicas para garantizar la compatibilidad de infraestructuras Viarias en Espacios Naturales Protegidos

## JACOBO DÍAZ PINEDA

Director Técnico de la Asociación Española de la Carretera

### \_Aportaciones técnicas para garantizar la compatibilidad de infraestructuras Viarias en Espacios Naturales Protegidos

#### 1.- CONSIDERACIONES PREVIAS

Desde que se iniciara el proceso de transferencia de competencias en el año 1986, se ha trabajado principalmente, en materia de carreteras, en la línea de eliminar todos los defectos graves de conectividad, capacidad, seguridad e integración territorial. Por aquellos años, se evidenciaba un déficit claro de infraestructuras, unido a un problema de comunicaciones que sistemáticamente se ha ido solucionando, tanto por parte de la administración central como por parte de las administraciones autonómicas. Durante este proceso curativo han colaborado de manera clara una coyuntura económica favorable y unas ayudas comunitarias de primera magnitud.

Sin embargo, en las fechas actuales y futuras, es muy probable que nos encontremos en una situación bien diferente: la red de alta capacidad empieza a estar madura, las limitaciones presupuestarias pueden ser bastante más graves en el futuro, las exigencias medioambientales se manifiestan irrenunciables, y por tanto, los mayores problemas pueden aparecer en la gestión, conservación y explotación de un patrimonio viario de enorme valor.

#### 1.1.- Gestión de conflictos

Creemos que el objetivo que se debe garantizar en este proceso es el de generar espacios de entendimiento en el ámbito ambiental entre los diferentes técnicos implicados. Y para ello será necesario entenderse, abordando el problema desde planteamientos y principios muchas veces antagónicos. Yo creo que todos tenemos muy claro de qué podemos hablar y de que no. Por tanto, creo que éste tiene que ser un foro muy adecuado para sentar las bases de una posible gestión de conflictos durante la fase de planificación y explotación de redes viarias.

Es evidente que existen conflictos entre intereses

medioambientales e intereses de desarrollo de infraestructuras, y por tanto, sólo gestionando adecuadamente esos conflictos estaremos en disposición de avanzar, y evidentemente, los espacios naturales protegidos deben ser, el punto más sensible de los que uno se puede encontrar en su territorio.

#### 1.2.- Niveles de servicio

Como se mencionaba antes, las administraciones y la sociedad han superado un momento en el que, básicamente, necesitaban infraestructuras, porque existían deficiencias muy claras. Y por tanto el objetivo era crear grandes infraestructuras de mayor capacidad y de mayor calidad. Yo creo que ese tipo de esquema, una vez que empiezan a madurar las redes en un territorio como el andaluz, ya ha evolucionado hacia un esquema en el que prima la calidad. Y dentro de este esquema, es razonable entender que las implicaciones medioambientales cobran un protagonismo primordial.

Pero debe tenerse presente que la carretera tiene que dar servicio 24 horas al día-365 días al año, a todo tipo de usuarios, y eso supone que es muy fácil encontrar disfunciones periódicas o recurrentes. Sin embargo, ninguna administración del mundo se puede permitir el lujo de dimensionar infraestructuras para dar un nivel de servicio A, que es el que todo usuario exige, independientemente de la función de esa carretera. Por ello, es necesario definir un porcentaje de tiempo razonable en el que el nivel de servicio no va a poder ser A.

#### 1.3.- Seguridad del usuario

Cuando un ingeniero decide duplicar una calzada, no se trata de una decisión gratuita. Cuando se adopta esa decisión, es porque se quiere dar un mejor servicio a sus usuarios, porque quiere

garantizar un nivel de seguridad entre dos y tres veces mayor que el de una carretera convencional, y porque se quiere solucionar un problema de capacidad en un itinerario. Pero sobre todo debido a un criterio, universalmente aceptado, que prioriza la seguridad del usuario por encima de cualquier otra consideración; porque la especie humana es la que debe tener una consideración prioritaria en cualquier reflexión que se quiera hacer, ya sea para decidir la construcción o no construcción de una vía, la duplicación de la misma, o la restricción de su uso durante determinados periodos o en determinadas circunstancias.

## 2.- PROPUESTAS PARA LA COMPATIBILIDAD

A partir de este punto se va a pasar al apartado de las propuestas. Me he permitido traer aquí las que parecen más consistentes, las que pueden aportar mayor grado de soluciones y aquéllas en las que la ingeniería puede aportar más cosas.

### 2.1.- Planificación

El primer aspecto clave es el de la planificación. Es importante asumir en primera instancia que es mejorable el sistema de planificación de una red de carreteras.

Como de todos es sabido, la carretera es el modo de transporte universal, es el modo más flexible, es el modo que da mayor nivel de servicio al menor coste posible y por tanto, es el modo más elegido por parte del usuario. La flexibilidad que aporta la carretera no la aporta ningún otro modo de transporte y por tanto, creo que sería erróneo ponerse una venda en los ojos pensando que hay una capacidad "cierta" de limitar las infraestructuras de carreteras.

Sin embargo, creo que existen grandes posibilidades para optimizar la capacidad y funcionalidad de las mismas. Sin necesidad de que la red de carreteras tenga que continuar aumentando, o hacer viaductos por encima de las carreteras existentes, creo que la carretera todavía tiene capacidad para absorber bastante más tráfico del que está atendiendo en estos momentos, porque, no nos engañemos, esa demanda va a existir. Los crecimientos de tráfico en los últimos años son superiores al 5%, es un

crecimiento muy representativo en cualquier orden lógico, pero cuando este ritmo se mantiene 5, 6, u 8 años, puede pensarse que la tendencia no es fácil que se invierta.

### Metodología de selección de corredores

Por ello, debemos tener claro que se necesita un proceso metodológico muy consistente para la selección del corredor menos agresivo dentro de un territorio, y en este proceso, existen potenciales mejoras en las que se debe profundizar. Entre éstas, se pueden citar: definición de variables, rango de ponderaciones y análisis de sensibilidad.

En la definición de variables deben estar "todas" y para que estén todas las variables, debe consensuarse una metodología de carácter pluridisciplinar. No puede ser el ingeniero, no puede ser el ecólogo, no puede ser el economista el que desarrolle dicha metodología, porque evidentemente será una metodología que adolecerá de partes representativas. Por supuesto que será más complicado desarrollar una metodología en la que los tres posibles actores se pongan de acuerdo, pero el reto está ahí, y hasta que no nos sentemos a afrontar ese reto, seguiremos dando palos de ciego; o cuando menos, aplicando metodologías que no satisfacen a ninguno.

Cuanto más sólidos y consensuados sean los criterios en base a los cuales se seleccione un determinado corredor, más seguros estaremos todos de que estamos trabajando en la línea más adecuada y eso, insisto, sólo se puede hacer desde el consenso.

Pero eso exige, también, que cada una de las variables consideradas presente un determinado rango de ponderaciones, y ese rango, es perfectamente asumible que pueda ser distinto en función del territorio por el cual se está atravesando. Es decir, cuando quiero ir de A a B y me encuentro un determinado espacio con un determinado nivel de protección, el que sea, es muy adecuado pensar que el nivel de ponderación del aspecto medioambiental en el tramo que atraviesa ese espacio tenga una ponderación distinta que en el tramo que no lo atraviesa.

Pero sobre todo, lo que puede transmitir mayor grado de tranquilidad a todos los interesados, es que, previamente a la toma de decisiones, se

aplique un análisis de sensibilidad riguroso. Es decir, cuando de infraestructuras y territorio se trata, no nos podemos permitir el lujo de que el corredor A sea seleccionado en vez del corredor B, y que la diferencia sea de un punto porcentual en la consideración del impacto ambiental de no sé qué especie, o en la consideración del impacto económico de no sé qué entorno. Cuando las decisiones porcentuales son tan determinantes, y lamentablemente tenemos la experiencia de que puede ocurrir, el ingeniero, el ecólogo, el economista necesitan la certeza de que ha existido un análisis de sensibilidad lo suficientemente profundo como para que esa decisión que al final va a adoptar un político esté convenientemente justificada.

Es decir, es muy distinto concluir que la diferencia entre el corredor A y B depende de un punto porcentual en un determinado aspecto, consecuentemente se va a decidir si es A o es B atendiendo a otro tipo de criterios ajenos a los técnicos; que concluir claramente que la opción B es la recomendable, y que las otras dos no salen. A partir de ahí, la decisión tenderá siempre a ser la B. Y ése es un proceso metodológico lo suficientemente crítico como para que se profundice y se busque un consenso no alcanzado hasta ahora.

### **Evaluaciones Ambientales Estratégicas**

Nos encontramos en una fase en la que es necesario, siguiendo recomendaciones europeas, superar los estudios de impacto ambiental y empezar a hablar de los estudios estratégicos ambientales o las evaluaciones ambientales estratégicas.

Yo creo que el ingeniero está dispuesto a utilizar todos sus conocimientos para ponerlos al servicio de los entornos ambientales. El ingeniero no tiene ningún problema en desarrollar tanto como sea preciso su originalidad: buscando secciones menos lesivas, pendientes más acordes al terreno, anchuras más estrictas, diseños que controlen en mayor medida las velocidades permitidas,...

Pero la administración, remarco, debe favorecer las herramientas adecuadas para que esas secciones transversales sean posibles. Herramientas en forma de instrucciones mucho más flexibles, y herramientas en forma de

garantías jurídicas y para los que apuestan por la innovación. Ésta es una realidad a la que la administración no puede ser ajena, pues está limitando en buena medida la capacidad de aportación del ingeniero.

El ingeniero tiene una responsabilidad civil subsidiaria absoluta sobre todo lo que hace, sobre todo lo que firma, sobre todo lo que dirige; y por tanto, la mayoría de las veces, ni se puede permitir el lujo de proponer modificaciones. Evidentemente, en las carreteras no es fácil hacer experimentos, pero sin duda, hay que empezar a ser valientes, y hacer cada vez más factible la compatibilidad plena entre infraestructuras viarias y espacios naturales.

### **Usos y funciones de las carreteras**

Sin duda, la velocidad de diseño es uno de los elementos clave en la configuración y diseño de una carretera. Cuando se acude al manual de diseño de una carretera básicamente se pide una cosa: cuál es la velocidad de diseño??? Si se entra con 120 km/h, probablemente se obtengan secciones, desmontes y taludes dignos de las fotos peor intencionadas... desde un punto de vista ambiental.

Pero el ingeniero no tiene ningún problema en meter en el cálculo una velocidad de proyecto de 60, si es que la administración competente y el desarrollo económico de la zona lo aceptan y así lo deciden. Sólo se debe aclarar que los usos y las funciones de una y otra carretera serán radicalmente distintas, pero ambas absolutamente aceptables.

Si se asume esto, estamos en disposición de cambiar radicalmente el aspecto de nuestras infraestructuras viarias. Quizás sea el momento en que haya que definir con mucha mayor claridad las funciones de una carretera y, en vista de esas funciones predefinidas, asignar categorías de posibles secciones tipo.

Creemos que estamos en disposición, desde el punto de vista de la ingeniería, de aportar bastantes más soluciones de las que es habitual contemplar en nuestro país. Quizás alguno en la carretera sólo ve autovías y carreteras convencionales, pero entre una y otra existe toda una panoplia de posibilidades factibles, y yo creo que ahí es, precisamente, donde tenemos el gran campo de mejora que debemos desarrollar.

La otra sección es una sección en la que sí se ha eliminado el arcén, se ha partido de una plataforma bastante más grande, y se ha limitado la forma de actuar del usuario en la carretera a través de una reducción de la sección transversal. Yo sí tengo la claridad, la esperanza de que el ingeniero tenga la capacidad suficiente, con las herramientas técnicas en la mano, de conseguir que el usuario se comporte como se haya decidido por parte del proyecto que se comporte en esa carretera.

## 2.2.- Gestión, Conservación y Explotación

Pero es muy probable que los peores problemas no estén en la planificación. Echando un vistazo a la configuración de la red de carreteras del país, nos encontramos en la red del estado con unos 25.000 km., con una red de infraestructuras autonómica de unos 75.000 km. y una red de diputaciones de otros 70.000 km. Nos encontramos además en una coyuntura económica de fuertes restricciones presupuestarias para cumplir los criterios de convergencia, y por tanto, con una limitada capacidad de hacer grandes obras nuevas de infraestructura.

Por ello, es probable que dediquemos demasiado esfuerzo a la planificación, y que nos encontremos con la triste realidad de que nuestro verdadero problema esté en la explotación. Y para solucionar los problemas de integración ambiental sostenida, o durante la explotación de las carreteras, no sirve nada de lo que hasta ahora hemos dicho.

### **Sistema de gestión ambiental adaptativo**

Para este otro tipo de gestión se necesita una herramienta fiable, segura y consistente para que todas las decisiones sean justas. Y para que esa decisión sea justa se debe partir de la base de que cuando un ingeniero dimensiona una carretera lo hace con un plazo de vida de 20 años. Y cuando se hacen las estimaciones de tráfico, se tiene que prever cuáles van a ser las funciones que va a soportar una carretera determinada durante veinte años. Y durante 20 años, el territorio puede modificar sus usos, y evidentemente, las funciones de esa carretera también pueden cambiar radicalmente. Y hoy por hoy, no existe una herramienta metodológica con la capacidad suficiente como para adecuar una infraestructura

dimensionada con criterios "x" a una infraestructura que debe funcionar con criterios "y".

Sin embargo, creemos que se está en disposición de diseñar un sistema de gestión adaptativo (SGA). En resumen, lo que se quiere presentar es lo siguiente: analícese periódicamente cómo está funcionando una carretera, valórese todo lo que está pasando en la carretera desde el punto de vista socioeconómico, de funcionalidad y de intereses medioambientales, y redáctese una propuesta de adaptación o adecuación a la realidad percibida. En base a esas conclusiones se estará en disposición de obtener conclusiones, sobre la ineficiencia por ausencia de capacidad de la carretera, sobre los problemas medioambientales que haya ido ocasionando la carretera, o sobre la necesidad de duplicar una carretera o la necesidad de cortar al tráfico esa carretera determinados días.

### **Indicadores medioambientales de seguimiento**

Por todo ello, entendemos que el desarrollo de metodologías que contemplen estas consideraciones, y que incluyan el diseño de unos indicadores de estado que puedan ser medidos periódicamente, para que sean comparados con unos indicadores de referencia, es la mejor forma de abordar la problemática y de conjugar toda la información necesaria para poder plantear soluciones (tanto paliativas como preventivas) en el corto, medio y largo plazo.

### **Logros en la fase de construcción**

Otra de las sorpresas que el ingeniero detecta cuando se sienta a trabajar con expertos, es que el problema medioambiental de la carretera ya no está en la fase de construcción. Y precisamente se debe a que al ingeniero de caminos se le ha enseñado a minimizar los costes ambientales durante la construcción de la carretera, enseñanzas que en ningún caso se significan en la fase de explotación.

Las medidas que se han ido aplicando, en muchos casos acertadas, en otros no tanto, han sido suficientemente bien valoradas y aceptadas como para que el problema no sea la construcción, lo cual empieza a ser una gran noticia. Pero el problema está en la explotación, y la mala noticia es que la explotación es toda la vida útil de la

misma, y toda la vida útil es demasiado tiempo como para que no exista algún tipo de herramienta que permita modificar las consideraciones que en su momento se hicieron.

### **Información al usuario**

Otro aspecto de gran interés es el que hace referencia a cómo le llega la información al usuario. Por ejemplo, a través de la información complementaria de las carreteras, que intenta resaltar los valores naturales, históricos o patrimoniales de un territorio. En este sentido, otra de las recomendaciones que queremos hacer es el de potenciar la información de este tipo de espacios para favorecer su disfrute medioambiental. Porque entendemos que se debe empezar a hablar sobre los itinerarios en las carreteras desde otro prisma: viajar más y desplazarse menos, quizás sea el resumen de la filosofía subyacente.

Otro elemento que puede aportar novedades en el planteamiento anterior es un mapa de carreteras en el que la información que se aporta es exclusivamente la representativa al contenido ambiental del territorio atravesado por la carretera. En este tipo de mapa, se elimina el color a la carretera, se difumina la importancia de la misma, se omiten muchas referencias a la nomenclatura identificativa de la carretera, y luego se identifican los tramos de las carreteras que atraviesan espacios naturales, LICs, ZEPAS, espacios protegidos,... También se identifican una serie de puntos donde se detectan problemas de accidentalidad con algún tipo de animal. Este tipo de mapas ambientales contienen una información que el usuario no maneja habitualmente. El mapa de carreteras tradicional tiene otro tipo de uso y otro tipo de función, pero el desarrollo de mapas de estas características puede ir profundizando en la sensibilización y en la reeducación que se debe hacer con el usuario.

### **Modelo de desarrollo predefinido**

Otro aspecto esencial en este esquema, es la existencia de un modelo de desarrollo socioeconómico previo al dimensionamiento de una infraestructura. Si no hay un modelo claro de desarrollo, y no se pretende insinuar que sea fácil definir cómo debe ser cada modelo de desarrollo, se estarán cometiendo errores a la hora de dimensionar la infraestructura más adecuada para

ese modelo de desarrollo.

La generalización del uso de las excepcionalidades en los diseños de carreteras dentro de espacios naturales protegidos, aportando todos nuestros conocimientos teóricos. Ya que se nos es permitido, se debe empezar a utilizar en determinado tipo de espacios, y sin duda, en los espacios naturales protegidos deben ser unos de los primeros en los que el ingeniero debe hacer un esfuerzo por la utilización de esas excepcionalidades.

Creemos que la obligación del ingeniero es seguir aportando innovaciones técnicas, tecnológicas y telemáticas a la carretera. Percibiendo que, probablemente, la solución no se encuentren tanto en la creación de nuevas infraestructuras, sino en la optimización de las existentes, y ahí se detecta un enorme campo de trabajo e investigación.

### **Actualización itinerarios formativos**

Por último, se evidencia una necesidad real de actualización de los itinerarios formativos del ingeniero, reconociendo que éste ha recibido una formación limitada desde el punto de vista medioambiental; y si bien esas cosas están cambiando y el ingeniero siempre ha sabido ir por delante de las demandas del usuario, creemos que en este aspecto se ha ido un tanto a remolque, y que es el usuario el que empieza a demandar unas infraestructuras de mayor calidad ambiental.

## **3.- RECOMENDACIONES DESDE LA PERSPECTIVA TÉCNICA**

### **3.1.-Relacionadas con aspectos de fondo:**

1. Una red de carreteras se considera una malla de carácter artificial que posibilita los movimientos de personas y mercancías en un territorio, y cuya superposición sobre la malla natural del territorio debe garantizar la seguridad de los desplazamientos y la salvaguarda de los intereses ambientales de los espacios atravesados.
2. La carretera debe reconocerse como la única infraestructura con la capacidad y flexibilidad adecuadas para hacer accesible a toda la sociedad la riqueza natural y ambiental de un territorio. Esta accesibilidad debe entenderse bajo los principios

del "desarrollo sostenible"; esto es, aceptando determinadas limitaciones al crecimiento, pero sin suponer ninguna limitación al desarrollo.

3. El sector de la ingeniería tiene el compromiso y la responsabilidad social de continuar incorporando todo su conocimiento científico y avances tecnológicos a la mejora sistemática de un proceso de planificación, construcción y conservación de carreteras caracterizado por ser plenamente compatible con los espacios medioambientalmente más sensibles del territorio.

4. La formación y sensibilización de los técnicos en los aspectos medioambientales más críticos debe garantizarse en los itinerarios formativos universitarios; mejorando sus contenidos y relevancia, y evolucionando hacia las expectativas, compromisos y exigencias del usuario actual de la carretera. Esta formación será necesaria para avanzar en la línea de dotarles de la responsabilidad de coordinación de los equipos transdisciplinarios necesarios para la planificación, diseño y conservación de redes viarias en espacios naturales.

### 3.2.- Relacionadas con la fase de proyecto y planificación:

5. De todos es conocido el carácter multidisciplinar de una red de carreteras y los diferentes intereses sociales y de desarrollo económico bajo las que se puede justificar su necesidad; no obstante, estos análisis debe ir precedidos de un modelo de desarrollo del territorio, que permita asociar el tipo de desarrollo seleccionado con las características de dimensionamiento de las infraestructuras viarias que lo recorren, para que sea compatible con todos los intereses predefinidos.

6. En función de las diferentes pre-clasificaciones asignadas y de los valores naturales asociados a los espacios protegidos de un territorio, se debería avanzar en el diseño de un catálogo de "secciones transversales tipo" adecuadas a cada uno de ellos, que garantice la máxima coherencia entre las necesidades de movilidad de los usuarios y los intereses de salvaguarda de la riqueza natural de un espacio.

7. El ingeniero debe tener la sensibilidad necesaria

para, garantizando las máximas condiciones de seguridad de una carretera, utilizar toda la potencialidad de las recomendaciones de trazado y adecuar las características constructivas de una carretera a la preservación de los valores ambientales de los espacios atravesados. Haciendo uso, si es preciso, de todas las excepciones necesarias, siempre y cuando estuviesen convenientemente justificadas.

8. Aún aceptando la unicidad y singularidad de las soluciones, las metodologías para la selección de los corredores más adecuados durante el proceso de planificación de una carretera deben tender hacia el manejo de unos criterios más sólidos y universales, convenientemente consensuados y de aceptación generalizada. Esto implica la definición de un rango de ponderaciones precisa y estable para todas las variables que se tengan en cuenta en el proceso planificador.

9. Los resultados de las metodologías actuales de selección de corredores deberían de superar un análisis de sensibilidad que garantizase que la opción seleccionada es claramente la más adecuada, y que dicha elección no depende de unos pocos puntos porcentuales en la definición de los pesos de las distintas variables.

10. El ingeniero tiene la obligación de buscar soluciones novedosas en el diseño de las secciones transversales de las carreteras que atraviesen EE.NN.PP. para garantizar la movilidad de personas y mercancías con el menor coste ambiental posible (carriles reversibles centrales segregados, reducción de arcenes, estrechamiento de carriles, pendientes menos estrictas,...).

11. Durante la fase de planificación de una vía se debe definir con claridad la funcionalidad específica que se le quiere dar a esa carretera, en relación con el territorio, con el resto de la red, y con las prioridades socioeconómicas para adecuar su diseño a esa funcionalidad, y no a otras.

12. El compromiso de los técnicos y gestores encargados del diseño de vías en espacios sensibles debe buscar la máxima compatibilidad posible en la superposición de redes artificiales sobre redes naturales. Para ello, puede hacerse necesaria una interpretación más flexible y conciliadora de las características de trazado

(radios, pendientes, secciones transversales, velocidades de diseño, equipamientos complementarios,...) en aras de una mayor complementariedad de intereses a veces encontrados.

13. Se necesita avanzar con rapidez en el diseño de metodologías que mejoren los tradicionales proyectos de impacto ambiental para sentar las bases de un proceso global de evaluación estratégica que garantice la compatibilidad del desarrollo social y económico de una región, con la preservación de sus espacios naturales.

### 3.3.- Relacionadas con la fase de construcción y explotación:

14. Se manifiesta sensiblemente mejorable el proceso de control y verificación de los planes de seguimiento y vigilancia ambiental, hasta convertirlo en una herramienta de gestión verdaderamente adecuada a la salvaguarda de los intereses ambientales.

15. Dada la larga vida útil de una carretera, se debe considerar ésta como una infraestructura en continua evolución, y por tanto, sometida a solicitaciones y exigencias cambiantes (capacidades, usos, funciones, intereses ambientales,...). Para dar adecuada respuesta a esta evolución, se requiere de una nueva fórmula de gestión de su conservación, de carácter periódico y preventivo, que analice estos aspectos y prevea las necesidades de adecuación de sus características a las necesidades de cada periodo, tanto desde un punto de vista técnico como ambiental.

16. Esta nueva fórmula de "gestión adaptativa" de la conservación de una red -y de una vía en particular-, debe aportar las herramientas precisas para analizar en profundidad todos los aspectos relevantes de la evolución de las vías y su entorno (usos, capacidades, impactos,...) y debe permitir identificar las modificaciones necesarias para invertir las evoluciones negativas detectadas.

17. Los proyectos de diseño de nuevas vías y los de conservación de carreteras en servicio deben configurarse como los cauces más adecuados para incorporar el equipamiento complementario necesario para acercar el territorio al usuario,

permitiendo su disfrute y destacando en valor ambiental de la totalidad del recorrido.

18. Parece generalizadamente aceptado que los mayores problemas ambientales de las carreteras se deben en una medida relativamente pequeña a su construcción, -lo que avala la sensibilidad y respeto ambiental logrado por los responsables en esta fase-; sin embargo, los problemas ambientales más acuciantes se manifiestan durante su vida útil como modo de transporte. Por tanto, el reto más ambicioso desde el punto de vista ingenieril parece concentrarse en buscar soluciones de diseño o procesos de gestión que tiendan a minimizar las agresiones del uso natural de estas vías.



**JUAN REQUEJO LIBERAL**

La Lógica Espacial de los Usos Recreativos y Turísticos como Condicionantes en el Diseño de Redes Viarias en Espacios Naturales Protegidos

## JUAN REQUEJO LIBERAL

Presidente de Arenal Grupo Consultor

### La Lógica Espacial de los Usos Recreativos y Turísticos como Condicionantes en el Diseño de Redes Viarias en Espacios Naturales Protegidos

#### 1. Introducción.

##### **Cuestionamiento de una justificación frecuente.**

Dos factores básicos explican la organización espacial de relaciones en el territorio contemporáneo: la velocidad y la masificación. Desde hace algunas décadas la velocidad de desplazamiento terrestre por diversos medios y modos ha experimentado unos cambios de gran trascendencia que condicionan la vida en las ciudades y alteran las relaciones entre el campo y la ciudad. Además, gracias a la generalización del coche, estas velocidades de desplazamiento son accesibles a gran parte de la población en condiciones que les permiten elegir sus destinos de forma muy abierta y libre en territorio y horario.

La disponibilidad generalizada de vehículo privado se combina con una nueva demanda básica de la población urbana relacionada con la necesidad de mantener un contacto con la naturaleza con una finalidad recreativa y de esparcimiento. El coche permite a las familias acceder "rápidamente" y de forma generalizada a los espacios de ocio y descanso que gozan de aspecto natural y sosegado. De esta forma las familias pueden adoptar decisiones "rápidas" sobre el inicio de un viaje excursionista al campo o de un viaje de fin de semana con el mismo destino.

No obstante, es preciso señalar que la combinación de velocidad y masificación está ofreciendo resultados paradójicos, puesto que en términos reales una buena parte de los desplazamientos se realizan a velocidades medias no muy superiores a las que se conseguían hace un siglo con vehículos mucho más lentos que los actuales.

Como consecuencia de la ya citada elevada propensión a la movilidad de la población urbana y el interés despertado por los espacios de aspecto natural y verde, los espacios naturales son objeto de una demanda de ocio y uso recreativo que

alcanza niveles importantes en ciertos momentos del año, tanto que en ocasiones y en determinados lugares se alcanza la saturación.

También es de generación reciente la aparición de flujos de demanda propiamente turísticos interesados en la naturaleza y su diversidad de ecosistemas y especies, así como en la realización de actividades deportivas o de ocio en general al aire libre. Estas demandas, normalmente, no son generadoras de flujos intensos de vehículos y personas y no tienen una vinculación tan estrecha con la disponibilidad generalizada del vehículo privado.

Los flujos relacionados con la segunda residencia y con las actividades recreativas de los excursionistas son los que ponen a prueba la red de carreteras, tanto en su configuración y densidad, como en su capacidad y características técnicas. A estos flujos se les suele denominar "turísticos", cuando los específicamente turísticos no causan esta saturación y se adaptan perfectamente a la oferta viaria tradicional.

En esta exposición se pondrán de manifiesto algunas contradicciones entre la ordenación territorial equilibrada y el aprovechamiento de la supuesta oportunidad de desarrollo derivada de la satisfacción de los flujos "turísticos" en vehículo privado.

De una forma breve y obligadamente asertiva se cuestiona el argumento que vincula las carreteras y el desarrollo económico apoyado en el turismo y en la actividad recreativa, cuando se trata de espacios naturales. En primer lugar, porque la movilidad del turista es poco sensible a los tiempos de recorrido y sus decisiones no están vinculadas a la velocidad de recorrido, en segundo lugar porque los grandes flujos que podrían justificar las intervenciones en mejora de trazado o en incremento de capacidad de ejes viarios son de

carácter recreativo y tienen una repercusión escasa en el desarrollo económico de los territorios de destino.

### La utilidad de la Ordenación del Territorio.

El primer problema que se plantea al abordar conjuntamente la problemática de conservación del patrimonio natural, el desarrollo económico y la organización de las redes de infraestructuras viarias, es la necesidad de fijar un marco conceptual o una aproximación disciplinar válida.

Es esta una cuestión que no encuentra solución conveniente en una lógica de la política de carreteras limitada o condicionada por los instrumentos de protección ambiental. Los gestores de las redes viarias deben responder a las demandas de oferta de carreteras planteadas por los usuarios y dar respuestas a las demandas de movilidad asumibles con la dotación de recursos existente. En esta lógica, la limitación a las mejoras de las redes derivadas de las demandas intensas solo provendría del proceso de evaluación de impacto ambiental.

Desde el punto de vista de la política de gestión de espacios naturales tampoco se encuentra una aproximación disciplinar satisfactoria ya que la prevalencia de la conservación impide la valoración adecuada de las diversas implicaciones del ejercicio de la actividad turística y recreativa sobre la organización económica y territorial del área de influencia del espacio natural protegido.

La necesidad de establecer criterios de intervención y regulación sobre los valiosos y escasos recursos naturales y culturales, tomando en consideración por un lado la organización urbana y las demandas sociales, por otro, las relaciones espaciales entre población y recursos y, por último, la estructura y configuración del sistema relacional, crea una situación compleja donde la política de Ordenación del Territorio puede aportar soluciones gracias a su enfoque global y estratégico y a su capacidad de tratar las relaciones espaciales entre los diversos componentes de esta realidad.

2. Lógica de actuación basada en la demanda. Los principales flujos de vehículos están

protagonizados por las siguientes relaciones:

- Desde ciudades grandes y medianas al litoral en fines de semana de primavera y verano. Son flujos recreativos y segunda residencia, afectan a espacios naturales del litoral; no generan beneficios territoriales.
- Tráfico de agitación en zonas turísticas litorales. Afectan a los espacios naturales del litoral. En estos desplazamientos, en su motivación y comportamiento prevalece el valor del paisaje en el recorrido y la experiencia frente al tiempo y el confort.
- Desde ciudades grandes y medianas a sierras. Son desplazamientos recreativos y de segunda residencia. Estos tráficos son sensibles al tiempo de recorrido. Desde el punto de vista territorial, estas modalidades de desplazamiento presentan una marcada tendencia al desequilibrio.
- Desde zonas turísticas a sierras. Afectan a los espacios naturales del interior, prevalece el recorrido y la experiencia.

Dada la importancia del litoral en esta estructura de tráficos convendrá dedicarle una atención particular ya que. Además, su funcionamiento explica perfectamente los riesgos y problemáticas que se pretenden exponer en esta intervención.

El litoral se ha convertido durante los últimos años, para determinados agentes con visiones desarrollistas, en un territorio potencialmente urbanizable en su integridad, y han proliferado las urbanizaciones y las construcciones aisladas apoyadas en toda clase de fórmulas de accesibilidad. En otras zonas la implantación masiva de usos turísticos protagonizó un cambio radical en la estructura territorial y en su organización urbana y productiva.

El nuevo atractivo del litoral y el disfrute de la costa no se limitó a generar procesos de urbanización y explotación turística, también a la población residente en las ciudades le atrajo el uso y disfrute de las costas como espacio recreativo en los fines de semana de primavera y en los meses de verano. El crecimiento de los niveles de motorización trajo consigo una generalización del gusto por la visita a la playa y a los distintos atractivos del ámbito costero. Esta suma de fenómenos se confabula para acabar

con el tradicional papel territorial del litoral y este ámbito ha pasado a constituir el territorio generador de demandas de movilidad muy intensas y con comportamientos específicos, muy diferentes de los flujos regulares de las carreteras convencionales en otros ámbitos y de los viarios en ámbitos metropolitanos. Los flujos recreativos, los turísticos y los agrícolas bajo plástico, tienen todos ellos en común su marcada estacionalidad. En el caso de los recreativos, los más intensos y concentrados en el tiempo, la estacionalidad se enfatiza con la concentración en horas y sentido.

En este contexto, se registra una nueva valoración social del patrimonio natural y del conjunto del ámbito costero como un espacio natural de una especial significación por su singularidad, por su contribución a la biodiversidad y al soporte de valiosos ecosistemas y por la calidad de su paisaje.

El nuevo valor ambiental del ámbito costero supone una clara restricción para la construcción de carreteras y un nuevo foco de atracción derivado del interés surgido en torno a los espacios naturales protegidos. Las costas cuentan, en general, con una red de espacios naturales protegidos muy valiosa y de un valor social inquestionable por su posición y el papel territorial que ejercen.

La red local de carreteras, conformada históricamente, ha sido incapaz de dar respuesta a estas nuevas demandas de movilidad tan acuciantes e intensas que se han generado. Las respuestas, en ocasiones han sido planificadas y consistentes, pero en la mayor parte de los casos se ha actuado de forma fragmentaria y taponando los desfases más notables entre oferta y demanda.

Por otra parte, en este contexto de intenso proceso transformador, la mejora de una carretera o la construcción de una nueva, tiene unos efectos sobre el crecimiento del proceso urbanizador que desbordan el propio funcionamiento de la red viaria. Se construye una nueva carretera para resolver un problema de accesibilidad y poco después el tramo de carretera ha perdido gran parte de su funcionalidad debido al parasitismo que ejercen las nuevas urbanizaciones y edificaciones de todo tipo que han surgido al amparo del nuevo viario.

Cuando se han producido respuestas organizadas

y racionales a este gran fenómeno territorial, éstas han estado muy condicionadas por visiones parciales procedentes de la planificación de carreteras o de la planificación agrícola. Ha faltado en las intervenciones más voluntaristas de intervención pública una visión que combinara la optimización del sistema de transportes, la conservación de los valores naturales y la dimensión territorial y compleja de la ordenación territorial del litoral.

La política de carreteras tiene entre sus fines primordiales dar una respuesta a las demandas de movilidad de la población y facilitar el intercambio de mercancías. Eso es totalmente cierto, y en desarrollo de este principio se han planteado actuaciones que trataban de dar respuesta a los flujos generados por las segundas residencias y los usos recreativos de las playas (grandes atascos del fin de semana) mediante infraestructuras de gran capacidad (autovías).

En algunas ocasiones estas autovías constituyen una opción paradójica, puesto que sus prestaciones solo son utilizadas durante algunas horas al año, los viernes en un sentido y los domingos en el contrario, en tanto que sus efectos están jugando en contra de los intereses territoriales puesto que la mejora en la accesibilidad revalorizan la opción del uso inmobiliario en segunda residencia, lo cual genera un modelo de aprovechamiento territorial del litoral desequilibrado y difícilmente sostenible.

Quiere ello decir, que en determinadas ocasiones, las mejoras en carreteras locales no generan desarrollo sino que crean un efecto paradójico de estrangulamiento por el peso del valor inmobiliario en el esquema de usos del litoral.

En estas ocasiones se recurre de manera recurrente y sistemática al argumento de que es preciso invertir en carreteras para fomentar el turismo, lo cual puede ser totalmente cierto, pero es necesario acotar su espacio de validez y la aplicabilidad de este principio, como se verá en los puntos siguientes.

### 3. Papel del paisaje y de la estancia en el medio natural.

Cuando se valora la interacción entre infraestructuras viarias y espacios naturales no se puede ceñir la valoración del medio a las dimensiones biofísicas o ecosistémicas, existe una dimensión cultural en la percepción del medio que adquiere una importancia crucial y que orienta de forma muy conveniente la interpretación de estas complejas relaciones.

Desde mi punto de vista, el paisaje es una construcción social de una parte de la realidad. Es decir, el valor y significación que adquiere una determinada combinación de topografía, vegetación y elementos antrópicos procede de una construcción social, de una forma de apreciar elementos simbólicos y del significado que se le otorga por una determinada sociedad en un momento histórico dado a una combinación concreta de los elementos que conforman un paisaje. Tanto es así, que la misma combinación de elementos, el mismo paisaje, puede ser valorado de formas contrapuestas por diferentes sociedades en el mismo momento histórico, o por la misma sociedad en lapsos de tiempo y situaciones históricas diferentes.

En esta perspectiva el paisaje no es una experiencia subjetiva, es decir cambiante y dependiente de la percepción de cada individuo, sino un concepto asociado a una sociedad en un momento determinado y por tanto de índole cultural. Vista así, la comprensión del paisaje, de sus valores y de su capacidad de absorber cambios y transformaciones debe ser situada en relación con la interpretación de los valores y preferencias de la sociedad de referencia.

En el caso de las relaciones entre infraestructuras viarias y espacios naturales, el paisaje ocupa un papel determinante porque es, en buena medida, el objeto y motivación del desplazamiento. Y en este paisaje es en el que debe insertarse la carretera que permite realizar el desplazamiento y disfrutar de la experiencia del paisaje.

Para una parte de los usuarios de las carreteras que atraviesan los espacios naturales lo importante es el viaje, la experiencia es el recorrido en vehículo por los paisajes. El viajero "recorre" el espacio natural para percibir un paisaje con valores

culturales. Este factor modifica sustancialmente los criterios de diseño y trazado de la red y los criterios constructivos de las carreteras.

En los espacios naturales no se pueden plantear soluciones viarias que conecten dos puntos y prescindan del medio que atraviesan. La mayor o menor contribución de la carretera a la inmersión en el paisaje influye poderosamente al éxito de la experiencia. Para este tipo de turista tiene tanta importancia la llegada a su destino como el viaje. Estamos ante la experiencia del viaje a Ítaca.

El litoral, en particular, es un territorio que está ya muy densificado y es muy frecuente que los trazados afecten a espacios interesantes desde el punto de vista natural o desde el punto de vista paisajístico. Ello obliga a pensar que en este ámbito la tecnología de construcción debe ser especial para resolver problemas difíciles y compatibilizar factores de funcionalidad viaria con otros factores territoriales que, aquí en el litoral, tienen una importancia creciente.

El medio serrano, por su parte, es un territorio con una elevada sensibilidad a las alteraciones producidas por condiciones constructivas de las carreteras exigentes en relación con pendientes o radios de curvatura, de tal forma que un enfoque de trazado y construcción basado en la funcionalidad puede alterar y degradar de forma visible el medio que origina una buena parte de la demanda de desplazamientos a las sierras.

La proximidad al medio, percibida a través de una conducción adaptada a la topografía y que interacciona con los elementos del mismo, puede ser potenciada mediante un tratamiento adecuado del firme y cunetas, señalización horizontal y vertical.

### 4. Las características de la movilidad del turista.

La movilidad protagonizada por los turistas, los que generan actividad, responden a características muy diferentes a la movilidad de los residentes, de los ligados a la segunda residencia o los excursionistas

En primer lugar porque es preciso recordar que la sensibilidad de la movilidad de los turistas al tiempo de viaje es notablemente inferior que la

de los excursionistas y menor que la de los residentes. El viaje de un turista por el territorio prioriza la percepción de paisaje sobre la velocidad de recorrido y el confort. En particular, en los segmentos ligados al turismo de naturaleza y turismo en el medio rural, se aceptan bien propuestas con altos tiempos de acceso.

La movilidad del turista ya situado en destino es de un tipo diferente a la del residente. El turista tiene interés en el viaje y en los sitios que atraviesa, luego sus demandas pueden ser satisfechas sin dificultades por carreteras paisajísticas de baja velocidad específica que primen cuestiones de calidad en la integración con el medio y con su percepción.

En segundo lugar porque la propensión a la movilidad de los turistas en viajes de medio recorrido es baja, con lo cual difícilmente son los causantes y los perjudicados por la congestión del viario. Es cierto, sin embargo, que los itinerarios del viaje de llegada y salida (aeropuerto-hotel y a la inversa) no soportan bien las situaciones de congestión y la prolongación del tiempo de viaje por problemas de capacidad en el viario.

Por último, habría que añadir que el "turismo responsable" valora muy negativamente los efectos "visibles" de las infraestructuras. Este segmento de demanda configura uno de los objetivos de captación de viajes más deseados por las políticas de promoción de las regiones y espacios ligados al patrimonio natural y cultural, tanto por su capacidad de gasto como por el crecimiento experimentado en los últimos años.

El esfuerzo de inversión en carreteras relacionadas con el turismo, y que afecten a espacios naturales protegidos, debe ir dirigido hacia la experiencia del viaje y su integración en el medio

## 5. Conclusiones.

El ámbito de influencia de los espacios naturales protegidos es un espacio donde concurren un grupo complejo de demandas de movilidad que ponen la red viaria en un estado de sollicitación muy elevado con niveles de servicio muy bajos en determinadas ocasiones. Estas demandas tienen como elemento característico su desigual distribución temporal y la aparición de flujos muy intensos.

El enfoque que se ha de dar a la inversión en carreteras en este contexto, no puede ser de oferta-demanda ya que existen riesgos de que se generen procesos desequilibrantes en el territorio con efectos ambientales indeseables y, además, un enfoque exclusivamente viario de respuesta a las movilidades actuales y previsibles puede dar lugar a un modelo de retroalimentación de las demandas sin solución en el propio ámbito sectorial de la política de carreteras.

La contribución de la mejora de las carreteras al desarrollo, en el ámbito de influencia de los espacios naturales protegidos, necesita soluciones específicas que reconozcan la singularidad de la demanda turística, netamente diferenciada de la demanda recreativa de los excursionistas y segunda residencia y que sea capaz de determinar como se puede contribuir a la articulación de un desarrollo sostenible en un medio con tanta energía territorial, tan valioso por su diferencia y singularidad y tan vulnerable en muchas de sus partes.

Como colofón se propone la incorporación de las siguientes conclusiones al acervo planificador y gestor de las infraestructuras viarias:

- Las respuestas infraestructurales a las demandas recreativas y turísticas deben estar enmarcadas en la estrategia general de desarrollo basado en la diferencia.
- No es posible atender a todas las demandas de movilidad. Se ha de promover una política de demanda para desconcentrar flujos y evitar dimensionamientos basados en flujos intensos y estacionales.
- Se han de realizar valoraciones ajustadas de coste-beneficio antes de adoptar la justificación de una inversión en carreteras justificada por flujos ligados a la segunda residencia.
- La percepción del paisaje y la inmersión en el medio durante el viaje deben prevalecer sobre criterios de diseño basados en la velocidad específica en el diseño de las redes y en los parámetros constructivos de las carreteras que afectan a los espacios naturales.
- Los turistas tienen pautas de movilidad que no precisan mejoras sustanciales en los tiempos de recorrido ni en las capacidades de la red viaria.

09



**GINÉS APARICIO SOTO**  
Experiencias en Infraestructuras de Gran Capacidad

## GINÉS APARICIO SOTO

Director de Operaciones de Agua y Estructuras S.A. (AYESA)

### \_Experiencias en Infraestructuras de Gran Capacidad

#### 1.- INTRODUCCIÓN

Se hace un repaso histórico acerca de la experiencia en varias infraestructuras de transporte de gran capacidad en las que ha participado el autor en los últimos treinta años, a través de los cuales se han explorado procedimientos y desarrollado metodologías, con las que se ha ido avanzando en la consideración de los factores medio ambientales hasta llegar a la situación actual.

El repaso histórico de estas experiencias supondrá el seguimiento de la problemática de la implantación de estas infraestructuras en el territorio, en general, y en espacios naturales protegidos en particular, llegando a los mecanismos actuales que se vienen aplicando, cuando se aplican adecuadamente, lo que no siempre sucede.

Esto se explicará a través de la participación y experiencias del autor en las siguientes vías:

Autopista del Atlántico (1974 - 1982).

Autopista Alicante - Murcia. Estudio Informativo (1978).

Metodología de los Estudios de Impacto Ambiental en carreteras (1995).

Autovía A-381, de Jerez a Los Barrios (1996).

Medidas correctoras en la A-381 (1996).

#### 2.- AUTOPISTA DEL ATLÁNTICO (1974 - 1982).

Esta autopista tuvo la particularidad de abordarse justo en la época en que se producía la transición política desde el régimen autoritario anterior al nuevo sistema democrático.

El primer anteproyecto de esta autopista, situada en un corredor Norte Sur paralelo al Océano Atlántico, de 220 Km. de longitud, desde El Ferrol hasta Tuy, en el límite con la frontera portuguesa,

se hizo en 1.968 por la oficina de Proyectos de Oviedo, dependiente de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas.

La inclusión de estas infraestructuras en el territorio se desarrollaba en aquella época bajo parámetros casi puramente ingenieriles, dado que todavía lo que podríamos llamar la "revolución medioambiental" no se había producido. Se había iniciado en los países más desarrollados de Europa y su llegada a nuestro país era inminente.

A partir de 1973 se desarrolló una oposición frontal a la Autopista del Atlántico basada en que producía cortes traumáticos en el territorio, dividiendo a Galicia en dos partes, con grandes afecciones a las distintas redes existentes e incompatible con el desarrollo autónomo de Galicia que consideraba que el desarrollo no debía de requerir de infraestructuras de transporte como esta que favorecía la acumulación del capital en los dos polos principales de su recorrido: en el Ferrol y en Vigo.

También se cuestionaba que la autopista fuese de peaje, favoreciendo al gran capital, privatizando los beneficios y socializando las pérdidas.

Se llegó a parar la obra entre Pontevedra y el puente de Rande por Calvo Sotelo. Se resolvieron los problemas en este tramo y en los tramos no iniciados entre Santiago y Pontevedra se reconsideró su trazado por la Ingeniería que desarrollaba los proyectos de construcción INGENIERÍA DEL ATLÁNTICO (IDASA), desplazando la autopista a terrenos donde el impacto social, especialmente en la agricultura, caracterizada por un acusado minifundismo, era menor. Ello supuso una autopista con características de trazado menores (A-100 en vez de A-120) y mayor coste de construcción, pero sin embargo con menor impacto en el territorio. Es de señalar que el problema fue más de carácter socioeconómico

que ecológico, pues donde realmente la autopista, trazada por los terrenos más suaves, causaba mayores daños era por las propiedades de la citada agricultura minifundista.

Resuelta la problemática o al menos paliada en gran parte, las pintadas entorno a la saturada CN 550 pasaron en unos años de AUTOPISTAS "NON" a AUTOPISTAS "XA".

El líder de aquella oposición tenaz, con la que fuimos probablemente los primeros ingenieros en este país en aprender que la forma de hacer los proyectos de infraestructuras había cambiado radicalmente, fue César Portela Fernández-Jardón, actualmente arquitecto de reconocido prestigio y por otro lado amigo del ingeniero que suscribe (¡además arquitecto...!).

¿En qué había cambiado o debía cambiar la forma de diseñar una infraestructura?

Debía cambiar en muy variados aspectos:

En lo que a los factores del medio físico se refiere había cambiado en que no sólo era preciso considerar los aspectos más convencionales como la topografía, la geología y geotecnia o la climatología, donde el criterio para seleccionar el mejor trazado era básicamente el del mínimo coste de construcción.

Había que considerar otros aspectos del territorio como la utilización productiva del mismo (agricultura, ganadería, vías pecuarias, la consideración de la fauna, de la flora, los espacios húmedos, los aspectos culturales como la arqueología, el planeamiento urbano, etc.). Realmente comenzaban a ser oídos muchos de los que hasta entonces no lo habían sido.

Otro aspecto fundamental que había cambiado era que el trazado de una infraestructura es que si bien es un elemento necesario para el desarrollo socioeconómico de las regiones en beneficio de muchos, no podía serlo perjudicando de forma indiscriminada a los que habían de ceder los terrenos para su construcción. Era preciso y sigue siendo preciso atender a los distintos afectados y agentes implicados que por otro lado como buenos conocedores del territorio pueden añadir su valioso conocimiento en beneficio de acertar

con los mejores trazados. En tal sentido es preciso que se hagan las consultas previas, no de pasada ni como puro trámite de audiencia, sino con toda la atención que el tema requiere.

### 3.- EL CONCURSO DE CONCESIÓN DE LA AUTOPISTA ALICANTE A MURCIA

Con aquel bagaje de experiencia y conocimientos adquiridos tanto en vivo como a través de analizar como se operaba en otros países que estaban a la cabeza en estos temas como Inglaterra, nos presentamos con IDASA al concurso de Concesión para el Proyecto, la construcción y explotación del tramo de Autopista entre Alicante a Murcia cuya finalidad era atender la importante demanda existente en este tramo de la CN-340, continuando con la autopista del Mediterráneo. Era (fue) la primera ocasión que en este país se planteaba un proceso que precursor de la manera en que posteriormente se organizarían este tipo de estudios. Estábamos en 1978.

Se trataba de un tramo de 65 Km. cuyo anteproyecto realizado por la Oficina Regional de Proyectos de Valencia databa del año 1973, con los mismos criterios mencionados anteriormente para la Autopista del Atlántico.

Como se ha señalado se hizo una minuciosa investigación de la posible problemática social, que efectivamente existía, pues la autopista se había introducido por los mejores terrenos de cultivo de la vega del Albufera y otras localidades, que se oponían radicalmente a aquel trazado, sobretodo porque además existían alternativas claras.

Antes de comenzar con la caracterización del territorio en sus distintos aspectos temáticos se mantuvieron reuniones con los agentes implicados y los conocedores del territorio: Ayuntamientos, Diputaciones, Cámaras agrarias, Asociaciones de vecinos, Grupos ecologistas, Asociaciones profesionales, la Universidad de Alicante, la Universidad de Murcia,...

Después, rompiendo los lápices a los ingenieros trazadistas para evitar que se pusieran a dibujar soluciones, hicimos una exhaustiva caracterización temática del territorio según distintas disciplinas: Topografía, Geología y Geotecnia, Climatología,

Fauna, Vegetación, Paisaje, Hidrografía, Erosionabilidad... Todos estos aspectos se sintetizaron en uno que se denominó PROTECCIÓN NATURAL.

Se contemplaron aspectos socioeconómicos tales como: La producción agrícola, las infraestructuras de riego actuales y futuras (considerando el trasvase), Relaciones entre núcleos... Estos aspectos se sintetizaron bajo el epígrafe de PROTECCIÓN RURAL.

Finalmente se consideró: Los Usos del suelo, El Planeamiento Urbano, la Sociodemografía, la Arqueología... que se sintetizaron bajo el epígrafe de PROTECCIÓN URBANA.

A partir de las tres síntesis anteriores, evaluadas por consenso entre los distintos intervinientes en el estudio en el que participaban ingenieros, sociólogos, biólogos, ecólogos, geógrafos, economistas, geólogos, urbanistas... se hizo una síntesis de síntesis llegando a disponer de un plano en el que con colores que evolucionaban del rojo al verde se establecían las zonas con poca vocación de asumir en su seno una autopista y otros que con distintas gradaciones podrían serlo.

A partir de dicho plano le devolvimos los lápices a los ingenieros con lo que, como un juego de niños, era relativamente fácil encontrar soluciones de trazado, obviamente no tan magníficas ni de radios tan amplios como en el primer trazado del anteproyecto pero suficientemente aceptables como autopista y desde luego resolviendo muchos de los problemas planteados tanto en las primeras consultas previas como los detectados por los distintos especialistas en cada una de las disciplinas que intervinieron en los numerosos aspectos mencionados en la caracterización del territorio.

Ciertamente tuvimos un problema con el paso de la autopista entre Elche y Albatera pues contemplando la problemática que planteaba Crevillente el trazado debía ir al norte de esta población pero contemplando la problemática que planteaba Albatera la autopista debía pasar claramente al Sur de esta población. No teníamos una autopista, teníamos dos que no enlazaban entre sí. Ante esta situación profundizamos cual de las dos situaciones nos parecía que debía de

prevalecer sobre la otra y armados de valor propusimos al Ayuntamiento de Crevillente mantener una reunión para plantear el problema con todos sus matices. Y eso hicimos con total transparencia, no sin temor a quedarnos sin autopista.

Fue aquella una gran reunión con la Corporación Municipal de Crevillente y aquel un gran día. Se confirmaba que hablando y dialogando con honestidad, los problemas se resuelven. Era una prueba de la valía de los procedimientos democráticos.

Y ya con autopista volvimos a reunirnos, con las soluciones dibujadas y evaluadas, con los mismos organismos, asociaciones, etc., con los que habíamos estado inicialmente a fin de dar cuenta de las soluciones encontradas. No hubo ningún problema que no se pudiera resolver ya con el diseño, jugando con las posibilidades que da la posición que demos al alzado de la infraestructura.

Acabamos el trabajo que no era precisamente una oferta cerrada para un Concurso de Concesión sino un Estudio Informativo consensuado, con el que La Caja de Ahorros de Alicante y Murcia como licitante, proponía una oferta condicionada a que se hiciera un nuevo proceso de Información Pública y que este resultara favorable.

El Director General de Carreteras entendió que aquello no era una oferta para una concesión y congeló el proceso, que se reanudó algunos años más tarde de forma distinta, no ya como autopista de peaje, aunque pudimos comprobar que en gran parte se había mantenido el trazado que habíamos propuesto.

Es de señalar y reconocer que si la historia tuviera marcha atrás y actuando con la experiencia de más años en estos temas, la autopista Alicante-Murcia, aún manteniendo el mismo corredor de paso, habría resultado con algunos radios más generosos y con mayor mediana, por razón de haber dispuesto de mejores posibilidades de ampliación. En ocasiones apurar la mediana cuando se atraviesa un territorio sensible puede ser claramente negativo pues las dificultades de ampliación pueden producir mayores ocupaciones con nuevas vías y mayores ocupaciones de espacio, que es lo que no se quería obtener.

#### 4.- LA METODOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS INFORMATIVOS DEL MOPTMA (1995).

Consecuencia probablemente de las experiencias anteriores fue la adopción por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente de la Metodología en la que tuve ocasión de participar en 1995 y que está probando su validez dado que sigue manteniéndose ya casi diez años manteniéndose en sus líneas básicas.

Dicha metodología ha sido adoptada igualmente, en general, en la distintas Autonomías.

#### 5.- EL PLIEGO DE GIASA PARA PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN.

La consideración del diseño medio ambiental de una infraestructura no acaba con el Estudio Informativa. Debe existir en el Proyectista la preocupación permanente por la optimización en la fase del Proyecto de Construcción, máxime si como ya se ha indicado también con el diseño es posible corregir impactos.

Es con los Estudios Informativos como se resuelven los grandes impactos, a nivel macro y es con los Proyectos de Construcción con los que se pueden conseguir correcciones a nivel de diseño, digamos a nivel micro, pero no despreciables.

Transcribimos aquí el contenido de dicho Pliego, convenientemente resumido.

Procedimiento a considerar en el Proyecto de Construcción:

A.-Análisis de la problemática medioambiental y de la D.I.A., a fin de ajustar el diseño a éstos.

B.-Considerar, desde el principio, los aspectos medioambientales y no al revés, pues en este último caso lo único que se podría hacer sería aplicar medidas correctoras de los impactos pero no corregir los impactos mismos a través de la herramienta del diseño.

C.-En la realización de los Proyectos se han de aplicar ajustes sucesivos en la definición de la planta y del alzado vinculados básicamente a los

condicionantes medioambientales, a la información geotécnica y al diagrama de masas, al que se aplicará la condición general, nada exigente, ya que se cumple siempre:

Desmontes - Terraplenes + Préstamos - Vertederos + Canteras - Firmes + Despeje y Desbroce - Tierra vegetal s/ taludes y otros rellenos = 0

Si establecemos objetivos para un buen diseño medioambiental, tendremos:

Desmontes - Terraplenes + Canteras - Firmes = 0

Préstamos = Vertederos = 0

Despeje y desbroce = Tierra vegetal s/ taludes y s/ otros rellenos

D.- Se habrá de intentar obtener el equilibrio de las tierras y de los materiales del firme dentro de la propia carretera, y sólo si ello no es posible porque la traza no posea materiales para el firme que la hagan autosuficiente, se recurrirá a nuevas canteras, o mejor a canteras ya existentes y legalizadas. Para ello se habrá de jugar con la planta, con el alzado, con los viaductos, con los taludes, con los materiales de la traza y de fuera de ella para el firme.

E.- En el caso de variantes o mejoras de trazado, procede la supresión de los restos de carretera abandonados, tratando de aproximarse a la morfología inicial del territorio. Surgen dos nuevos términos a considerar: desmontes abandonados a rellenar, al menos parcialmente y terraplenes abandonados, a suavizar también, al menos parcialmente.

F.- En el Anejo Medioambiental del Proyecto de Construcción, se deben justificar todas estas determinaciones, es decir:

El triple equilibrio de masas.

Los efectos barrera en áreas próximas a poblaciones.

Los fenómenos de erosión y/o inestabilidad en los taludes.

Protección del sistema hidrológico, de la fauna y flora, yacimientos arqueológicos, contaminación del aire, acústica,...

Recuperación de la cubierta vegetal de los taludes.

Restauración y recuperación del entorno.  
Estética interna de la carretera.  
El paisajismo, etc.

G.- En cualquier caso desde el punto de vista del proceso, todo parte del principio de que tanto en la realización de los Estudios Informativos como en las fases siguientes de los Proyectos de Construcción, los impactos medioambientales no son algo a corregir al final, cuando ya está trazada la carretera, sino que constituyen un condicionante de primer orden para la definición de esta, por lo que deben considerarse desde el principio.

H.- Lo adecuado es que la corrección de impactos no sea un añadido sino que vaya implícita en el proceso de diseño. Eso requiere de una sensibilidad en el trazadista, que evidentemente ha de considerar simultáneamente muchos aspectos:

Condicionantes medioambientales.  
Optimización de los diagramas de masas.  
Coordinación de la planta y alzado.  
Pérdidas de trazado.  
Visibilidad de parada.  
Armonización, de forma que las diferencias de velocidades, entre tramos de 2 Km no sea mayor de 20 Km/h, (25 Km/h en tramos rectos).  
Condicionantes económicos.

Este es un trabajo comprometido que exige de una gran riqueza de consideraciones y matices. De ahí que merezca sobradamente el calificativo del "Arte del Trazado"

## 6.- MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS EN A-381.

Comentarios a la prescripción 4.1.: protección de la fauna.

Dice así:

"Dado que el corredor intercepta pasillos de comunicación utilizados por ciervos y corzos en el Parque Natural de Los Alcornocales al objeto de minimizar el efecto barrera sobre la fauna terrestre, así como la erosión y el impacto paisajístico, no podrán proyectarse, en general, terraplenes o pedraplenes de más de cinco metros de altura, debiendo en estos casos disponerse de viaductos que permitan el libre paso de la fauna

bajo ellos. Del mismo modo, también con carácter general, cuando los desmontes superen los diez metros de altura se dispondrán túneles o falsos túneles, con objeto de conseguir una eficaz permeabilidad para la fauna terrestre."

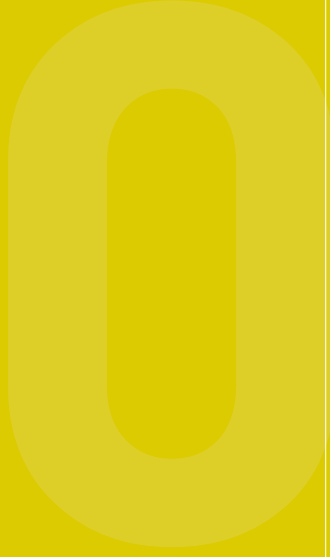
Sin duda que la prevención y corrección de los impactos residuales en los EE.NN.PP. debe ser un objetivo que debe drenar recursos de todo aquello que incida en ellos, a efectos de su conservación. Pero también deberíamos ser capaces de administrar cuidadosamente la forma en que se consume el erario público, considerando los tres sumandos siguientes dentro de dicha inversión:

a).- La inversión necesaria para su construcción. Hemos de ser sensibles a que se atraviesa un ENP y como consecuencia deben plantearse determinadas limitaciones en las características geométricas de la vía. Los usuarios deben saber y sentir que algún tributo hay que pagar cuando se atraviesa un espacio sensible a fin de dejar la menor huella posible en el territorio. Habrá, por ejemplo, que diseñar para velocidades no superiores a 100 Km/h.

b).- La inversión necesaria para atender las medidas para la prevención y corrección de los impactos en un ENP. Estas medidas deberían establecerse no a ciegas sino ayudados de algunas herramientas, probablemente todavía no bien desarrolladas, de análisis coste - eficacia ambiental, pues muy probablemente a igualdad de eficacia o de resultados previsibles de carácter medioambiental, se pueden consumir menos recursos.

c).- La inversión en medidas compensatorias. Estas medidas debieran contemplarse no por separado sino conjuntamente con las medidas preventivas y correctoras dentro de un análisis coste - eficacia medioambiental pues probablemente las medidas compensatorias realizadas fuera de la nueva carretera pero dentro del ENP pueden permitir una eficacia ambiental más alta que determinadas medidas preventivas y correctoras de alto coste.

Finalmente se incluyen unas imágenes de la A-381, cuyo diseño es en general de una gran calidad, si bien en algunos aspectos podría haber sido menos onerosa.



**ANTHONY P. CLEVENGER**

Efectividad de las medidas de minimización del impacto en la Autopista Transcanadiense a través del Parque Nacional de Banff (Alberta, Canadá)

## ANTHONY P. CLEVINGER

Western Transportation Institute, Montana State University.

### Efectividad de las medidas de minimización del impacto en la Autopista Transcanadiense a través del Parque Nacional de Banff (Alberta, Canadá)

#### Introducción

Las redes y los sistemas de transporte son vitales para la economía y la sociedad actuales. Los sistemas viarios comunican el territorio en beneficio de su uso, pero fragmentan eficazmente los espacios naturales. Estas redes y sistemas no sólo causan cambios relevantes en los paisajes físicos, sino que también alteran los patrones de la fauna y el funcionamiento general de los ecosistemas dentro de dichos paisajes. El impacto ecológico de las redes de transporte y las acciones para remediar y evitar estos efectos forman parte de una ciencia emergente. Todavía son escasas las investigaciones sobre la bondad del funcionamiento de las estructuras de cruce o sobre la eficacia de las técnicas de reducción de atropellos, o acerca de la influencia de los sistemas viarios sobre la fragmentación del hábitat y la ecología del paisaje.

Los Parques Nacionales de Banff y Yoho son los únicos en Norteamérica atravesados por una vía de comunicación y transporte de cuatro carriles. Como consecuencia, esta gran autopista puede tener un impacto significativo sobre el ecosistema del parque. De ahí que reducir la mortalidad relacionada con la carretera y los potenciales efectos barrera de la autopista sobre el movimiento animal tiene sentido desde un punto de vista ecológico y es una necesidad obvia.

#### Objetivos

En noviembre de 1996, comenzamos una investigación de 5 años en el Parque Nacional de Banff (PNB) en Alberta. Este estudio fijaba su atención principalmente en la Autopista Transcanadiense (ATC), en su permeabilidad para la fauna y en su impacto en términos de mortalidad de animales, movimientos y conectividad de hábitats en el valle del Río Bow. Los medios para minimizar el impacto de la carretera fueron evaluados y se hicieron recomendaciones para los futuros programas de planificación del transporte

en parques de montaña. Aquí informamos de los resultados de la investigación sobre la minimización del impacto de la ATC y proponemos recomendaciones para mejorar las medidas actuales y la planificación y el diseño de futuros programas de minimización del impacto en el Valle del Bow en Banff y más allá.

#### Área de estudio

Nuestra principal área de estudio está situada en el valle del Río Bow a lo largo del corredor de la ATC en el PNB, aproximadamente a 100 Km. al oeste de Calgary. Los primeros 45 Km. de la ATC desde el límite oriental del parque (fases 1, 2 y 3A) tiene cuatro carriles y están bordeados a ambos lados por una valla de exclusión de fauna salvaje de 2,4 m de alto. Los restantes 30 Km. hasta el límite occidental del parque (fase 3B) tienen dos carriles y carecen de valla. Existen planes para ampliar la fase 3B hasta los cuatro carriles en un plazo de 5 a 10 años. Entre 1980 y 1998 se construyeron veintidós pasos de fauna inferiores y dos pasos de fauna superiores para permitir el movimiento de la fauna a través de la sección de cuatro carriles de la ATC. Nuestra área de estudio secundaria o extensiva se extiende a lo largo de la ATC desde el Río Kananaskis (Autopista 40) al oeste de Calgary hasta el límite occidental del Parque Nacional de Yoho. Este estudio abarca otras autopistas como la Autopista 40 en la región de Kananaskis y la Autopista 93 en los Parques Nacionales de Banff y Kootenay.

#### Monitorización de las estructuras de cruce de fauna

##### Resumen sobre las estructuras de cruce de fauna

Ha habido un total de 29.343 pasos de fauna en los nueve pasos de las fases 1 y 2 entre noviembre de 1996 y marzo de 2002. Los lobos utilizaron las estructuras 2.317 veces, los pumas 515 veces, los osos negros 461 veces y los osos grizzly 26

veces. En las trece estructuras de cruce de la fase 3A se produjeron 8.036 pasos de fauna entre noviembre de 1997 y marzo de 2002. Los pumas utilizaron las estructuras de cruce 170 veces, los osos negros 142 veces, los lobos 132 veces y los osos grizzly 25 veces. En los 64 meses de monitorización se detectaron más de 37.379 pasos de fauna en 22 estructuras de cruce.

### **Patrones temporales de uso de pasos de fauna superiores**

La posibilidad de foto-detectar la actividad animal y el movimiento en los pasos de fauna superiores representaba una oportunidad única para cuantificar los patrones temporales en el uso de los pasos superiores por parte de especies animales. Si los pasos funcionaban lo suficientemente bien como para proveer de un medio o microhábitat seguro para atravesar la bulliciosa ATC, entonces podíamos esperar que esto se reflejara en los patrones temporales en el uso de pasos superiores por parte de diferentes especies animales. La hora elegida para cruzar por el paso superior debería corresponderse con los patrones habituales de actividad diaria de cada especie, es decir, las especies nocturnas cruzarían por las noches. Encontramos que el comportamiento de la fauna fotografiada en los pasos superiores aparentaba ser normal, y sólo raramente los animales parecían estresados o asustados. Más aún, los patrones temporales observados en el uso de los pasos superiores parecían sincrónicos con los patrones de actividad conocidos para cada especie. Esperábamos que el uso de los pasos superiores tuviera lugar de noche cuando el volumen del tráfico fuera menor y el ruido ocasionado por la autopista fuera mínimo para especies sensibles a la presencia humana y que evitara las zonas cercanas a la ATC. Sin embargo, encontramos que esto no era así. Los patrones temporales de cruce de osos grizzly por los pasos superiores se correspondían con los patrones temporales de cruce en carreteras de bajo y alto volumen de tráfico en nuestra área de estudio.

### **Comparación del uso de pasos de fauna superiores e inferiores**

Es difícil hacer comparaciones válidas de dos estructuras de cruce diferentes a causa de la confusión entre las variables asociadas a cada estructura. Por ejemplo, tipo de hábitat y

dimensiones asociadas con cada estructura pueden variar ampliamente. Se puede encontrar en el PNB una aproximación exacta a un diseño lateral con mínima confusión de variables. Hay un paso subterráneo situado a 200 m. de cada paso superior. Después de cuatro años y medio emergen algunos patrones de especies específicos: osos grizzly, lobos y todos los ungulados tienden a preferir los pasos de fauna superiores, los pumas prefieren los pasos inferiores, y los osos negros no parecen tener preferencias. Estos resultados se apoyan en los descubrimientos procedentes de análisis de estructuras de cruce en la misma área.

### **Enlaces y movimientos de fauna a través de carreteras**

Observamos algunos de los factores clave que influyen la decisión de los animales de utilizar estructuras de cruce y el cuándo y dónde cruzar una sección de una autopista frecuentada, sin vallado y sin medidas de minimización de impacto. La investigación sobre diseños efectivos de estructuras de cruce es escasa. Nosotros investigamos estas cuestiones utilizando datos obtenidos a partir de la monitorización anual sistemática de las estructuras de cruce de fauna en el PNB.

### **Características de las estructuras de cruce de fauna que facilitan el movimiento de los grandes mamíferos**

En nuestro análisis de los pasos de fauna inferiores en las fases 1 y 2, la influencia humana era considerada como un factor muy significativo de afección del paso de especies. Los carnívoros (osos negros, osos grizzly, pumas, lobos) usaban pasos inferiores mientras que los ungulados los evitaban. Creemos que las dimensiones de los pasos inferiores tienen poco efecto sobre el cruce de animales porque éstos pueden haberse adaptado a estas estructuras, que ya tienen 12 años. Una vez han ocurrido las adaptaciones, la dinámica de la actividad humana y la heterogeneidad del paisaje pueden ser más decisivas en determinar el uso de estructuras que las dimensiones de las mismas. Nuestros resultados indicaban que los pasos inferiores mejor diseñados y adaptados al paisaje podían ser infectivos si la actividad humana no era controlada. Nuestros hallazgos sugieren que en un sistema multi-especies como éste, el

enfoque más eficiente y probablemente también el menos caro para retro-ajustar es gestionar la actividad humana cerca de cada paso.

Como continuación del anterior estudio de pasos inferiores, examinamos un conjunto completamente nuevo de pasos inferiores (fase 3A) con el que los animales habían tenido poco tiempo de familiarizarse. Contrariamente a lo detectado antes, nuestros resultados sugirieron que las características estructurales condicionaban el paso tanto de grandes predadores como de especies de presa, mientras que los factores relativos al paisaje y a la actividad humana eran secundarios. El paso de los osos grizzly, lobos, alces y ciervos estaba muy influido por la existencia de estructuras de cruce de fauna de altura y anchura considerables y de corta longitud. Los osos negros y los pumas preferían las estructuras de cruce más estrechas. Los patrones observados responden a los comportamientos evolucionados de las especies y a los rasgos de la historia vital, según los que algunas especies prefieren áreas abiertas mientras que otras necesitan cobertura.

Nuestros descubrimientos subrayan la importancia de integrar la variabilidad temporal y espacial como un elemento a priori cuando tenemos en cuenta la eficacia de las estructuras de cruce de fauna, así como que las especies responden de manera diferenciada a las características de las estructuras de cruce. Así, la planificación de la minimización del impacto en un ecosistema de multi-especies es probable que se convierta en un reto. Los resultados de estos dos estudios sugieren que las estrategias de minimización de impacto necesitan ser proactivas en lo que se refiere al emplazamiento y al paisaje, para asegurar que las estructuras de cruce sigan siendo funcionales a lo largo del tiempo y para incluir la gestión del uso humano. La monitorización continua a largo plazo de las estructuras de cruce será clave para establecer las fortalezas y las debilidades de las características del diseño para un ensamblaje multi-especies.

En otro análisis evaluamos el uso de estructuras de cruce de fauna empleando medidas y técnicas analíticas diferentes. El paso de los pumas era más frecuente de lo previsto durante el invierno y menos de lo previsto durante el verano. Las

estructuras de cruce de fauna utilizadas en mayor grado por los pumas eran las situadas cerca de hábitats de alta calidad para el puma. Encontramos que las estructuras de cruce eran efectivas para pumas en el sentido que las utilizaban regularmente facilitando la conectividad entre los hábitats de ambos lados de la autopista.

### **Efectividad de las medidas de minimización de impacto en la reducción de la mortalidad de animales en las carreteras**

#### **Vallas y estructuras de cruce de fauna**

Evaluamos el vallado de minimización de impacto en la autopista para reducir colisiones de vehículos y animales a lo largo de tres secciones de cuatro carriles (fases 1, 2 y 3A) de la ATC en el Parque Nacional de Banff. Recogimos datos sobre colisiones e intromisiones animales en los arcones vallados desde 1981 a 1999. Encontramos que las colisiones se concentraban en las zonas sin vallado pero estaban asociadas a los extremos del mismo, produciéndose cerca de ellos. Las colisiones eran más frecuentes en una distancia de hasta 1 Km. después del final de la valla, pero, curiosamente, la proximidad a los drenajes principales también influía en la localización de las colisiones. Las colisiones se redujeron efectivamente después del vallado de los tramos, como muestra el hecho de que las colisiones de vehículos con ungulados descendieran un 80%. Los resultados para los carnívoros fueron variados. El tamaño de la muestra era pequeño para el oso negro y el lobo, aunque solo 2 de las 6 muertes de lobos se produjeron fuera de la zona de vallado. El oso negro, el oso grizzly y el puma escalaban fácilmente la valla de minimización de impacto, mientras que el coyote accedía al arcén deslizándose bajo la valla en zonas donde el perfil irregular del suelo creaba huecos bajo la misma. No se dieron colisiones e intromisiones de animales en los arcones relacionados con los puntos de acceso a la valla.

El marcado descenso de las colisiones a lo largo de las fases 1 y 2 de la ATC después de su vallado es una evidencia convincente de que el vallado puede ser una eficaz medida de minimización de impacto. La efectividad del vallado para reducir

las colisiones fue corroborada por los datos de accidentes de la Real Policía Montada del Canadá sobre las secciones (sin vallar) de la ATC a lo largo de Banff y Canmore desde 1995 a 1997.

Poder predecir la localización de las colisiones es una ventaja obvia para Parques de Canadá y debería contribuir a focalizar los esfuerzos de minimización de impacto. Creemos que modificando la valla existente y probando rigurosamente los resultados con un enfoque de minimización de impacto adaptativo, se puede aprender mucho y se pueden realizar mejoras subsecuentes. Recomendamos medidas relacionadas con la carretera y medidas estructurales o combinaciones de ambas para reducir las colisiones en las zonas finales de las vallas. Dado que los motoristas son responsables de parte de las colisiones, la mejora de la educación pública con respecto a esta situación ha de ser una parte importante de cualquier futuro programa de minimización de impacto.

Evaluación de la efectividad del vallado para evitar intromisiones animales en las fases 1 y 2 (valla no enterrada) y en la fase 3A (valla enterrada).

Hubo sensiblemente más intromisiones en el tramo de valla no enterrada de las fases 1 y 2 que en el tramo de valla enterrada en la fase 3A. En el caso de carnívoros o ungulados, las intromisiones en las fases 1 y 2 ocurrieron cerca de los puntos de acceso no más de lo esperado por la propia casualidad. El punto de acceso del Cruce de Castle influyó en las intromisiones en el arcén. En la fase 3A al este del Cruce de Castle, el 55% de todas las intromisiones fueron de alces a 1 Km. como mucho del cruce.

### **Crterios para la efectividad de la minimización de impacto**

#### **Crterios para reducir la mortalidad en las carreteras**

Las medidas de minimización de impacto pretenden reducir el número de colisiones entre vehículos y fauna, o las potenciales colisiones de vehículos debidas, por ejemplo, a intromisiones de animales en el arcén de la autopista. Las medidas efectivas producirán una reducción en el número de accidentes mortales si comparamos la situación antes y después de su aplicación; las

diferencias deberían ser significativas desde un punto de vista estadístico. La significativa reducción en la mortalidad relacionada con las carreteras debería favorecer la viabilidad de las poblaciones o meta-poblaciones, independientemente de otros factores como la densidad de población, y la extensión de otras causas de mortalidad influirá en último término en la viabilidad de la población y su capacidad de supervivencia.

#### **Crterios para la conectividad del paisaje**

Eficacia de las estructuras de cruce de fauna - Raramente se han usado criterios para evaluar con rigor el funcionamiento de las estructuras de cruce de fauna. Un problema importante a la hora de desarrollar un conjunto de criterios es el consenso. Los profesionales del transporte tienen generalmente criterios o expectativas poco estrictos, mientras que los gestores de recursos tienden a requerir una evidencia científicamente más fiable acerca de cómo se están usando las estructuras, y cómo pueden afectar a los movimientos de fauna y a la conectividad del paisaje en su entorno. Para futuros proyectos de minimización de impacto, recomendamos que se preparen a priori criterios o indicadores de la efectividad de la minimización acordados por todos los responsables de supervisar la aplicación y el funcionamiento de las medidas.

El contexto en la planificación de la minimización de impacto - Cuando se planifican, diseñan y evalúan estructuras de cruce de fauna, es importante recordar que cada proyecto de minimización de impacto es diferente y que es difícil extrapolar resultados o expectativas por encima de fronteras políticas o de paisajes. Cada proyecto de minimización de impacto incluye su propio conjunto de componentes referentes a la fauna, factores para la conectividad y prioridades de gestión del territorio.

Nuestra investigación ha demostrado que las especies responden de forma diferente al diseño de estructuras de cruce de fauna y a las características del paisaje adyacente, por lo tanto la planificación de la minimización de impacto en un ecosistema de especies múltiples no será tarea fácil. Ningún diseño de estructura de cruce sirve para todos los casos. Es más, las estructuras de cruce serán tan efectivas como las estrategias

de gestión del territorio y los recursos en las que se inscriben. Mitigar el efecto de las autopistas sobre la fauna es un proceso a largo plazo que durará décadas y afectará tanto a poblaciones como a individuos. Así, las estrategias de minimización de impacto desarrolladas en torno a la planificación del uso del suelo no deberían terminar con el proceso de construcción, sino que han de ser proactivas a ambos niveles para asegurar que las estructuras de cruce sigan siendo funcionales en el tiempo. Esto requiere una monitorización continua a largo plazo como se ejemplifica en nuestro estudio. Es importante recordar durante el proceso de planificación que las estructuras de cruce están inscritas permanentemente en el paisaje, pero los procesos ecológicos que ocurren a su alrededor son dinámicos y están cambiando constantemente. La estructura física de un paso inferior permanecerá en su sitio durante 50 años o más. Para que las estructuras de cruce sean efectivas en el largo plazo deben ser capaces de acomodar las fluctuaciones de las especies, sus peculiaridades demográficas, las variaciones en el comportamiento animal, mientras mantienen a poblaciones viables a su alrededor.

Interpretación de datos sobre las estructuras de cruce de fauna - Para valorar la efectividad de las estructuras de cruce a menudo se sintetizan los recuentos de pasos animales observados y se comparan las cifras para las distintas especies. Esta interpretación contiene defectos porque los datos de recuento obtenidos no se han estandarizado cruzándolos con mediciones de abundancia de población. Obviamente 20 observaciones de una especie rara A parecerán imperceptibles comparadas con los 500 cruces de una especie B muy común. La interpretación no tiene ningún grado de sensibilidad en lo que respecta a la escala.

Otro error es examinar frecuencias relativas de pasos de especies, e interpretar frecuencias de paso bajas como evitación y frecuencias altas como preferencia. No es posible evaluar el uso de la estructura a partir de recuentos, como ya se indicó arriba. La razón es que la distribución de las especies y la calidad de los hábitats no son uniformes allí donde se localizan las estructuras. La abundancia de población varía mucho a lo largo de la autopista. La topografía y el aspecto son

variables clave para explicar la presencia o ausencia de especies, como lo es la calidad del hábitat. Por ejemplo, en áreas donde hay una ausencia de poblaciones de ovejas, no hay cruces de ovejas en las estructuras cercanas. No podemos interpretar esto como que las ovejas evitan las estructuras si es que no existen ovejas en esa zona.

¿Quién necesita cruzar carreteras? El grado en el que las estructuras de cruce serán utilizadas estará relacionado con la necesidad ecológica de las especies de acceder a hábitats seccionados por la carretera. Esta necesidad puede variar mucho dependiendo del año. Un hábitat inferior a lo óptimo a un lado de la carretera y un hábitat bueno al otro lado deberían dar como resultado menos cruces. Las investigaciones en otros sitios han demostrado que el fondo de los valles es una frontera natural de las praderas de asentamiento de las hembras adultas de grizzly. Una evidencia convincente y científicamente creíble que sugiera que las autopistas son verdaderas barreras para el movimiento de los animales requerirá un análisis crítico con múltiples factores potenciales.

Criterios para el rendimiento de las estructuras de cruce de fauna - Recientemente sintetizamos 17 estudios publicados que evaluaban las estructuras de cruce de fauna con el fin de valorar el estado de la investigación e identificar carencias en nuestro conocimiento. La lista de estudios no era exhaustiva, pero incluía la mayoría de los informes accesibles. Sólo tres estudios presentaban criterios predefinidos para medir la efectividad de las estructuras de cruce. Todos los estudios con la excepción de dos medían el rendimiento de las estructuras de cruce en función de la frecuencia de paso observada y en oposición a las expectativas de paso.

Presentamos las líneas maestras para monitorizar el funcionamiento de las estructuras de cruce de fauna y calcular su valor de conservación. Los criterios empleados para medir el funcionamiento dependerán del propósito que se pretenda tenga la estructura de cruce, de la especie o grupo focalizados, y de la cantidad de presupuesto disponible para monitorización e investigación después de acabada la fase de construcción. A cada criterio corresponden uno o más criterios de segundo orden, clasificados según su grado de

complejidad, que pueden ser medidos para valorar si los criterios principales se cumplen. Cumplir los criterios secundarios 1 a 3 implica que una estructura de cruce es funcional, mientras que cumplir los criterios secundarios 4 a 6 define explícitamente el rendimiento y el funcionamiento de la estructura como procesos que se desarrollan en el nivel del ecosistema. La monitorización a largo plazo es el único medio de obtener información fiable sobre la relación entre especies, procesos en el ecosistema y funcionalidad de los pasos para fauna. El ecosistema del Valle del Bow, muy modificado y alterado por la acción humana, se encuentra en un estado de flujo permanente. Monitorizar las poblaciones de especies y los recursos críticos en relación con estos elementos de carácter humano, proporcionará en concordancia con los estudios de estructuras de cruce, la mejor información respecto al valor biológico de las estructuras de cruce de fauna.

Otras consideraciones sobre las pruebas de rendimiento de las estructuras de cruce de fauna - Otros modos de medir la efectividad de las estructuras de cruce pueden ser comparar los movimientos de animales en tratamiento pareado y en áreas de control antes y después de la construcción, una especie de experimento Antes-Después, Control-Impacto (BACI). La aleatoriedad y réplica de las unidades experimentales resulta difícil con estudios de este tipo, y hay muchos factores de control o de confusión con los que competir incluso en un estudio replicado. Es más, hay extremadamente pocas especies candidatas para un estudio de este tipo. En nuestro caso, no existían datos disponibles previos a la construcción de las fases 1 y 2 para probar los impactos de la construcción en un análisis Antes-Después.

Ningún modelo de movimiento puede ser desarrollado con posterioridad a la construcción para probar el efecto de las carreteras sobre el movimiento de los animales comparando cruces de carretera observados con cruces esperados. Las pruebas de asignación son un enfoque nuevo basado en la genética para probar efectos barrera primarios, pero también pueden utilizarse para probar si las medidas de minimización de impacto están ayudando a los movimientos de los animales y a la conectividad.

## Conclusiones

### Medidas de éxito apropiadas

El impacto de una carretera no se muestra de forma inmediata porque los distintos efectos que la carretera tiene sobre las poblaciones y los ensamblajes de fauna ocurren a ritmos diferentes. Si los niveles de mortalidad son altos, su efecto sobre la población debería poder observarse después de que la carretera lleve el tiempo suficiente para que se hayan sucedido 1 o 2 generaciones de especies animales. El efecto de la carretera como barrera que reduce la conectividad del paisaje también tardará en observarse varias generaciones.

El modo más seguro de mantener poblaciones viables es aplicar medidas efectivas para la reducción de accidentes mortales, puesto que la mortalidad tiene el impacto mayor y el efecto más inmediato sobre la población. El efecto más inmediato de la mortalidad parece ser una amenaza mayor para la población animal que el descenso gradual de la viabilidad de la población debido a la falta de conectividad y al aislamiento.

Estructuras de cruce de fauna funcionales (i.e. pasillos de movimiento) promoverán la inmigración y la viabilidad de la población. Ésta última requiere una cantidad mínima de pasos de autopista para evitar los efectos de aislamiento. Creemos que la cantidad de pasos que hemos observado en los últimos cinco años es suficiente para cumplir esos requerimientos. La monitorización a largo plazo es esencial para evaluar cómo los cambios en la distribución de las poblaciones de fauna y flora, su demografía y la variabilidad de los perfiles de comportamiento de las especies resulta en la permeabilidad de estructuras de cruce de fauna y en la perturbación en el ecosistema del parque.

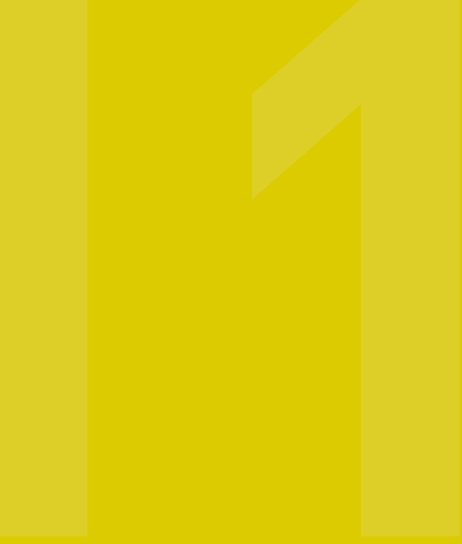
### Apoyo al programa de monitorización

Nos gustaría subrayar la importancia de dos tipos de datos que deben ser recogidos para facilitar la investigación y el análisis de la minimización del impacto. Recomendamos que las estructuras de cruce de fauna en Banff continúen siendo monitorizadas para el control del paso de fauna, pero en conjunción principalmente con estudios ecológicos colaterales de individuos marcados por

radio en el Valle del Bow en Banff. Los intentos de medir el funcionamiento de los pasos de fauna necesitan el apoyo de información sobre las poblaciones de fauna, que siga las variaciones de sus patrones de movimientos estacionales y anuales y los requerimientos de hábitat. También recomendamos que las poblaciones de ungulados

en el Valle del Bow continúen monitorizados anualmente mediante muestreos por transectos de excrementos de ungulados. Recomendamos que el esquema de toma de muestras actual sea ampliado para cubrir todo el Valle del Bow y las cuatro fases de la ATC.





**ALFREDO FLORENCIO CALDERÓN**

\_El Papel de los Grupos de Desarrollo Rural en los Espacios Naturales Protegidos

## ALFREDO FLORENCIO CALDERÓN

Gerente de la Asociación para el Desarrollo del Aljarafe-Doñana.

### El Papel de los Grupos de Desarrollo Rural en los Espacios Naturales Protegidos

En el año 1988, la Comisión de la Unión Europea publicó un documento titulado "El futuro del mundo rural". En este documento se realizaba un análisis global de la problemática del mundo rural en el territorio de la UE, la decadencia del sector agrario como generador de renta y empleo, la desvertebración de la sociedad rural, los problemas medio ambientales, la desertización humana, la multifuncionalidad del medio, etc.. Fruto de este análisis fue el inicio de un nuevo modelo de política de desarrollo rural que se plasmó en el Marco Comunitario de Apoyo 1989-1993 con la convocatoria de la iniciativa comunitaria LEADER.

La iniciativa comunitaria LEADER supuso una revolución en el modelo de aplicación de la política a nivel nacional y autonómico, pues suponía pasar de un modelo de planificación vertical, de arriba a abajo, a un modelo de planificación horizontal, participativo y democrático, de abajo a arriba. Este modelo introducía dos novedades fundamentales, la creación de los grupos de acción local, que en nuestra comunidad autónoma se denominan Grupos de Desarrollo Rural, y la gestión de los fondos públicos por los mismos.

En primer lugar quisiera definir que son los Grupo de Desarrollo Rural. Los Grupos de Desarrollo Rural, en adelante GDR, son asociaciones sin ánimo de lucro, de carácter privado, participativos y democráticos, constituidos por entidades públicas locales (ayuntamientos, consorcios municipales, mancomunidades, etc.) y los agentes socioeconómicos de su ámbito de actuación (asociaciones profesionales y empresariales, sindicatos, asociaciones culturales, deportivas, de mujeres, jóvenes, cooperativas, ecologistas, etc., así como cualquier persona física o jurídica) que tengan entre sus objetivos y finalidades el desarrollo socioeconómico y cultural.

El ámbito de actuación de los Grupos es de

carácter supramunicipal, comarcal, estando definido específicamente para cada uno de ellos mediante resolución de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Actualmente existen en Andalucía 50 Grupos que cubren aproximadamente el 90% del territorio de la Comunidad Autónoma, excepto las áreas metropolitanas, zonas costeras del Mediterráneo y las poblaciones con más de 50.000 habitantes, afectando sus actuaciones a más de tres millones de habitantes, el 45% de la población. Con este grado de cobertura del territorio, podemos afirmar que en todo el medio rural, y por añadidura en los espacios naturales protegidos, existe un Grupo que está realizando sus funciones de promoción y desarrollo.

Los primeros GDR se crearon en el año 1.991, como respuesta a la convocatoria de la iniciativa comunitaria de desarrollo rural LEADER. Inicialmente, en esta primera convocatoria, se constituyeron 9 GDR en Andalucía, de los cuales cuatro tenían su ámbito de actuación en espacios naturales protegidos, número que se amplió hasta 50 en los años 1.995 y 1.997 con las convocatorias de la nueva iniciativa comunitaria LEADER y el Programa Operativo de Desarrollo y Diversificación Económica para las zonas rurales, conocido como PRODER. En 1.999, los GDR fueron homologados como entidades colaboradoras de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía para la aplicación del Plan de Desarrollo Rural de Andalucía.

Ambos programas cuentan entre sus objetivos principales, la lucha contra la desertización humana del medio rural y el desempleo, por la doble problemática que crea en el propio medio rural el abandono de las actividades agrarias y ganaderas, incremento del riesgo de incendios forestales, degradación del paisaje y de los espacios naturales, etc., y en las zonas urbanas por el incremento de

la marginalidad, bolsas de pobreza, insuficiencia de infraestructuras, etc.

Para la consecución de este objetivo, los GDR promueven la creación de empleo mediante la aplicación de programas de desarrollo rural integrados y sostenibles, mediante la promoción y diversificación de las actividades económicas, culturales y medio ambientales, en definitiva lo que pretenden es corregir los desequilibrios socioeconómicos en sus territorios.

El modelo de trabajo de estos programas de desarrollo se basa fundamentalmente en la creación de estructuras democráticas y participativas de la población: los Grupos de Desarrollo Rural. En este modelo es fundamental el proceso de vertebración social, de implicación de la población en la planificación de los programas de desarrollo rural comarcales, dado que son los propios GDR los que elaboran y proponen a la Administración Autonómica el proyecto y modelo de desarrollo que quieren para su comarca, definiendo sus objetivos, líneas y medidas de actuación. Así mismo son responsables de la gestión y ejecución directa de los programas y de la gestión y administración de los fondos públicos que las administraciones comunitaria, nacional y autonómica le conceden para la ejecución de los mismos. Es un modelo de planificación de abajo a arriba y cuya filosofía queda reflejado en el preámbulo del Decreto 7/2002 de 15 de enero por el que se regula el PRODER de Andalucía: "La filosofía del modelo de desarrollo que se propone debe pasar por profundizar aún más en los valores de libertad, democracia, participación, equidad y solidaridad, siendo el capital humano el verdadero eje de desarrollo".

El objetivo que la Comisión Europea se marca en la Comunicación a los Estados miembros en la convocatoria de la iniciativa comunitaria LEADER PLUS es: Fomentar la aplicación de estrategias originales de desarrollo sostenible integrado, de calidad y destinado a la experimentación de nuevas formas de:

- Valorización del patrimonio natural y cultural
- Mejora del entorno económico a fin de contribuir a la creación de empleo
- Mejora de la capacidad de organización de las respectivas comunidades

Para la ejecución de los "programas de desarrollo

endógenos" basados en este modelo, los GDR presentan un programa de desarrollo comarcal que incluye un diagnóstico de la situación, en el que se recoge lo más ampliamente la problemática que afecta al territorio, sus limitaciones y carencias, sus recursos y posibilidades, no solamente en aquellos aspectos en los cuales pueden actuar directamente, sino globalmente: infraestructuras, servicios sanitarios, educativos, asistenciales, sectores productivos, cultura, medio ambiente, etc.

En este proceso de planificación y toma de decisiones por parte de la sociedad rural, es necesario tener en consideración las distintas categorías de actuaciones en función sus ámbitos, local, comarcal, regional, etc., y de los recursos financieros disponibles, endógenos y exógenos, implicándose en función de los mismos, distintos niveles de compromisos y actuaciones, las administraciones.

En función de este diagnóstico, y dentro de las orientaciones que establece el Reglamento 1259/99 de Desarrollo Rural de la Unión Europea cuyo objetivo general "...es incitar a los agentes del mundo rural a reflexionar sobre el potencial de sus territorios, fomentando estrategias originales de desarrollo sostenible, integrado y de calidad..." y las directrices de la política de desarrollo rural de la Consejería de Agricultura y Pesca, los GDR definen los objetivos y estrategias de desarrollo para su ámbito de actuación, la planificación temporal y la previsión presupuestaria para el programa. Siendo los Grupos responsables de la concesión de subvenciones que se conceden a los proyectos que empresarios, emprendedores y entidades le presentan, y de la correcta ejecución de los fondos de los que son depositarios.

Estas estrategias de desarrollo, entre otras, deben responder a unas características:

- \_ integrada, con enfoque global y concertado
- \_ tener un carácter innovador, creando instrumentos que permitan emprender nuevas vías de desarrollo sostenible
- \_ articuladas en torno a un tema predominante o aspecto aglutinante:
- \_ Utilización de nuevos conocimientos y tecnologías a fin de incrementar la competitividad de los productos y servicios de los territorios.

\_Nuevos planteamientos de gestión de las actividades productivas y del territorio incorporando la preocupación social y ambiental, y la perspectiva de género y juventud.

- Acercamiento de las nuevas tecnologías a la población rural para romper situaciones endémicas de aislamiento.
- Mejora de la calidad de vida de las zonas rurales.
- Dinamización y vertebración de la sociedad rural andaluza en torno a su territorio.
- Valorización de los productos locales, en particular, facilitando el acceso al mercado de las pequeñas estructuras de producción mediante actuaciones de tipo colectivo.
- Valorización de los recursos naturales y culturales, incluida la de las áreas de interés comunitario en el marco NATURA 2000.
- Aprovechamiento de las singularidades geográficas y ambientales determinantes del territorio como factor enriquecedor de sus potencialidades.
- Reorientación de las economías comarcales utilizando sus recursos endógenos y potenciando actividades emergentes.

En el proceso de valoración de los programas presentados por los Grupos se ha tenido en cuenta:

- Grado de arraigo de la estrategia de desarrollo en el territorio.
- Calidad del diagnóstico previo.
- Calidad del diseño de la estrategia.
- Grado de integración en el plan de los aspectos medio ambientales.
- Grado de movilización local en la elaboración del plan.

Con carácter general, las principales líneas de actuación de los programas de desarrollo rural, cada una de ellas con distinta importancia según los territorios, son las siguientes:

- Diversificación de la actividad económica.
- Promoción de la artesanía, turismo rural e industrias agroalimentarias de productos típicos de calidad.
- Pequeñas infraestructuras rurales.
- Promoción y desarrollo de las nuevas tecnologías de comunicación.
- Promoción de empresas y actividades de servicios a la población.
- Recuperación y conservación del patrimonio cultural, natural y medio ambiental.

- Actividades formativas.

Partiendo de la base de que los actuales EE. NN. PP., en su gran mayoría son frutos de las actuaciones del hombre, y fundamentalmente de su actividad agrícola, ganadera y forestal, que estas actividades han generado en muchos casos unos paisajes únicos y singulares, es absolutamente necesario el mantenimiento de la población y sus actividades económicas en estos espacios con el objeto de que sean espacios vivos.

Bien es cierto que en las últimas décadas la actividad agraria no ha sido capaz de generar suficiente renta para mantener la población en el medio rural, y que ello ha generado un importante movimiento migratorio hacia el medio urbano, que la población que se mantiene en el medio rural ha iniciado tímidamente un proceso de cambio de actividad, motivado fundamentalmente por la demanda de nuevos servicios y funciones que solicita la sociedad, pasando de una actividad basada en el sector primario a actividades del sector servicios, fundamentalmente turismo rural, y que esta demanda origina un déficit de infraestructuras y servicios básicos. Déficit que es necesario satisfacer.

Pero esta demanda y nuevos usos de los espacios rurales ejercen una gran presión sobre los mismos, que se traduce en muchos casos en un deterioro del medio ambiente.

Pero así mismo no podemos caer en la tentación de convertir los espacios naturales en "reservas" de cultura y tradiciones para uso y disfrute de la población exógena.

La diversificación económica necesaria para mantener la población en el medio rural tiene que pasar por la implicación de la misma en su planificación y gestión, respetando unos principios básicos como son la conservación del patrimonio natural y medio ambiental. La naturaleza y el medio ambiente han de ser tratados como cualquier otra actividad económica bajo el prisma de la sostenibilidad, con sus costes y beneficios.

En función de una mayor eficacia administrativa, es necesario profundizar en la coordinación de las actuaciones que las distintas administraciones realizan en el medio rural, el aprovechamiento de

la condición de los GDR como "entidades colaboradoras de la administración autonómica", desconocida en muchos ámbitos de la misma, su grado de implantación en los territorios, significa la utilización de un recurso ya existente, que por su propia naturaleza, funciones y objetivos, da respuesta a los nuevos modelos de planificación y ejecución de programas.

La creación de este "recurso" no tiene por qué generar la creación de nuevas infraestructuras, sino la coordinación y planificación conjunta entre administraciones y GDR para aquellas actividades que pudieran asumir dentro del ámbito de sus competencias.

Si aceptamos este último planteamiento, y aceptamos que hoy por hoy el modelo de planificación del desarrollo tiene que ser un modelo de "abajo a arriba", es obvio que la planificación de la infraestructuras, por lo menos en su fase inicial de análisis y definición, se debe realizar contando con la población, y que esta planificación no debe responder únicamente a las demandas exógenas, sino también a las necesidades de la población.

¿Que pueden ofrecer los Grupos de Desarrollo Rural en el proceso de planificación viaria?

Fundamentalmente tres cosas:

1. Una estructura social organizada con implantación en el territorio, en las que están representados los agentes públicos y privados, abiertas a todas aquellas entidades que quieran implicarse en el proceso de desarrollo.
2. Unos equipos técnicos con experiencias en coordinación de actuaciones y planificación.
3. Capacidad y recursos para complementar otras actuaciones administrativas.

En mi opinión el verdadero éxito de los programas de desarrollo rural ha sido su capacidad de democratización y vertebración de la sociedad rural, su implicación y protagonismo en los procesos y toma de decisiones, tan importante como el desarrollo económico que hallan podido generar.



# 12



**FRANCISCO SUÁREZ, CRISTINA MATA, ISRAEL HERVÁS, JUAN E. MALO Y JESÚS HERRANZ**  
El paso y atropello de vertebrados: desde la predicción al control

## **FRANCISCO SUÁREZ, CRISTINA MATA, ISRAEL HERVÁS, JUAN E. MALO Y JESÚS HERRANZ**

Departamento Interuniversitario de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid.

### **\_El paso y atropello de vertebrados: desde la predicción al control**

#### **1. Introducción**

La construcción y posterior explotación de las infraestructuras viarias conlleva una serie de afecciones para la fauna, que determinan en mayor o menor medida la viabilidad de numerosas especies. Una de las consecuencias inmediatas es la pérdida de hábitats, así como el inevitable descenso de las poblaciones naturales ligadas a estos enclaves (Fahring, 2000; Forman, 1998). La destrucción de hábitats por la red viaria implica además, desde una perspectiva espacial, su fragmentación (Bascompté y Solé, 1996), es decir, la reducción del área del hábitat original y un cambio en la configuración espacial del remanente (Haila, 2002). Otro problema derivado de la construcción de las infraestructuras lineales, especialmente autovías y líneas de ferrocarril de alta velocidad es el denominado "efecto barrera". La infraestructura supone un obstáculo para las poblaciones de animales, dando lugar a un cambio en la conectividad del hábitat, determinando así los movimientos diarios y estacionales e influyendo en la distribución espacial de la fauna (Ballon, 1985). Además, la posterior explotación de cualquier tipo de vía de comunicación implica una serie de perturbaciones ligadas al tráfico de ésta, tales como el ruido, emisiones de gases, contaminación lumínica y un inevitable incremento de la mortalidad por atropellos, pudiendo llegar a ser una seria amenaza para las especies con poblaciones reducidas (Alexander y Waters, 2000).

Debido a todos estos efectos, y los que se ocasionan con motivo de la propia función de la vía (p.ej., el incremento de la actividad económica y el desarrollo implícito que genera) se hace necesario buscar nuevas estrategias que permitan una integración de las redes de infraestructuras en el medio ambiente. Este hecho es especialmente importante en los espacios naturales protegidos, declarados como tales por su valor natural, donde los impactos suelen ser significativos (en el sentido de Oñate et al. 2002)

y de elevada magnitud. No obstante, estos espacios protegidos se sitúan en una matriz general íntimamente relacionada con los valores propios de estos espacios, siendo importante que en la planificación de las redes viarias se consideren también los efectos que éstas puedan tener sobre esta matriz general.

La estrategia seguida desde mediados de los 80 para intentar integrar las infraestructuras lineales en el medio ambiente han sido realizar Evaluaciones de Impacto Ambiental de proyectos, incluyendo en el diseño y planificación de las futuras redes viarias como una variable sustancial la presencia y localización de los Espacios Protegidos. La experiencia acumulada de este tipo de Evaluación ambiental muestra que alcanzan su máxima efectividad en el establecimiento de medidas correctoras y minimizadoras del impacto, pero que su utilidad se reduce a la hora de seleccionar alternativas, debiendo ser complementadas con una planificación territorial adecuada y una Evaluación Ambiental de los Planes de Programas (Evaluación Ambiental Estratégica), recientemente legislada por la Comisión Europea (D. 2001/42/CE) e incorporada por algunas CC.AA. a su propia normativa. No obstante, en última instancia las Evaluaciones de Impacto Ambiental de proyectos siguen siendo una herramienta extremadamente valiosa y necesaria para incorporar medidas correctoras a lo largo de todo su proceso en el diseño de las vías de comunicación.

En el caso concreto de los vertebrados y las vías de comunicación, los Estudios de Impacto Ambiental comprenden una serie de apartados cuyos contenidos están en algunos casos estipulados claramente por la normativa, mientras que en otros su alcance está menos concretado debido a su dependencia estrecha de las condiciones locales. Entre los más claramente estipulados por la normativa, está la definición de

la situación preoperacional, de la cual hoy día existe una amplia experiencia y sobre la que no se va a insistir en este artículo. Entre los segundos, destacan la predicción de los impactos, sobre todo los derivados de la fragmentación, las medidas correctoras y el plan de seguimiento. Dos de estos temas, la predicción de impactos y los métodos de seguimiento, serán los tratados aquí, puesto que en otros capítulos de este libro ya se aborda el diseño de medidas correctoras. En concreto, las preguntas que se trata responder son las siguientes: (1) ¿podemos predecir cuándo y dónde atraviesan los vertebrados una vía?, (2) ¿cuáles son los métodos de control más frecuentemente utilizados para evaluar el paso de los vertebrados y sus ventajas e inconvenientes?, y (3) ¿cuáles son los defectos más frecuentes en el diseño y mantenimiento de las medidas correctoras? tanto su estructura socioeconómica como su paisaje cultural. Estos cambios son interdependientes, pero es mucho mayor la dependencia del paisaje de la evolución socioeconómica que lo contrario. Por su parte, en la estructura socioeconómica domina el cambio hacia una población concentrada en ciudades y una economía de menor componente productivista (Bunce et al. 2001). Se añade a la circunstancia un crecimiento formidable del turismo, que introduce cambios tanto en la socioeconomía como en el paisaje y reconoce nuevos valores en el paisaje natural y cultural (Aranzabal et al. 2003).

## 2. ¿Podemos predecir cuándo y dónde atraviesan los vertebrados una vía?

Un aspecto crucial para establecer medidas correctoras y que éstas sean efectivas y eficientes es su localización espacial, y también temporal. Ese hecho implica que debemos ser capaces en los Estudios de Impacto Ambiental de predecir cuándo y por dónde atravesarán la vía las distintas especies, para de este modo poder localizar los pasos de la forma más adecuada y establecer el periodo más apropiado para establecer otras medidas correctoras, como pueden ser campañas de divulgación.

Habitualmente, la localización de los pasos se realiza sobre la base de la opinión de expertos, contemplando el comportamiento de los animales y su selección de hábitat. Este método, aunque puede ser apropiado para ciertas circunstancias,

posee una serie de limitaciones que pueden concretarse en tres aspectos esenciales: (1) el comportamiento de los animales puede variar localmente en función del tipo de hábitat y de vía existente, de modo que las extrapolaciones de experiencias anteriores pueden ser de validez limitada, (2) el comportamiento varía considerablemente según especies y (3) en muchas especies, los conocimientos sobre sus movimientos son escasos. Más recientemente, se están elaborando modelos empíricos que tratan de relacionar la mortalidad de los animales por atropello con ciertas características de la vía y su entorno, de modo que se pueda predecir cuáles son las variables determinantes de que en un tramo concreto o punto los animales crucen más, modelos que obviamente son esenciales para predecir en los Estudios de Impacto Ambiental dónde pasarán los animales y como consecuencia dónde se deben establecer preferentemente los pasos. La mayoría de estos modelos se han elaborado, bien a escala paisajística (Hubbard et al., 2000; Nielsen et al., 2003), bien a escala de puntos concretos (Clevenger et al., 2003), siendo escasos aquellos que analizan ambas escalas al mismo tiempo (ver no obstante un trabajo de planteamientos parecidos en Bashore et al., 1985).

En España, en nuestro conocimiento, sólo se ha abordado un estudio de este tipo que contemple las dos escalas (Malo et al., 2003). El trabajo se realizó en Soria, donde las colisiones con grandes vertebrados (ciervo, corzo, jabalí) son frecuentes y pretendía generar un modelo de predicción de por dónde y cuándo cruzan los animales las carreteras, a una escala temporal (diaria y estacional) y espacial (a dos escalas, paisajística y de puntos concretos). Se partía de la premisa de que, si existían unos patrones fijos, es muy posible que éstos fuesen extrapolables a otros ámbitos, al menos de Castilla y León. El estudio se fundamentaba en el análisis de un número de accidentes elevado, que se estaba incrementando de forma logística (Tabla 1). Además, el aumento del número de accidentes parecía no estar relacionado con una mayor intensidad del tráfico, sino con un incremento del número de animales, puesto que el número de accidentes con animales domésticos se mantenía más o menos estable (tabla 1), no habiéndose producido cambios drásticos en la cabaña ganadera provincial.

**TABLA 1**

Evolución anual del número de total de colisiones y de colisiones con animales silvestres y domésticos en Soria.

Año	Total de accidentes	Animales silvestres	Animales domésticos	Otras causas	% animales silvestres
1998	962	268	6	694	27,9
1999	951	392	11	559	41,2
2000	1069	552	10	517	51,6

Los resultados obtenidos indican que los cruces de los animales no se producen temporalmente al azar, sino que muestran un patrón circadiano y estacional claramente establecido, dependiente de las especies. Al igual que ocurre en otros ámbitos geográficos (Allen y McCullough, 1976; del Frate y Spraker, 1991), la mayoría de las colisiones tienen lugar en las horas crepusculares, principalmente al atardecer, cuando las condiciones de visibilidad son más deficientes y los animales aumentan su frecuencia de desplazamiento. También estacionalmente existe un claro patrón, que varía según las especies en función de su periodo de celo y la actividad cinética. La mayor parte de las colisiones con ciervo se producen en los meses de octubre y noviembre, ampliándose en el caso del jabalí este periodo al mes de diciembre. El corzo sin embargo muestra un patrón distinto, puesto que la mayor parte de las colisiones se producen durante los meses estivales, en el periodo comprendido entre mayo y agosto.

Las colisiones a escala de tramo, de paisaje, tampoco tienen lugar al azar. En ciertos tramos se produce comparativamente un número de colisiones elevado, mientras que en otros éstas son escasas. Mediante un modelo logístico de presencia/ausencia de accidentes en tramos de alta y baja siniestralidad, solo con 3 variables paisajísticas se pudo pronosticar acertadamente el 80 % del global de los tramos de alta y baja probabilidad de accidentes. Estas variables son básicamente la superficie de zonas urbanas, que se asocia negativamente con la presencia de colisiones, y la superficie de bosque y diversidad de tipos de vegetación, que se relacionan positivamente.

Para elaborar el modelo de predicción a la escala en que ocurren los accidentes se trabajó con los tramos de alta siniestralidad. En cada uno de ellos se seleccionaron al azar una serie de puntos hectométricos sin accidentes y el mismo número de puntos con ellos. Se consideraron y midieron

un total de 28 variables en cada p.k, de las cuales 5 estaban relacionadas con las características de la vía (tipo de carretera, características del trazado, la visibilidad del conductor, el límite de velocidad y la señalización de animales), 10 con el entorno inmediato de la vía (vegetación del arcén y anchura del cortafuegos, cobertura de los distintos tipos de vegetación en un entorno algo más amplio, distancia a distintas formaciones vegetales, bebederos potenciales y edificios) y el resto con el grado de dificultad que pueden encontrar los animales para acceder a la carretera (vallados, pretilos y terraplenes o taludes de distinto tamaño y pendiente) y con otras variables del entorno que puedan favorecer el paso de vertebrados (topografía, el efecto de embocadura hacia el punto que puede generar el paisaje, la presencia de pasos utilizables por estos vertebrados, la presencia de puntos de atracción y de cruces de carreteras).

También en este caso el modelo resultó significativo, pronosticando el 64 % de los casos y el 74 % de los puntos de colisión. Las variables que se incluyeron en el modelo fueron la ausencia de cruces, la presencia de pretilos y taludes y la distancia al bosque. Igualmente interesante es el hecho de que, incluyendo aquellas variables sobre las cuales se pueden tomar medidas correctoras (presencia de pretilos y vallados y ausencia de pasos utilizables por los vertebrados), se pronosticaron acertadamente el 60 % de los casos y el 85 % de los puntos con colisión.

Aunque los resultados de estos modelos no sean aplicables indiscriminadamente en los Estudios de Impacto Ambiental debido a variaciones en los parámetros según ámbitos geográficos, el hecho de que se puedan elaborar modelos de predicción es importante, puesto que permite identificar las variables más relevantes a distintas escalas espaciales y racionalizar la localización de las medidas correctoras. Igualmente, la existencia de patrones temporales tiene importantes consecuencias para las medidas correctoras. La

experiencia muestra que es frecuente la saturación informativa de los usuarios de las vías en relación con el riesgo de colisión con animales silvestres, siendo más deseable concentrar los períodos de información en los momentos de mayor riesgo a fin de optimizar los resultados.

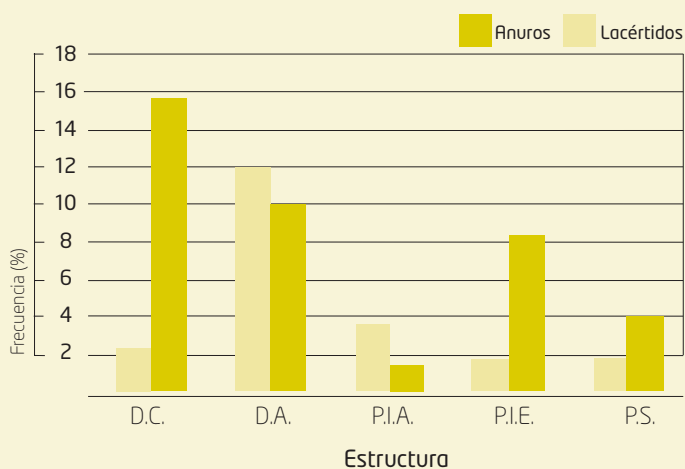
Por otra parte, la correcta ubicación (espacial y temporal) de las medidas correctoras es sólo el primer paso para remediar el problema del efecto barrera sobre los vertebrados. Una adecuada gestión del mismo debe pasar por el mantenimiento y seguimiento de las medidas aplicadas a fin de que se pueda evaluar y maximizar su efectividad. A estos dos aspectos se dedicarán los siguientes apartados.

### 3. El control de la efectividad de las medidas: diferentes sistemas.

Entre las medidas correctoras destinadas a mejorar la permeabilidad transversal de la vía para los vertebrados destacan los pasos específicos para la fauna, estructuras transversales a la vía destinadas a mejorar la permeabilidad de la infraestructura viaria, facilitando la conectividad de las áreas afectadas por el trazado y los movimientos de los vertebrados entre ambos lados (Saunders et al., 1991; Clergeau, 1993; Velasco et al. 1995; Rodríguez et al., 1996). Pero, tal como

han destacado numerosos autores (ver p.e., Yanes et al, 1995; Camby y Maizeret, 1987; Singleton y Lehmkuhl, 1999; Clevenger, 2001; Mata et al., 2003; fig. 1), los animales no sólo utilizan los pasos específicos, sino también otra serie de estructuras transversales (p. ej., drenajes y caminos). Además, las distintas especies o grupos de especies seleccionan diferentes estructuras, de forma que las distintas estructuras transversales resultan complementarias para el conjunto de la comunidad de vertebrados terrestres. En este sentido, la permeabilidad de la vía debe evaluarse globalmente, desde el punto de vista de su efectividad conjunta para el movimiento de los vertebrados, y para ello no sólo han de considerarse aquellas estructuras diseñadas específicamente para la fauna, sino que es necesario controlar el resto de estructuras transversales de tipo funcional, tales como drenajes, puentes o pasos inferiores que restituyen caminos y carreteras locales, dado que estas estructuras también son utilizadas por la fauna.

A la hora de evaluar la efectividad de estas medidas se pueden distinguir tres métodos básicos para el seguimiento de su utilización por la fauna. Las ventajas e inconvenientes de estos tres métodos se resumen en la Tabla 2.



**FIGURA 1**

Utilización diferencial por los anuros y lacértidos de las distintas estructuras de la autovía de las Rías Bajas (A-52). El primer grupo no muestra una selección por ningún tipo de estructura, mientras que el segundo selecciona positivamente los drenajes circulares y las infraestructuras más angostas. D.C., drenaje circular; D.A., drenaje adaptado para fauna; P.I.A., paso inferior amplio; P.I.E., paso inferior específico para fauna; P.S., paso superior. Según Mata et al. (2003).

**TABLA 2**

Principales ventajas e inconvenientes de los métodos de seguimiento de la utilización de los pasos de fauna por vertebrados.

SISTEMA	Huellas	Fotográfico	Videográfico
Ventajas	Sencillez Bajo coste Relativamente fiable.	Identificación de especies con huellas similares Menos trabajo físico Adecuados para ciertos pasos	Similares a las de los fotográficos Comportamiento de las especies
Inconvenientes	Elevado trabajo (30 kg m lineal/día) Problemas de lluvia Falta de precisión en ciertos grupos	Elevado coste Problemas de funcionamiento Vandalismo	Mayor coste Poco desarrolladas

De los tres métodos, el que teóricamente parece más sencillo es el registro de las huellas y señales que los animales dejan en su paso a través de la infraestructura. En climas nórdicos, la superficie de registro suele ser la nieve existente en la embocadura del paso. En climas más atemperados, como el nuestro, se ha utilizado habitualmente la metodología la propuesta por Yanes et al. (1995), consistente en el uso de polvo de mármol (marmolina) como superficie de registro, colocada en bandas de forma transversal al eje mayor de la estructura. Las ventajas de este método han sido enumeradas en el artículo anteriormente citado y básicamente son su sencillez, bajo coste y la calidad de la impresión de las huellas debido a que la marmolina es un polvo muy fino y pesado. No obstante, requiere una identificación adecuada de las huellas y un elevado trabajo al tener que reparar las bandas diariamente. A esto hay que añadir que ciertas especies no pueden diferenciarse por sus huellas (p.ej. los perros de gran tamaño y los lobos) y el problema de la lluvia, que invalida su uso.

El segundo método son los sistemas fotográficos. Estos sistemas generalmente constan de tres elementos fundamentales (Mata, et al., 2003): El primero es el detector de barrera de infrarrojos, constituido por sensores de tipo activo, un emisor de infrarrojos y dos receptores, colocados a ras del suelo para detectar incluso los animales más pequeños. El segundo es la propia cámara fotográfica, en nuestro caso, digital. Por último, el tercero es el controlador encargado de la transmisión de señales desde los sensores a la cámara, que puede ser por cable o por señales de radiofrecuencia.

Aunque los sistemas suelen ser complejos, y su fabricación y montaje suponen un coste elevado, los sistemas fotográficos permiten distinguir especies de huellas similares y teóricamente

pueden estar más tiempo en el campo sin ser revisados. Sin embargo, están siempre sujetos al problema de los hurtos y el vandalismo, y en ocasiones pueden fallar, lo que significa que deben ser controlados frecuentemente. Es importante destacar que las cámaras digitales ofrecen muchas ventajas sobre las analógicas, puesto que almacenan mucha más información y mediante la modificación de los niveles de contraste y luminosidad de la fotografía, permite identificar con una mayor precisión las especies.

Finalmente, están los sistemas videográficos, de similares características al sistema fotográfico con la salvedad de que en este caso utiliza una videocámara y focos de infrarrojos para permitir la grabación nocturna. Estos sistemas, normalmente más complejos que los fotográficos, permiten analizar el comportamiento de los individuos respecto al paso, aspecto que no puede registrarse con los anteriores sistemas.

Un aspecto relevante es que todos estos sistemas no son incompatibles entre si, sino más bien complementarios. Dependiendo de los objetivos concretos del seguimiento, se puede optar por uno u otro, pero en general si se quiere analizar bien el problema de la permeabilidad de los pasos es muy posible que sea necesario utilizar los tres sistemas de forma complementaria.

#### 4. Defectos frecuentes en el diseño y mantenimiento de las medidas correctoras.

A la hora de establecer las medidas correctoras en infraestructuras viarias, tanto el diseño como el mantenimiento ejercen una función clave en la efectividad de las mismas. Por todo ello, es necesario incidir en los errores más habituales, con el afán de que se tengan en cuenta en el

mantenimiento actual de las vías de comunicación, se procure un diseño más cuidado en futuras construcciones y, en definitiva, para que estos defectos se vean reducidos. En lo que respecta al diseño final y mantenimiento, los principales defectos observados se pueden agrupar en la revegetación del entorno de los pasos, los cerramientos y defectos propios en el diseño de los pasos específicos o drenajes adecuados para la fauna.

### Revegetación

La efectividad de las diferentes estructuras transversales a la vía como corredores para el paso de la fauna silvestre viene condicionada, entre otros muchos factores, por el estado de la revegetación de taludes y embocaduras. Sin embargo, las labores de revegetación constituyen en buena parte la gran asignatura pendiente de numerosas autovías españolas. En la Figura 2 se muestra un ejemplo claro de deficiencias en la revegetación tanto en taludes como en embocaduras en un tramo de 92 km de la autovía de las Rías Bajas, en el cual se estudiaron un total de 87 estructuras (Suárez et al., 2002).

### Cerramientos

Al igual que la revegetación, un buen mantenimiento del vallado de aquellas vías que lo requieran resulta esencial a la hora de reducir el número de atropellos y asegurar la efectividad de las estructuras de paso para la fauna. En

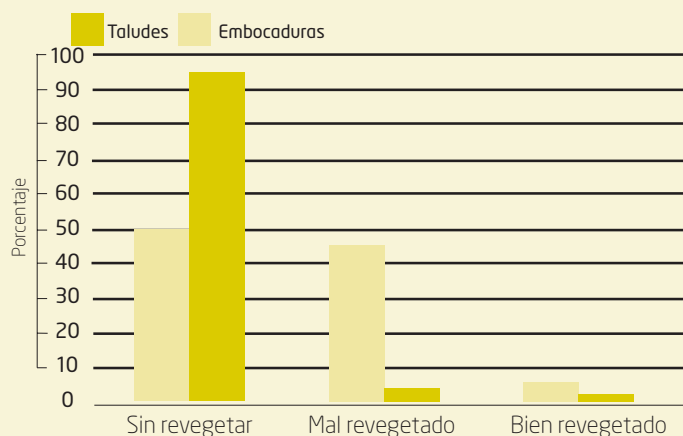
numerosas ocasiones estos cerramientos están deteriorados, de forma que los animales se pueden introducir en la calzada y ser atropellados.

Adicionalmente, existen tres aspectos en los que se observan deficiencias relacionadas con el diseño y el mantenimiento de los cerramientos. El primero de ellos es que las rampas de escape en el vallado son prácticamente inexistentes, siendo necesaria su instalación para evitar atropellos y accidentes. A modo de ejemplo, en las autovías canadienses se instala una cada 2 km.

El segundo es que las incorporaciones y salidas de la autovía pueden facilitar la entrada de los animales por ellas, quedando posteriormente atrapados por el vallado de seguridad. Por ello, se recomienda instalar pasos canadienses en las carreteras de entrada y salida, y prolongar los vallados hasta estos pasos. Finalmente, en las zonas de paso de animales más utilizadas (p.ej., arroyos, pequeñas vaguadas) los animales pueden tender a saltar los vallados o a cruzarlos por gateras. Para reducir esta posibilidad, sería conveniente instalar en estas zonas vallados opacos a la vista del animal, que disminuyen su propensión a saltar a través de la valla, al no ver qué existe detrás de ella.

### Defectos en el diseño de los pasos específicos para la fauna

Una de las acciones orientadas a favorecer el trasiego de los animales consiste en la



**FIGURA 2**

Estado de las labores de revegetación de 87 estructuras de la autovía de las Rías Bajas (A-52) a los cuatro años de su puesta en explotación.

construcción de aceras elevadas en los drenajes, cuya finalidad es la de preservar en el paso una zona siempre seca. En la práctica, sin embargo, son numerosos los ejemplos en los que el diseño adolece de perspectiva, olvidándose completamente del acceso a la embocadura. De hecho, cuando el drenaje lleva agua, las aceras quedan totalmente aisladas (figura 3), por lo que cualquier animal que pretenda alcanzarlas deberá obligatoriamente atravesar una zona inundada más o menos extensa. En definitiva, si se pretende que estas aceras cumplan debidamente su función, es imprescindible dotarlas de una continuidad en el exterior del paso.



Figura 3. El deficiente diseño de las aceras provoca su aislamiento en las ocasiones en que el drenaje lleva algo de agua (drenaje sobredimensionado de la autovía A-231).

Otro de los defectos más frecuentes es el acceso de vehículos. Idealmente, un paso específico debe ser diseñado para que la probabilidad de que pase un animal sea lo más elevada posible, especialmente en el caso de especies recelosas. En este sentido, permitir la facilidad de acceso a los vehículos supone una fuente de molestias que pueden limitar la efectividad del paso. No obstante, en la mayoría de los pasos específicos construidos en las autovías españolas, el acceso queda únicamente restringido mediante señales de tráfico, las cuales frecuentemente no son respetadas por los habitantes de la zona, por lo que sería necesario establecer barreras físicas que impidieran el acceso de los vehículos.

## 5. A modo de conclusión

Los resultados anteriores muestran la integración de las redes de comunicación en el medio ambiente, en lo que respecta a los vertebrados, es un proceso continuo, que arranca de una correcta definición de las zonas donde potencialmente van a cruzar los animales y termina con un mantenimiento de las medidas correctoras para mejorar la permeabilidad y evitar los riesgos de atropello, y pasando por el establecimiento de medidas correctoras y el control de su efectividad. Todo este proceso debe de estar coordinado, para evitar que la ausencia o el descuido de cualquiera de estos pasos dé lugar a la pérdida de eficacia en el conjunto del mismo. Y no debe olvidarse que la articulación de las medidas correctoras para la fauna silvestre es un proceso económicamente costoso, que requiere una notable inversión que puede no rentabilizarse si no se contempla en su conjunto.

## 6. Agradecimientos

Parte de los resultados que se presentan en este trabajo son fruto de dos convenios, uno establecido entre el CEDEX y el Dpto. de Ecología de la UAM, financiado por el MMA, y otro entre la Junta de Castilla y León y el Dpto. de Ecología de la UAM.

## Bibliografía

- > Alexander, S.M. y Waters, N.M. (2000). The effects of highway transportation corridors on wildlife: a case study of Banff National Park. *Transportation Research Part C- Emerging Technologies*, 8: 307-320.
- > Allen, R.E. y McCullough, D.R. (1976). Deer-car accidents in Southern Michigan. *Journal of Wildlife Management* 40: 317-325.
- > Ballon, P. (1985). Bilan technique des aménagements réalisés en France pour réduire les impacts des grandes infrastructures linéaires sur les ongulés gibiers. 17e Congres de L'Union Internationale Des Biologistes Du Gibier. 1985. Francia. pp. 679-689.
- > Bascompté, J. y Solé, R.V. (1996). Habitat Fragmentation and Extinction Thresholds in Spatially Explicit Models. *Journal of Animal Ecology*, 65: 465-473.
- > Bashore, T.L.; Tzilkowski, W.T. y Bellis, E.D. (1985). Analysis of deer-vehicle collisions sites in Pennsylvania. *Journal of Wildlife Management* 49: 769-774.
- > Camby, A. y Maizeret, C. (1987). Perméabilité des routes et autoroutes vis-à-vis des mammifères carnivores: exemple des études menées dans les landes de Gascogne. *Routes et Faune Sauvage*. 5-7 junio, 1985. Strasbourg. pp.173-181.
- > Clergeau, Ph. (1993). Utilisation des concepts de fécondité du paysage pour l'élaboration d'un nouveau type de passage a faune. *Gibier et Faune Sauvage*, 10: 47-57.
- > Clevenger, A.P.; Churszcz, B. y Gunson, K.E. (2001). Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology*, 38: 1340-1349.
- > Clevenger, A.P., Churszcz, B. y Gunson, K.E. (2003). Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, 109: 15-26.
- > del Frate, G.G. y Spraker, T.H. (1991). Moose vehicle interactions and an associated public awareness program on the Kenai Peninsula, Alaska. *Alces* 27: 1-7.
- > Fahrig, L. (2002). Effect of Habitat Fragmentation on the Extinction Threshold: A synthesis. *Ecological Applications*, 12: 346-353.
- > Forman, R.T.T. y Alexander, L.E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-231.
- > Haila, Y. (2002). A Conceptual Genealogy of Fragmentation Research: From Island biogeography to Landscape Ecology. *Ecological Applications*, 12: 321-334.
- > Hubbard, M.W.; Danielson, B.J. y Schmitz, R.A. (2000). Factors influencing the location of deer-vehicle accidents in Iowa. *Journal of Wildlife Management* 64: 707-713.
- > Malo, J.E., Suárez, F. y Díaz, A. (2003). Predictive models for the location of animal-car accidents and their applicability to mitigation. *International Conference on Ecology & Transportation (ICOET-03)*. Center for Transportation and the Environment, NC State University, Lake Placid, New York. Estados Unidos.
- > Mata, C., Hervás, I., Herranz, J., Cachón, J., Suárez, F. y Malo, J.E. (2003). Effectiveness of wildlife crossing structures and adapted culverts on a highway in northwest Spain. *Proceedings of the international Conference on Wildlife Ecology and Transportation*, pp. 265-276. Lake Placid, New York.
- > Nielsen, C.K., Anderson, R.G. y Grund, M.D. (2003). Landscape influences on deer-vehicle accident areas in an urban environment. *Journal of Wildlife Management*, 67, 45-51.
- > Oñate, J.J., Pereira, D., Suárez, F., Rodríguez, J.J. y Cachón, J. (2002). Evaluación Ambiental Estratégica: La evaluación ambiental de Políticas, Planes y Programas. Editorial Mundi-Prensa, Madrid.
- > Rodríguez, A., Crema, G. y Delibes, M. (1996). Use of non-wildlife passages across a High Speed Railway by Terrestrial Vertebrates. *Journal of Applied Ecology*, 33: 1527-1540.
- > Saunders, D.A. y Hobbs, R.J. (eds.). (1991). *Nature Conservation 2: the Role of the Corridors*. Surrey, Beatty, Chipping Norton, New South Wales, Australia.
- > Suárez, F., Herranz, J., Hervás, I. y Mata, C. (2002). Investigación conjunta sobre la efectividad de los elementos para el paso de fauna en carreteras (Fase Tercera). CEDEX-MMA. Informe inédito.
- > Velasco, J.M., Yanes, M. y Suárez, F. (1995). El efecto barrera en vertebrados. Medidas correctoras en las vías de comunicación. CEDEX, Madrid.
- > Yanes, M., Velasco, J.M. y Suárez, F. (1995). Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biological Conservation*, 71: 217-222.



3



**Jean Carsignol**  
Ingeniero Ecológico Director de Estudios del Centre d'Équipements de l'Est (Francia)

## JEAN CARSIGNOL

Ingeniero Ecológico

Director de Estudios del Centre d'Équipements de l'Est (Francia)

### La fragmentación de hábitats a causa de las infraestructuras de transporte: Evolución de las medidas adoptadas en Francia.

La fragmentación de hábitats a causa de las infraestructuras es considerada una amenaza para la conservación de la biodiversidad. Frente a esta amenaza, los poderes públicos (Ministerio de Transporte, Ministerio de Ecología) han pasado progresivamente de una política de "gestión de accidentes" (1960-1980) a otra de integración de las "medidas ecológicas" (1980-1990), y hoy la idea de proteger y reactivar corredores ecológicos comienza su andadura.

#### 1. La gestión de accidentes

Fue en 1974 cuando la Oficina Nacional de la Carretera realizó el primer censo nacional de colisiones de vehículos-fauna salvaje de gran tamaño. Se contabilizaron 1.790 colisiones. Una década más tarde, el Ministerio de Fomento realizó un censo a lo largo de tres años (1984-86). Se concluyó que 11.055 animales habían muerto (un 80% de corzos, un 11% de jabalíes y un 9% de ciervos) en el conjunto de la red viaria francesa. Los recuentos llevados a cabo en 1995 en 26 departamentos apuntan a una triplicación del número de colisiones declaradas.

En Francia, las colisiones con la fauna de gran tamaño (corzos, jabalíes, ciervos) son consideradas desde el punto de vista de la seguridad de los usuarios de la carretera pero no como una amenaza para estas especies cinegéticas en plena expansión. Por el contrario, las colisiones con la fauna de pequeño tamaño son difíciles de evaluar. Censos localizados y escasos muestran que la mortalidad en la carretera es generalmente insuficiente para eliminar una población a nivel local (salvo en el caso de los anfibios) y se suma a otras causas de mortalidad. Las rapaces diurnas y nocturnas y los carnívoros son los más amenazados. Las muertes en carretera afectan a un 30-50% de la población y en algunos casos concretos (el castor) pueden ser la primera causa de mortalidad de una población.

Para limitar el número de accidentes, se han propuesto diferentes sistemas anticolidión: reflectores, ultrasonidos, repelentes, alarmas. Su eficacia no está demostrada. Sólo los cerramientos adecuadamente fijados al suelo y mantenidos impiden eficazmente que la fauna de gran tamaño penetre en las áreas de afección. Pero su generalización no es previsible ni deseable salvo a lo largo de la red de autopistas.

#### 2. Los pasos de fauna

Para limitar el efecto barrera agravado por los cerramientos, es necesario crear pasos para la fauna. En Francia, se ha pasado de una política de "pasos para especies cinegéticas" en los años 60 a la de pasos para la fauna en su totalidad. Este enfoque, justificado por razones relativas a la seguridad viaria y al interés cinegético en la fauna de gran tamaño, es hoy un obstáculo para una aproximación global de conservación de la biodiversidad.

Existe una guía técnica y metodológica ("Pasos para la fauna de gran tamaño", SETRA, Ministerio de Medio Ambiente, 1993) que precisa las condiciones para el establecimiento de pasos para fauna de gran tamaño (esencialmente ungulados) y sus características.

En ella se recomienda el establecimiento de pasos a desnivel (mixtos o específicos) cada tramo de 1 a 3 km, allí donde se detecta la presencia de grandes mamíferos sin importar el tamaño de su población. Las características de los pasos deben adaptarse al tamaño de los animales y a las funciones de la estructura: para restablecer el cruce frecuente de los ciervos es necesario un puente ecológico de al menos 25 m de largo pero si el objetivo es solamente asegurar el paso de ciertos ciervos macho (variabilidad genética) bastará con un paso más pequeño (12 m).

Tres generaciones de pasos de fauna se han sucedido conforme avanzaba el estado de los conocimientos y la experiencia adquirida:

- Primera generación (1960-1980): generalmente las estructuras no están adaptadas (características muy reducidas, malos emplazamientos). Su utilización es escasa.
- Segunda generación (1980-1990): Las características responden mejor a las exigencias de la fauna, pero las entradas de los pasos son poco atractivas.
- Tercera generación (1990-2000): Los responsables integran la noción de supervisión y gestión de pasos.

En 1993, un censo nacional de los pasos de fauna contabilizó 125 estructuras. Las  $\frac{3}{4}$  partes de ellas no eran utilizadas por la fauna de gran tamaño a causa de su falta de adaptación a las necesidades (primera y segunda generación).

Un segundo censo nacional está en marcha. El número de pasos construidos es 3 veces mayor y su eficacia ha mejorado (tercera generación).

Las recomendaciones de la guía "Pasos para fauna de gran tamaño" son aplicadas de modo muy desigual. Presentan simplificaciones ventajosas a la hora de enfocar el problema de la fauna de gran tamaño pero no contemplan soluciones técnicas bajo la óptica de la conservación de la biodiversidad en su conjunto. Ésta es una dificultad a la que se espera encontrar solución con la próxima aparición de la guía "Instalaciones para la fauna de pequeño tamaño".

## Eficacia de los pasos

La evaluación de la eficacia de un paso de fauna es difícil y plantea dos problemas:

1) ¿Cuál es el objetivo de un paso de fauna? Es una cuestión delicada, los estudios de impacto no siempre responden a ella. Los pasos de fauna deben asegurar tránsitos cotidianos dentro de un territorio fragmentado que obliga a la fauna a idas y venidas frecuentes entre un lado y otro de la vía; si no es así, el paso está destinado únicamente al cruce ocasional de algunos individuos (desplazamientos ligados a la dispersión de los jóvenes, la conquista de nuevos territorios y la mezcla genética).

2) ¿A partir de qué nivel de frecuencia es eficaz el paso? Para responder a esta cuestión, es preciso clarificar la primera. En determinadas circunstancias, es un éxito que ciertos animales utilicen el paso alguna vez a lo largo del año. En otras situaciones, el objetivo del paso no se alcanza más que si los cruces son cotidianos.

La evaluación es, por tanto, un ejercicio delicado que implica asimismo problemas relativos a las herramientas de seguimiento. Con una trampa para huellas, las marcas recogidas cada semana ¿pertenecen a un solo individuo que se ha apropiado del paso y efectúa idas y venidas frecuentes o bien se trata de varios individuos de la misma especie, lo que evidentemente no tiene la misma trascendencia biológica? El desarrollo reciente de nuevos sistemas de video y de fotovigilancia debe permitir responder a estas cuestiones.

## Pasos: ¿Para qué especies?

Otro de los interrogantes concierne a las especies cuyos desplazamientos se desea restablecer. Habitualmente se trata de ungulados (ciervo, corzo, jabalí). Pero estas especies no están amenazadas (las poblaciones de jabalí y de corzo están en plena expansión) y como especies cinegéticas están colonizando nuevos territorios. No hay por tanto riesgo para ellas. La situación del ciervo es diferente (globalmente los efectivos se mantienen pero la calidad de los hábitats de llanura se deteriora). Se puede uno preguntar entonces si lo que está en juego en términos de conservación de la biodiversidad tiene que ver con especies cinegéticas gestionadas de manera artificial. Algunos biólogos se preguntan si las medidas tomadas para los ungulados son justificables desde el punto de vista de la conservación y la economía. Estos cuestionamientos legítimos deben ser matizados teniendo en cuenta que un paso de fauna eficaz para los ungulados lo es también para el conjunto de la fauna (micromamíferos, carnívoros, tejones, pequeños roedores).

Los pasos, tal como han sido creados para la gran fauna, están por tanto perfectamente justificados y es además la permeabilidad de los territorios que debe ser estudiada para el conjunto de los grupos faunísticos. Conforme a este sistema de

aproximación, las recomendaciones y los métodos establecidos hace 10 años para los ungulados siguen vigentes.

Estos objetivos se amplían conforme al principio de que lo que favorece a los ungulados también favorece al resto de los grupos.

### La frecuencia de paso

La cuestión del número de pasos que deben preverse es igualmente delicada y varía según se trate de especies con un gran radio de acción o de especies menos móviles. Para la fauna pequeña se recomienda una posibilidad de paso cada 300 metros: el proyecto global debe considerar las estructuras agrícolas, forestales o hidráulicas que sean utilizadas por la fauna pequeña. Para la gran fauna en medio boscoso o en sectores con biodiversidad importante, se debe asegurar una posibilidad de paso cada 2 km. Es un objetivo apremiante pero realista, si se tienen en cuenta las estructuras forestales e hidráulicas indispensables y que pueden - gracias a un coste añadido importante - ser transformadas en pasos mixtos (alrededor de +20%). Hace falta, por tanto, utilizar de una manera sistemática las estructuras existentes para que resulten atractivas para la fauna. Esta manera de abordar el problema de la transparencia de las estructuras limita el número de pasos específicos que se han de construir.

### Los espacios excepcionales

Deben ser evitados y representan en Francia alrededor del 10% del territorio. Si por diferentes razones la autovía atraviesa estos territorios de alto valor biológico, han de tomarse medidas excepcionales: secciones cubiertas, viaductos, etc. En espacios ordinarios, se recomienda restablecer sistemáticamente los corredores ecológicos fluviales, los grandes corredores forestales y prever la posibilidad de un paso reservado (paso de fauna específico) cada 10 km., si no existiera justificación demográfica o de elementos naturales de alto valor patrimonial. Esta medida parte del principio de precaución: tiene en cuenta el hecho de que la carretera está perfectamente diseñada para durar y que las personas no pueden predecir cuáles serán las especies que habitarán los territorios atravesados dentro de 10 o 20 años.

### 3. Restablecimiento de los corredores ecológicos.

Las reflexiones actuales en torno a la carretera y la fauna salvaje se orientan hacia la combinación de diversas acciones complementarias (información a los automovilistas, reducción de velocidad, gestión de las poblaciones de ungulados) con objeto de reducir las colisiones. En cuanto a los corredores ecológicos, existen políticas diversificadas de conservación y de restauración comprometidas a diferentes escalas territoriales (departamental, regional, estatal). Constituyen la base de la toma de conciencia global respecto a la conservación y la conectividad de hábitats. Al mismo tiempo están comenzando a desarrollarse las grandes estructuras de cuarta generación: viaductos o zanjas cubiertas a lo largo de centenares de metros según técnicas mejor adaptadas a la especificidad de las estructuras para la fauna.

14



**Francisco Villalba Cabello**  
Director de Analistas Económicos de Andalucía

## **FRANCISCO VILLALBA CABELLO** Director de Analistas Económicos de Andalucía

### **\_Las Infraestructuras Viarias y el Desarrollo Económico Sostenible. El Caso de Andalucía**

A pesar de que es tradicionalmente admitida la influencia de las infraestructuras en la economía de los territorios, no suele ser tan tradicional debatir sobre las causas y la intensidad de estas influencias. En este sentido la primera reflexión que deberíamos plantearnos es si realmente el nivel de las infraestructuras de un territorio es tan determinante de su desarrollo, y si así fuera cuales son los efectos de las infraestructuras, sobre su competitividad.

En nuestros tiempos la noción clásica de competitividad, basada en las ventajas comparativas entre empresas hay que ponerla en cuestión. Efectivamente, esta noción clásica de competitividad, con la implantación de lo que se ha dado en llamar economía globalizada y con la implantación del Mercado Único y las correspondientes libertades de circulación, ocurre que con cada vez con más intensidad el concepto histórico de competitividad se desplaza hacia el concepto de competitividad entre los espacios físicos que sirven de soporte a la actividad económica y social, es decir, la competitividad entre territorios.

Una segunda reflexión sería considerar los efectos territoriales de las infraestructuras. Las infraestructuras constituyen parte de los elementos que definen la oferta en cada área, junto con otros factores de carácter público y privado moduladores de la producción, como son la situación geográfica, la estructura productiva, la cantidad y calidad del capital humano, el nivel de equipamientos sociales y el marco global social y económico.

La importancia de las infraestructuras en el contexto del desarrollo local radica en el hecho de ser básicamente el principal recurso público directamente modificable por la acción de gobierno. La inversión en infraestructura se convierte así en la principal vía de que dispone el

poder regional para promover el incremento de renta, empleo y productividad de la comunidad, y constituye un elemento clave de la política económica para incrementar el potencial de desarrollo de los territorios. Su insuficiencia determinaría estrangulamientos en el desarrollo, que tendrían que ser detectados para proceder a la mejora o incremento de la dotación correspondiente.

Los cuatro considerandos citados anteriormente:

- infraestructuras
- situación geográfica
- el capital humano
- la estructura sectorial

Representarían la capacidad productiva principal de una comunidad. Sin embargo, para su explotación real son necesarios, además, los factores de producción tradicionales, como el capital y el trabajo.

Por tanto, para el pleno desarrollo hace falta la conjunción óptima de los factores público y privados; los primeros son limitativos del desarrollo, los segundos son necesarios para aproximar la situación real a la potencial. Así pues, si una comunidad con suficiente dotación de las cuatro categorías citadas de recursos públicos, no tiene recursos privados, capital y trabajo, en la cuantía necesaria, su nivel real de renta y empleo será siempre inferior al potencial. Sin embargo, estos recursos gozan de suficiente movilidad como para acudir a dicho territorio si existiera atractivo suficiente.

Una tercera sería analizar cual es el impacto sobre la actividad económica de una misma inversión en infraestructura, ya que esta alcanza magnitudes distintas según el nivel de desarrollo económico y el stock de infraestructuras preexistentes, mostrándose más débil en el caso de un mayor nivel de desarrollo. En nuestro caso,

Andalucía en general, tanto por el nivel de desarrollo como por el nivel de dotación de infraestructuras, todavía existe un amplio margen para que las tasas de retorno asociadas a una inversión en infraestructuras alcancen valores altamente significativos.

Por otro lado, se analiza con profusión los efectos de las inversiones, pero poco se habla del "coste de la no inversión". Pues bien, según los datos de la Cátedra de Transportes de la Escuela de Ingenieros de Madrid, el coste de dejar de invertir implica un coste social equivalente al 30% del valor de lo que no se invierte, y ello sin considerar el "efecto multiplicador", que en el sector de las infraestructuras del transporte alcanza un valor próximo a 200.

Con estos planteamientos previos podemos afirmar que las infraestructuras y las comunicaciones presentan una serie de características que las convierten en un instrumento indispensable de las políticas públicas desarrollo, básicamente por las siguientes razones: Su disposición, configurando ejes y redes que cubren el territorio, permite organizar las relaciones económicas, sociales, políticas y culturales entre distintos espacios. En este sentido, las infraestructuras posibilitan un mejor aprovechamiento de los potenciales de desarrollo de cada territorio.

- Su permanencia temporal las convierte en un capital social fijo que, tras una inversión inicial, posibilita durante largos periodos la realización de numerosas actividades económicas y sociales, por lo que dan lugar a economías externas a los tejidos productivos de los territorios en que se implantan.
- Su uso colectivo les da el carácter de capital social acumulable, por lo que tienen un importante efecto impulsor de los procesos de innovación y modernización, generando una mayor diversificación de la estructura productiva y mejorando de la calidad de vida.
- Su desarrollo posibilita una mayor apertura e integración de la economía en contextos más amplios, lo que puede contribuir a incrementar el ritmo de crecimiento económico.
- Son unos de los instrumentos más adecuados

para corregir los desequilibrios dentro de un territorio, por sus efectos difusores de la modernización económica e innovación tecnológica.

Cualquier economía mínimamente desarrollada necesita asegurar una adecuada movilidad y accesibilidad, tanto desde el lado del consumo como de la producción, y tanto de las mercancías como de las personas relacionadas con el proceso productivo. La infraestructura de transporte que permite lo anterior, es uno de los principales impulsores del crecimiento de la renta, productividad de un área. Un área bien comunicada se constituye como una unidad de mercado mayor, factor que contribuye de un modo decisivo a la atracción de actividad económica.

## EFECTOS SOCIOECONÓMICOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

Por tanto, la dotación de capital público es uno de los condicionantes del crecimiento económico de las regiones. El disponer de unas redes adecuadas de carreteras, autopistas, autovías, puertos, aeropuertos, sistemas de saneamiento y depuración de aguas, es sin duda un requisito imprescindible para que una economía moderna pueda satisfacer las demandas sociales. En este sentido desde un punto de vista académico, la discusión no se sitúa en este punto, sino en el grado en que la dotación de capital público explica el desarrollo económico, y en consecuencia, en que papel cabe atribuir a la inversión en infraestructuras dentro de una política activa de desarrollo regional. La evidencia empírica a este respecto es tanto por el análisis de casos como por estimaciones econométricas de carácter agregado.

La consideración más extendida es que los bienes de capital público afectan positivamente de forma directa e indirecta a la actividad productiva. De forma directa como input intermedio en el proceso productivo, e indirectamente como bien público que mejora la eficiencia de los factores privados e influye en las decisiones de localización de las empresas: además debe tenerse presente que ciertos servicios derivados del uso del capital público son utilizados directamente como bienes

finales. En definitiva, cabe esperar que entre los componentes del capital público la relación sea más estrecha y significativa en aquellos que intervienen en el proceso de producción, quedando en segundo término los relacionados con el bienestar.

Por otro lado, en la incidencia del sector transportes sobre el conjunto de la economía regional existen un conjunto de efectos producidos por la construcción de los sistemas de transportes y comunicaciones y por su utilización. La construcción de nuevas infraestructuras de transportes y comunicaciones tiene unos efectos directos muy importantes sobre la producción y el empleo, debido al importante peso del sector construcción en general y de las obras públicas en la estructura económica andaluza. En concreto, el sector construcción significa en torno al 10 por ciento del valor añadido bruto y del empleo regional, y en los últimos años tiene una participación en el conjunto nacional superior a la que le correspondería teóricamente en función de la población o superficie regional (17%).

La construcción de infraestructuras tiene además efectos de arrastre sobre otros sectores económicos de Andalucía. En concreto, existen una serie de ramos de actividad intensivos en empleo y con una localización relativamente dispersa en la región que actúan como suministradores de materias primas al sector de construcción de infraestructuras. También las industrias vinculadas a la fabricación de componentes y material de transporte constituyen uno de los sectores estratégicos de la economía regional entre las que destacan, fundamentalmente, las industrias auxiliares del automóvil, la industria aeronáutica y la de construcción naval. En determinados casos, estos sectores pueden tener una relación directa con la utilización de determinadas infraestructuras, como sucede con las instalaciones portuarias o el transporte aéreo.

Así pues, la creación de nuevas infraestructuras es también un elemento motor de otros ramos de actividad que se benefician de la mejora de la accesibilidad resultante. Es preciso destacar la influencia que en las últimas décadas han tenido las infraestructuras portuarias y las principales carreteras en el desarrollo de las concentraciones

industriales, así como la de los aeropuertos en la expansión del turismo de masas.

### Transporte y economía

En la actualidad, una de las principales preocupaciones en torno a la mejora en la dotación de infraestructuras se centra en la mejora del bienestar, y en las implicaciones espaciales del transporte, sobre todo en relación a la localización de las actividades productivas. Los métodos de medición han mejorado notablemente en los últimos tiempos, y un gran avance en lo que se refiere a técnicas cuantitativas para el análisis de los transportes, muy utilizado en los estudios de inversiones en infraestructuras, ha sido el Análisis Coste-Beneficio (ACB), que consiste fundamentalmente en estimar todos los costes y beneficios sociales asociados a la construcción de una infraestructura de transporte, como medida del bienestar social.

La mayoría de los desarrollos teóricos sugieren que uno de los principales mecanismos por el que los cambios en los transportes tienen efectos sobre la economía es la variación en los costes de la movilidad. Por ejemplo, los empresarios pueden trasladar a los consumidores los beneficios de unos menores costes de producción en forma de precios más bajos, o pueden implementar mejoras adicionales de la eficiencia por reorganización o distribución de la producción. También puede verse beneficiada la economía de menores costes de transporte que ayuden a estimular la movilidad de los trabajadores, u originen una mayor competencia entre empresas. De hecho, la disponibilidad de mano de obra (Stafford, 1983) es uno de los principales factores para la localización de las empresas, influyendo las redes de transporte en las decisiones de localización de los trabajadores.

Otro aspecto relacionado con las infraestructuras de transporte, es el que hace referencia a la influencia de una mejora en éstas sobre el mercado de trabajo o el de vivienda, y sobre todo sobre los salarios o precios. En este caso, las decisiones de localización del trabajo o la vivienda afectarán a las decisiones de producción, debido a que las empresas están sujetas a la disponibilidad de la mano de obra. La mejora de las infraestructuras reducirá los tiempos de viaje,

lo que redundará en una mejora de la productividad, que ocasionará costes laborales más bajos, provocando un incremento del empleo. Sin embargo, el efecto sobre los salarios puede ser ambiguo, dependiendo de las características de los trabajadores y la actividad que desarrollan, ya que mientras la mayor competencia entre trabajadores, por una mayor disposición a la movilidad dada la mejora de los transportes, puede provocar descensos en los salarios, el hecho de que éstos puedan desplazarse con más facilidad a otras regiones puede tener un efecto alcista sobre los salarios, al intentar las empresas mantener sus trabajadores. Por tanto, el efecto final dependerá de las características específicas de cada región.

Finalmente, cabe hablar de los efectos aglomeración como uno de los aspectos a analizar por su influencia en el desarrollo espacial de la economía. Los estudios sobre efectos aglomeración se centran fundamentalmente en los factores que pueden determinar una concentración de la industria en determinadas localizaciones. Los efectos de una mejora en los transportes pueden verse a través de sus consecuencias espaciales o regionales, y se observa como ésta puede provocar tanto incrementos como reducciones de las desigualdades regionales, teniendo en cuenta la situación inicial de la que parten las regiones en cuanto a costes de transporte se refiere y sus características específicas.

## LA A-92 Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DE ANDALUCÍA

En Andalucía, la construcción de la autovía A-92 (Sevilla-Granada-Almería) y de su Ramal Norte, hacia el límite con la provincia de Murcia, ha supuesto un importante avance en la dotación de infraestructuras de transporte por carretera, mejorando tanto las conexiones internas como externas. Con ésta se facilitan las conexiones con los ejes Atlántico y Mediterráneo, representando un itinerario alternativo al de Madrid para las comunicaciones con Europa, al tiempo que se constituye en uno de los principales ejes vertebradores de la región. Por esos motivos, la puesta en funcionamiento de una infraestructura de estas características contribuye positivamente a cumplir dos grandes prioridades de la política

territorial, como son la integración territorial en la Unión Europea, y la articulación de los distintos ámbitos en la propia región andaluza, intentando resolver también el aislamiento de los focos de dinamismo de la región.

Constituye un eje transversal que facilita las conexiones este-oeste dentro de la Comunidad Autónoma andaluza, y que complementa al eje litoral, proporcionando una mayor coherencia interna dentro del territorio, y tiene fundamentalmente un carácter regional. No obstante, hay que tener en cuenta las ventajas que supone en lo que respecta a la reducción de los tiempos de acceso a las autovías y autopistas del resto de España, especialmente las del Levante español, que conectan con Europa, y de la Meseta Central. De este modo, los beneficios socioeconómicos de la A-92 no sólo repercuten en los usuarios habituales de la autovía, sino que se trasladan, en mayor o menor medida, al conjunto de la sociedad. Los distintos análisis incluidos en esta ponencia, son el resultado de diversas investigaciones realizadas por los firmantes para Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A. Empresa Pública de la Junta de Andalucía.

## Efectos de la A-92 sobre la accesibilidad y el potencial económico

Dentro del campo de la economía regional, se presta especial atención al grado de periféricidad de las distintas áreas o regiones con respecto a los centros de actividad económica. Esto es debido a que la periféricidad de una determinada zona afecta de forma determinante a su capacidad de desarrollo, y supone un elemento que limita el acceso a la zona de las actividades económicas y un mayor coste en las relaciones de intercambio. En este sentido, mientras mayor sea la dotación de infraestructuras de transporte, tanto en cantidad como en calidad, mayor será el nivel de accesibilidad a los centros de actividad económica y, por tanto, menor el nivel de periféricidad.

El concepto de accesibilidad hace referencia a las oportunidades disponibles tanto para los individuos como para las empresas para alcanzar otros lugares donde realizar sus actividades. En el caso de los individuos se refiere a las posibilidades de trasladarse de un lugar a otro por motivo trabajo, educación, ocio, etc., mientras que

en el caso de las empresas sería la posibilidad de acceder a sus fuentes de inputs como a los mercados donde colocar sus producciones. En este contexto, la aplicación de indicadores de accesibilidad se ha mostrado como un instrumento muy útil de investigación y planificación con respecto a las infraestructuras de transporte regionales. Así, la accesibilidad potencial de un nodo  $i$  situado dentro del área de estudio, refleja la atracción que dicho nodo ejerce sobre cada uno de los demás nodos de la red.

En el caso concreto de la A-92, es evidente la relación de dicha infraestructura con el mayor nivel de accesibilidad intrarregional y, por tanto, con la mayor vertebración del territorio andaluz. De igual modo, el nivel de accesibilidad de una determinada zona está muy ligado a su desarrollo económico, ya que las infraestructuras de transporte suponen un elemento fundamental para alcanzar una mayor integración del sistema económico y facilitar las transacciones dentro de un determinado espacio geográfico.

Para el estudio de los niveles de accesibilidad se han desarrollado una serie de índices, que son indicadores que reflejan la interconexión a través de un determinado modo de transporte entre un área y el resto de áreas de referencia. Obviamente, la accesibilidad no sólo va a estar condicionada por la dotación de infraestructuras de transporte existentes, sino que también va a verse influida por la situación geográfica de las diferentes áreas. Por este motivo, dependiendo del estudio a realizar, se pueden calcular índices que miden el nivel de accesibilidad en términos absolutos, como índices que miden la accesibilidad en términos relativos, eliminando el efecto causado por la situación geográfica de las áreas objeto de estudio.

A la hora de calcular los índices de accesibilidad es necesario disponer de una medida de la importancia de las diferentes áreas. Dichas medidas pueden basarse en el nivel de producción, nivel de empleo o población. Obviamente, en el caso en que estemos comparando áreas con un mismo nivel económico, los

resultados serán los mismos independientemente del indicador que usemos. Sin embargo, aunque existan diferencias entre las distintas áreas, los

diferentes análisis realizados ponen en evidencia que los resultados en términos de accesibilidad apenas experimentan variación.

El indicador de accesibilidad absoluta trata de calcular el promedio de las impedancias o costes de transporte que separan a cada nodo con respecto a los diferentes centros de actividad económica a través de la red de comunicaciones existente, por el trayecto de mínima impedancia, utilizando las variables anteriores como factor de ponderación. En este caso el indicador sería:

$$AA_i = \frac{\sum_j C_{ij} P_j}{\sum_j P_j}$$

donde  $AA_i$  es el nivel de accesibilidad absoluta del nodo  $i$ ,  $C_{ij}$  es una medida de la impedancia entre  $i$  y  $j$  y  $P_j$  es una medida de la masa (población, empleo, ...) del nodo  $j$ . Por tanto, este indicador nos proporciona una media ponderada de las impedancias con respecto a los distintos nodos. Como podemos observar, los niveles de accesibilidad así obtenidos están muy influidos por la dotación de infraestructuras existentes, pero también por la localización geográfica de los diferentes nodos en función de su masa. Mientras mayor sea el valor que se obtiene de este indicador, mayores son los costes de acceso a las áreas de actividad económica y, por tanto, menor será el nivel de accesibilidad del nodo correspondiente.

En la literatura se han propuesto otros índices en términos relativos con el objeto de evitar los efectos de la localización geográfica en los resultados y comparar directamente diferentes nodos en función de la dotación relativa de sus infraestructuras. En ese caso el indicador del nivel de accesibilidad en términos relativos sería el siguiente:

$$AA_i = \frac{\sum_j C_{ij} P_j}{\sum_j CM_{ij} P_j}$$

donde  $CM_{ij}$  sería la impedancia mínima ideal entre el nodo  $i$  y el nodo  $j$ , es decir, la impedancia que existiría considerando la existencia de la mejor infraestructura posible. De este modo, para cada relación se calcula el cociente  $C_{ij}/CM_{ij}$ , que tenderá a 1 cuando la impedancia real se acerque a la ideal, pero que irá aumentando a medida que la primera

se aleje de la segunda. En el caso de las carreteras, la impedancia real entre el nodo de origen y el centro de actividad de destino es la que se obtendría en línea recta en una infraestructura de gran calidad. Mientras mayor sea el valor que se obtiene menor será la dotación de infraestructuras del nodo correspondiente, aunque dicha medida no tiene relación con su nivel de accesibilidad real, que se va a ver afectado de forma significativa por su posición geográfica en relación a los nodos que muestran una mayor masa. Así, nos podemos encontrar con el caso de un nodo que tenga una dotación de infraestructuras muy reducida pero que su situación esté geográficamente muy cercana a los principales nodos, en términos de su masa, y mostrará un indicador de accesibilidad absoluta elevada. Lo contrario puede ocurrir en el caso de un nodo muy alejado de los principales nodos en términos de actividad económica, que mostrará un indicador de accesibilidad absoluta relativamente reducido, aunque cuente con una dotación de infraestructuras elevada.

Por tanto, la diferencia entre ambos indicadores viene dada por el papel que juega la localización geográfica. Mientras que la primera medida, accesibilidad absoluta, muestra los niveles de accesibilidad reales existentes, en función de la situación geográfica y de la dotación de infraestructuras, los indicadores de accesibilidad relativa únicamente tienen utilidad cuando queremos comparar el nivel de dotación de infraestructuras de dos nodos diferentes. Es decir, los indicadores de accesibilidad relativos se utilizan para tomar decisiones en relación a la inversión en nuevas infraestructuras de transporte, ya que permiten comparar directamente dos nodos en términos de su dotación de infraestructuras eliminando los efectos de su diferente localización geográfica. Sin embargo, en nuestro caso el interés reside en estudiar los efectos de la construcción de la A-92 sobre los niveles de accesibilidad reales. Por tanto, el indicador correcto a usar en este caso es el correspondiente a la accesibilidad absoluta. En nuestro caso, a efectos prácticos, usaremos el siguiente indicador de accesibilidad, y cuanto mayor sea su valor, mayor será el nivel de accesibilidad:

$$AA_i = \frac{\sum_j P_j}{\sum_j C_{ij} P_j} * 1000$$

Los resultados obtenidos usando como indicador de la masa para el cálculo de los índices de accesibilidad el nivel de empleo correspondiente al año 2000 son muy similares a los obtenidos utilizando como indicador de masa la población, aunque existen algunas diferencias debido a los distintos niveles de empleo existentes en las diferentes provincias españolas, en un análisis regional. Málaga resulta ser la provincia más beneficiada, aumentando su nivel de accesibilidad en un 6,47 por ciento como consecuencia de la construcción de la A-92. En segundo lugar, se sitúa Granada, con un aumento del 5,1 por ciento, y posteriormente Almería, con un aumento del 4,08 por ciento. Sevilla, Huelva y Cádiz muestran menores incrementos en sus niveles de accesibilidad, aunque también positivos. En el resto de provincias españolas, fuera de Andalucía, los porcentajes de variación son inferiores al 1 por ciento, exceptuando Alicante y Murcia. Asimismo, Castellón y Valencia experimentan incluso variaciones algo superiores a las de la provincia de Córdoba.

Desde el punto de vista intrarregional, y considerando al empleo como indicador de masa de cada una de las comarcas, se observa que las comarcas más beneficiadas por la construcción de la A-92 son Vélez-Rubio (Almería), Baza (Granada), Huércal-Overa (Almería), Guadix (Granada) y Granada, con incrementos superiores al 20 por ciento. En torno al 20 por ciento, se encuentran Almería, Albox (Almería), Olula del Río (Almería) y Loja (Granada), y por encima del 15 por ciento, en general, las comarcas de la provincia de Sevilla, excepto Ecija y Utrera, Puente Genil, en Córdoba, y Antequera, en Málaga.

### Potencial económico

Una vez analizados los efectos de la construcción de la A-92 sobre la accesibilidad, la siguiente etapa consistiría en relacionar dichos cambios en la accesibilidad con el potencial de desarrollo económico. El índice de accesibilidad en términos del mercado potencial es una medida derivada por Hansen (1957), donde menores y más distantes mercados ofrecen un menor potencial. Teniendo en cuenta este elemento entre un área i y el resto de áreas j, se obtiene el valor potencial para dicha área. Mientras menores sean los costes de transporte en relación a cada una de las masas

de las restantes zonas, mayor es el nivel de accesibilidad y mayor es el mercado potencial de la zona de referencia. La forma de este índice es:

$$MP_i = \sum_j \frac{P_j}{C_{ij}^\alpha}$$

donde  $MP_i$  es el mercado potencial de la zona  $i$ ,  $P_j$  es una medida de la masa o del mercado potencial de la zona  $j$ ,  $C_{ij}$  es una medida de la impedancia o coste de transporte entre  $i$  y  $j$ , y  $\alpha$  es una constante.

Centrándonos en los índices de potencial económico en términos de empleo, obtenemos que la provincia más beneficiada por la construcción de la A-92 es Málaga, con un aumento de su potencial económico del 9,19 por ciento, seguida por la provincia de Granada, con un aumento del 8,93 por ciento. A continuación, la siguiente provincia más beneficiada es Almería, con un aumento de su potencial económico del 5,98 por ciento, seguida de la provincia de Sevilla, con el 4,68 por ciento. En el resto de provincias andaluzas, los efectos son más reducidos. Por otra parte, nos encontramos con dos provincias del resto de España que también experimentan incrementos significativos de su potencial económico como consecuencia de la construcción de la A-92 (Murcia y Alicante). En el resto de provincias, como era de esperar, los porcentajes de crecimiento de su potencial económico son muy reducidos. Por tanto, se observa, como ya vimos anteriormente en el análisis de accesibilidad, que principalmente se produce un incremento del potencial económico en el litoral mediterráneo, muy favorecido por esta infraestructura que supone una alternativa al acceso de la región por Madrid.

Desde un punto de vista estrictamente regional, se observa que, fundamentalmente, las comarcas más favorecidas por la construcción de la A-92 son las de Almería, exceptuando Adra y El Ejido, Granada, a excepción de Motril, y Sevilla, excepto la comarca de Utrera, aunque en este último caso los incrementos son algo menores. El resto de comarcas, si bien registran variaciones positivas, en algunos casos bastante significativas, no experimentan efectos tan importantes como las primeras.

## Efectos de la A-92 sobre el crecimiento económico

El análisis de accesibilidad resulta de gran utilidad, por cuanto es posible obtener una medida de los efectos que ha supuesto la construcción de esta autovía sobre la accesibilidad intrarregional y obtener una medida del incremento en el potencial económico de cada área. Sin embargo, dichos efectos son potenciales, que si bien tienen interés por sí mismos, a partir de ellos no es posible obtener una medida directa del efecto que ha supuesto la construcción de la A-92 sobre el crecimiento económico regional. Por tanto, también resulta importante centrarnos en los efectos de la construcción de la A-92 sobre los intercambios comerciales y sobre el nivel de empleo, como medidas de los efectos económicos que se han generado sobre el conjunto productivo regional por la construcción de esta infraestructura de transporte. El objetivo último es estimar en qué medida la construcción de la A-92 ha contribuido al crecimiento económico de la región.

Los diferentes desarrollos teóricos a nivel regional, muestran que la construcción de una infraestructura de transporte en una determinada área puede tener efectos económicos tanto positivos como negativos para dicha área, en términos de cambios en su nivel de producción, debido a su vez a las alteraciones que se generan en el nivel de competencia. La idea es simple: la mejora en las infraestructuras de transporte reduce el coste de transporte, por lo que incrementa las posibilidades de acceso a mercados del exterior, pero por el contrario, las empresas del exterior también aumentan sus posibilidades de acceso a dicha área. El efecto final dependerá de cómo influya la construcción de dicha autovía en los costes de transporte de las empresas del área y en las empresas del exterior. En cualquier caso, estos modelos teóricos muestran que dicho efecto puede ser ambiguo. No obstante, hemos de tener en cuenta que la infraestructura considerada en nuestro caso tiene un marcado carácter de conexión intrarregional, por lo que sus efectos pueden ser diferentes.

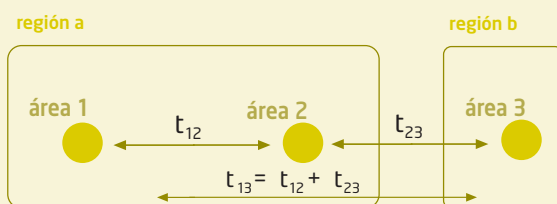
## Modelo de comercio intraindustrial

Para analizar dichos efectos hemos desarrollado un modelo de comercio intraindustrial, que nos

permitirá identificar los efectos de dicha infraestructura de transporte, tanto sobre las empresas de la región como sobre las empresas del exterior, y delimitar el signo del efecto de la construcción de la A-92 sobre el sector productivo andaluz. Para ello hemos supuesto la existencia de dos regiones y tres áreas de mercado. Las áreas 1 y 2 pertenecen a la región objeto de análisis (por ejemplo, Andalucía), mientras que el área 3 pertenece a una región del exterior (el resto de España). Por ejemplo, el área 1 podría ser Sevilla, el área 2 Granada, ambas pertenecientes a Andalucía, y el área 3 podría ser Murcia.

Suponemos la existencia de dos empresas, que están enclavadas en el área 1 y el área 3. Es decir, una empresa pertenece a la región A y otra a la región del exterior, región B. Ambas empresas producen un bien homogéneo y compiten en cada una de las distintas áreas. En la determinación de la función de beneficios de las empresas suponemos la existencia de un coste de transporte, coste que está relacionado con el tipo de infraestructura existente. Así,  $t_{12}$  será el coste de transporte entre el área 1 y el área 2,  $t_{23}$  es el coste de transporte entre el área 3 y el área 2 y  $t_{13}$  es la suma de los dos costes anteriores, representando el coste total de transportar la mercancía entre las áreas 1 y 3.

#### Estructura del modelo



Los costes de transporte suponen un coste de producción más y, por tanto, afectan positivamente a los precios y negativamente a las cantidades de producción. Por tanto, de las expresiones del modelo deducimos que una disminución en los costes de transporte supondrá una disminución en los precios del bien y un aumento en el nivel de producción. La cuestión que queremos responder es cómo dicho aumento de la producción se divide entre ambas empresas.

A partir del modelo, se observa que los costes de transporte afectan positivamente a los precios del bien, como era de esperar. Cuanto mayores

sean los costes de transporte, mayores serán los precios, por lo que una mejora en las infraestructuras de transporte, provocará una disminución en el nivel de precios, con el consiguiente beneficio para los consumidores y el correspondiente aumento en la demanda del bien, que se traducirá en un aumento de la producción. A su vez, los beneficios de las empresas se ven afectados por los costes de transporte.

En nuestro modelo, la mejora en la infraestructura de transporte regional, va a suponer una disminución en los costes de transporte entre el área 1 y el área 2, mientras que el coste de transporte entre el área 2 y el área 3 permanece constante. Hemos de observar, que la disminución del coste de transporte entre las áreas 1 y 2, también supone una disminución del coste de transporte entre las áreas 1 y 3. Este sería el caso de la construcción de la A-92, que supone una disminución en los costes de transporte para los trayectos que utilicen dicha infraestructura.

A partir del modelo se obtiene que una disminución en el coste de transporte entre las áreas 1 y 2 aumenta la producción de la empresa 1, mientras que la de la empresa 3 no se ve afectada. Como puede apreciarse, la única empresa beneficiada es la empresa que pertenece a la región en la cual se produce la mejora en las infraestructuras de transporte. La explicación de este resultado, que a priori parece sorprendente, es la siguiente. La disminución en los costes de transporte entre las áreas 1 y 2, supone una ventaja para la empresa 1 a la hora de vender sus bienes tanto en el área 2 como en el área 3, aumentando la producción destinada a dichas áreas. Sin embargo, para la empresa 3, los costes de transporte hacia el área 2 no cambian, por lo que pierde cuota de mercado en el área 2 a favor de la empresa 1. Por otra parte, la mejora en la infraestructura de transporte regional supone que la empresa 3 aumenta su volumen de ventas en el área 1. El resultado es que se produce un aumento de la producción de la empresa 1, ya que aumenta sus ventas en las áreas 2 y 3, mientras que la empresa 3 disminuye sus ventas en el área 2 aunque las aumenta en el área 1, por lo que su producción total no se ve afectada.

En términos de los beneficios de las empresas,

obtenemos que el cambio que se produce en los beneficios de la empresa 1 puede ser tanto negativo como positivo, dependiendo del nivel de los costes de transporte. No obstante, en la mayoría de los casos dicha expresión va a ser negativa, dado que los costes de transporte representan un porcentaje no muy elevado de los costes totales de producción. Por tanto, podemos concluir que una disminución de los costes de transporte entre las áreas 1 y 2 supone un aumento de los beneficios de la empresa de la región A. Por el contrario, la expresión que obtenemos para los beneficios de la empresa 3 es positiva, indicando que la mejora en los costes de transporte en la región A supone una disminución de los beneficios para la empresa de la región B. Este resultado es lógico, ya que mientras que la mejora en el transporte provoca una disminución en el precio del bien, la producción de la empresa 3 no varía, por lo que se produce una disminución en su nivel de beneficios. Por tanto, también en términos de beneficios obtenemos que la mejora en los costes de transporte en la región A beneficia a la empresa de dicha región y perjudica a la empresa del exterior.

Finalmente, en cuanto al bienestar se refiere, excepto en los casos en los que los costes de transporte sean muy elevados, el bienestar social en la región A mejora como consecuencia de la reducción en los costes de transporte entre las áreas 1 y 2. El mismo efecto tenemos para la región B. No obstante, hemos de indicar que el aumento que se produce en la región A es superior al aumento que se produce en la región B. Por tanto, en términos de bienestar social, ambas regiones se ven beneficiadas, indicando que los efectos de la construcción de una infraestructura de transporte no sólo se producen en la región en la que se realiza dicha inversión sino que también se producen en otras regiones con las que existen relaciones a través del uso de dicha infraestructura de transporte, aunque los mayores efectos corresponden a la región afectada directamente. Este resultado es coherente con el obtenido anteriormente, cuando se analizaban los efectos de la construcción de la A-92 sobre los niveles de accesibilidad y el potencial económico.

Por tanto, este modelo pone en evidencia que

una mejora en la red de infraestructuras de transporte a nivel regional tiene efectos diferentes sobre las empresas que están enclavadas en dicha región y las empresas que pertenecen a otras regiones. En concreto, en el modelo desarrollado se obtiene que la mejora en la infraestructura regional como la construcción de la A-92 aumenta la posición competitiva de las empresas de la región frente a las empresas del exterior, al tiempo que aumenta el bienestar social no sólo de la región que se ve afectada directamente por la mejora en la infraestructura, sino que esta mejora también tiene efectos positivos en la otra región.

### Costes de acceso y movimiento de mercancías

Por otro lado, a través del análisis de los efectos sobre los movimientos regionales de mercancías y los costes de acceso, se intentan cuantificar los efectos de la inversión en infraestructuras a través de los beneficios que genera sobre el transporte de mercancías. Esto es así porque la demanda de transporte de mercancías es una función derivada que, en el contexto de un mercado competitivo, refleja los beneficios que obtienen los consumidores finales de los bienes que son transportados a consecuencia de una mejora de las infraestructuras de transporte. Estos beneficios pueden obtenerse directamente a través de los beneficios derivados del tráfico. La principal dificultad que encontramos en este análisis es la medición del impacto sobre el transporte de mercancías de la mejora en la red de transportes. Existen dos posibles vías a través de las cuales una reducción en los costes de transporte pueden incrementar los flujos comerciales.

En primer lugar, una disminución de los costes de transporte puede afectar a la localización de las empresas. Sin embargo, diversos estudios ponen de manifiesto que los costes de transporte son muy bajos en relación al total de costes para la mayoría de las industrias y este efecto solo tendría importancia sobre las empresas de distribución. En segundo lugar, los costes de transporte han sido utilizados por la teoría de la localización para explicar las diferencias en el crecimiento regional. Por tanto, la reducción de los costes de transporte entre dos regiones debe suponer una ventaja relativa para estas regiones sobre las demás, a

través de mayores tasas de crecimiento. Este mayor crecimiento se debe a un aumento del nivel de producción, para lo cual se requiere un aumento del empleo. Por tanto, a partir de este efecto podemos relacionar las implicaciones de una mejora en las infraestructuras de transporte sobre el crecimiento económico y el empleo.

Este análisis tiene importantes implicaciones, puesto que permite obtener la distribución geográfica de las ganancias derivadas de la construcción de una determinada infraestructura de transporte, por lo que es fundamental desde el punto de vista de la planificación de redes de transporte.

El coste de acceso de un área determinada es una medida del coste medio probable de transportar una determinada cantidad de producto de o hacia dicha área. Este coste medio es una función de los costes de transporte de mercancías a las restantes áreas, multiplicado por la probabilidad de que dicho transporte comience o termine en cada una de dichas áreas. A partir de un modelo gravitacional y la expresión de los costes de acceso, se obtiene una medida de la probabilidad media de coste de transporte en la que incurre una determinada área, a lo que se denomina coste de acceso del área, y dicha medida está relacionada con el potencial económico estimado.

El crecimiento total del tráfico de mercancías estimado debido a la construcción de la A-92, es del 6,91 por ciento, lo que muestra el importante efecto que ha provocado la construcción de esta autovía sobre el tráfico de mercancías a nivel regional y, por tanto, sobre la actividad productiva. Existe un grupo elevado de comarcas con crecimientos en el tráfico de mercancías superiores al 10 por ciento, como consecuencia exclusiva de la construcción de la A-92, siendo, por tanto, las comarcas que más se han beneficiado de la construcción de la A-92, en términos de sus actividades comerciales. De este grupo de comarcas, las que experimentan mayores incrementos son las de Vélez-Rubio, Baza y Guadix. Con un crecimiento superior al 15 por ciento encontramos a Almería, Huércal-Overa, Granada, Loja y Osuna. Las restantes comarcas con crecimientos significativos son Albox, Olula del Río, Puente Genil, Málaga, Antequera, Ecija y Morón de la Frontera.

Si agrupamos, por un lado, las comarcas por las que pasa la A-92 y por otro, el resto de comarcas, el crecimiento total del tráfico de mercancías a nivel regional se debe principalmente al crecimiento observado en el tráfico de mercancías de las comarcas por las que pasa la A-92 del 12,42 por ciento, y en menor medida, al crecimiento registrado en el resto de la comarcas (4,08 por ciento), poniendo de manifiesto la importancia que ha tenido la construcción de la A-92 sobre el tráfico de mercancías en las comarcas por las que discurre esta autovía.

En cuanto a los costes de acceso, en la situación previa a la construcción de la A-92, las comarcas con mayores costes de acceso corresponden al norte de Córdoba, oeste de la provincia de Huelva, y a la práctica totalidad de la provincia de Almería. Por otra parte, las provincias de Jaén y Granada presentan costes de acceso medios, al igual que el sur de la provincia de Cádiz y parte de la provincia de Huelva. Tan sólo el centro de la región presenta costes de acceso bajos, correspondiendo éstos fundamentalmente a las provincias de Sevilla y Málaga. La construcción de la A-92 ha provocado una disminución de los costes de acceso en todas las comarcas andaluzas, aunque con importantes diferencias entre las mismas. Se observa que el núcleo de las comarcas con costes de acceso bajos se ha desplazado hacia la derecha, es decir, hacia el este andaluz, incluyendo ahora la mayor parte de la provincia de Granada y parte de la provincia de Jaén, resultando una distribución más homogénea que la correspondiente a la situación previa a la construcción de la A-92.

### **Crecimiento económico regional**

Una vez obtenidos los resultados anteriores, la siguiente etapa es obtener una medida económica de los efectos que ha generado la construcción de la A-92 sobre el crecimiento regional. Para ello, analizaremos dichos efectos en términos del empleo, variable proxy del nivel de actividad económica.

En este estudio estamos interesados en conocer si las diferencias en términos de costes de transporte tienen alguna influencia sobre la demanda de trabajo en las diferentes áreas y cuantificar dichos efectos. Dichos costes de

transporte se refieren tanto al movimiento de las materias primas como al movimiento de los productos finales hasta el mercado de destino. Este efecto debería existir si las diferencias en los costes de transporte son lo suficientemente grandes como para inducir a un incremento del empleo en las regiones con menores costes de transporte en contra de lo que sucedería en aquellas regiones

en las que los costes de transporte fuesen superiores. De hecho, en los modelos teóricos de localización, dichas diferencias en términos de costes de transporte son determinantes, afectando al comportamiento espacial de la actividad económica. En nuestro caso, estamos interesados en analizar dichos efectos en términos de creación de empleo a nivel global, tanto de las empresas existentes como de aquellas que se establecen en dicha área. En principio, estos efectos afectarían a la industria, ya que los costes de transporte pueden ser muy significativos en la misma, pero a través de los efectos multiplicadores también afectarían al resto de sectores.

Los diferentes estudios realizados sobre la importancia de los costes de transporte en la estructura de costes total de las empresas arrojan resultados dispares. En cualquier caso, estos estudios concluyen que, en conjunto, los costes de transporte tienen un papel relevante en la localización y desarrollo de las empresas, por lo que es uno de los factores determinantes de la creación de empleo desde el punto de vista espacial. Por tanto, podemos relacionar la tasa de creación de empleo de una determinada área con el coste de transporte asociado a dicha área.

En nuestro caso estimamos una regresión simple que nos indique la relación existente entre los cambios en el nivel de empleo y los costes de transporte en cada área. Por tanto, la ecuación a estimar es la siguiente:

$$\Delta E_i = \mu + \beta C_i$$

donde  $E_i$  son los cambios en el nivel de empleo en la comarca  $i$  y  $C_i$  es el coste de acceso de la comarca  $i$ , calculado anteriormente.

Seguindo a Dodgson (1974), se ha considerado

un periodo de 5 años para el cálculo de las variaciones del empleo, en el periodo inmediatamente anterior a la construcción de la infraestructura objeto de análisis (años 1986-1991 en este caso), para los que se dispone de información en términos del nivel de empleo a nivel municipal.

Los resultados que se obtienen de la estimación de la relación anterior son los siguientes:

$$\Delta E_i = 0,503 - 0,201 C_i$$

(0,057)    (0,077)

Entre paréntesis se muestran los errores estándar de los coeficientes estimados. Dichos coeficientes son significativamente diferentes de cero, por lo que encontramos una relación negativa entre la variación del nivel de empleo en el periodo 1986-1991 en las distintas comarcas andaluzas con el coste de acceso de cada una de estas comarcas, tal y como postulan los análisis teóricos.

Se obtiene una elasticidad de -0,201 por ciento en términos de los cambios del nivel de empleo respecto a los costes de acceso. A través de esta estimación, podemos calcular el cambio en el nivel de empleo de cada comarca, en términos de los cambios en los costes de acceso que ha supuesto la construcción de la A-92, es decir, podemos relacionar cambios en el nivel de empleo con cambios en los costes de acceso. Los cambios en el nivel de empleo se obtienen para cada comarca multiplicando dicho coeficiente por la disminución en los costes de acceso de cada comarca una vez consideramos la existencia de la A-92.

El efecto sobre el nivel de empleo durante un periodo de 5 años ha sido de un total de 24.282 empleos en el total de Andalucía. En términos de crecimiento, las comarcas más beneficiadas han sido las de Vélez-Rubio (Almería), con un incremento del 3,68 por ciento, Guadix (Granada), con el 3,67 por ciento, y Baza (Granada), con el 3,62 por ciento. Estos valores son elevados, indicando que el efecto de la A-92 a nivel comarcal ha sido muy significativo, si bien los efectos no son homogéneos en el conjunto de Andalucía, debido a que predomina el componente geográfico.

Por otra parte, del análisis realizado anteriormente podemos obtener una medida global del efecto

que ha provocado la construcción de la A-92 sobre el crecimiento regional en un periodo de 5 años. Dado el empleo total obtenido, podemos relacionar dicho volumen con el empleo total de Andalucía, es decir, obtener una medida agregada del efecto total de la construcción de la A-92 sobre el crecimiento del nivel de empleo a nivel regional. El resultado obtenido es que la aportación de la A-92 al crecimiento regional durante un periodo de 5 años ha sido de 1,3 puntos porcentuales, siendo esta contribución, como resulta lógico, mayor en las comarcas por las que pasa la A-92, del 2,2 por ciento, cifras que podemos considerar como muy significativas y que ponen en evidencia de forma clara los efectos positivos que se han derivado de la construcción de la A-92 para el crecimiento de Andalucía y, en particular, para las comarcas por las que pasa dicha autovía.

Por último, es necesario destacar que la anterior estimación se reduce únicamente al efecto que ha provocado la A-92 sobre el crecimiento regional. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la construcción de otras infraestructuras de transporte dentro de la región puede generar efectos desbordamiento, dado el efecto red de estas infraestructuras, por lo que los efectos finales podrían ser superiores, si bien ya no serían exclusivos de la construcción de la A-92.

### Conclusiones finales

Como hemos visto, el transporte es una actividad básica en las sociedades modernas, tanto desde el punto de vista económico como social, cuya importancia ha ido creciendo a lo largo de los últimos años. En este contexto, las infraestructuras de transporte suponen un factor clave para el desarrollo socioeconómico de cualquier sociedad, y una adecuada dotación de éstas representa un elemento fundamental para el aumento de la competitividad y la mejora del bienestar social. Existe un amplio consenso en torno a la relación existente entre infraestructuras de transporte y

desarrollo económico. Sin embargo, no se conoce con exactitud si una adecuada red de infraestructuras es requisito imprescindible para el desarrollo económico, o si por el contrario, es el propio desarrollo el que conlleva una mejora de las infraestructuras.

La construcción de la A-92 ha supuesto para Andalucía un importante avance en la dotación de infraestructuras de transporte por carretera, que ha mejorado tanto las conexiones internas como externas. Ha facilitado las conexiones con los ejes Atlántico y Mediterráneo, representando una alternativa al itinerario de Madrid para las comunicaciones con Europa, constituyéndose además en uno de los principales ejes vertebradores de la región andaluza, al proporcionar una mayor coherencia interna al territorio andaluz.

Las principales consideraciones que pueden extraerse son las siguientes:

1. Desde el punto de vista de la vertebración territorial, la A-92 ha supuesto la unión por vía terrestre de la zona oriental y occidental de Andalucía, de la región andaluza con el Levante español y el Arco Mediterráneo y, finalmente, con el sur de Portugal, convirtiéndose Andalucía en nexo de unión entre los ejes Atlántico y Mediterráneo. Asimismo, en el interior de la región se ha producido una mayor integración territorial, al desaparecer la barrera existente tradicionalmente entre Andalucía Oriental y Occidental, al tiempo que se ha observado la integración de Almería en el territorio andaluz. Por otra parte, también han mejorado las conexiones del interior andaluz con los núcleos de población del litoral.

2. En términos de los niveles de accesibilidad interregional, se observa que Málaga es la provincia más beneficiada por la construcción de la A-92, seguida de Granada y Almería. Fuera de Andalucía,

#### Efecto de la A-92 sobre el crecimiento en Andalucía

	Empleo	% sobre Andalucía
Comarcas por las que pasa la A-92	15.188,43	2,2
Resto de comarcas	9.093,67	0,8
Total	24.282,11	1,3

Fuente: Analistas Económicos de Andalucía.

Alicante y Murcia son las que muestran unos efectos más positivos, y en menor medida Castellón y Valencia. De esta forma, se observa como los efectos de la A-92 no sólo se circunscriben al territorio andaluz. En cuanto a la accesibilidad intrarregional, las comarcas más beneficiadas son Vélez-Rubio y Huércal-Overa en Almería, y Baza, Guadix y Granada en la provincia granadina.

3. En general, las provincias andaluzas presentan un nivel de accesibilidad bajo en relación a la media nacional, lo que depende principalmente de su posición geográfica, alejada de los principales centros de actividad económica. No obstante, la construcción de la A-92 ha originado que la provincia de Granada pase de un nivel de accesibilidad bajo a un nivel medio.

4. Si se relacionan los cambios en los niveles de accesibilidad con el potencial de desarrollo económico, se aprecia también que la provincia más beneficiada es Málaga, y a continuación Granada. También Almería y Sevilla experimentan incrementos importantes, mientras que en el resto el efecto es más reducido.

5. Al igual que hemos comentado antes, hay dos provincias del litoral mediterráneo, Murcia y Alicante, que registran un incremento significativo del potencial.

6. La A-92 ha provocado una disminución de los costes de acceso en todas las comarcas andaluzas, aunque con importantes diferencias entre las mismas. Se observa que el núcleo de las comarcas con costes de acceso bajos se ha desplazado hacia el este andaluz, incluyendo ahora la mayor parte de la provincia de Granada y parte de la provincia de Jaén, resultando una distribución más homogénea que la correspondiente a la situación previa a la construcción de la A-92.

7. El efecto sobre el nivel de empleo ha sido de alrededor de 25.000 empleos en el total de Andalucía. En tasas de crecimiento, las comarcas más beneficiadas han sido las de Vélez-Rubio en Almería, y Guadix y Baza en Granada. El efecto de la A-92 a nivel comarcal ha sido muy significativo, si bien los efectos no son homogéneos en el conjunto de Andalucía, debido a que predomina el componente geográfico.

8. La aportación de la A-92 al crecimiento regional durante un periodo de 5 años ha sido de 1,3 puntos porcentuales, cifra que podemos considerar como muy significativa y que pone en evidencia los efectos positivos que se han derivado de la construcción de la A-92. Es necesario destacar que esta estimación se reduce únicamente al efecto que ha provocado la A-92 sobre el crecimiento regional. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que la construcción de otras infraestructuras de transporte dentro de la región puede generar efectos desbordamiento, dado el efecto red de estas infraestructuras, por lo que los efectos finales podrían ser superiores, si bien ya no serían exclusivos de la construcción de la A-92.

# 341



## **CARME ROSELL PAGÈS**

Actuacions para reduir el efecte barrera sobre la fauna de las vías de alta capacidad.  
Resultados del inventario realizado en el marco de la Acción COST 341.

## CARME ROSELL PAGÈS

MINUARTIA Estudis Ambientals

Departament de Biologia. Universitat de Barcelona.

Coordinadora del proyecto "Fragmentación de Hábitats causada por Vías de Transporte impulsado" por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente

### Actuaciones para reducir el efecto barrera sobre la fauna de las vías de alta capacidad. Resultados del inventario realizado en el marco de la Acción COST 341.

#### Conflictos entre la red viaria y los espacios naturales protegidos

Según información elaborada por el Banco de Datos de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente<sup>1</sup> a partir de datos del año 2001, 3.800 Km. de autopistas y autovías cruzan Espacios Naturales Protegidos, espacios propuestos como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zonas de Especial Importancia para las Aves (ZEPA). Entre los efectos de las infraestructuras de transporte (para más información ver apartado 5.4. Efectos en la naturaleza de la actual red de transporte en España de la obra citada) destacan la ocupación de una superficie equivalente al 1,3% de la superficie del Estado, la perturbación del entorno adyacente a las vías debido al ruido, la dispersión de agentes contaminantes y de especies exóticas de flora y fauna, y también, la perturbación debido al incremento de presencia humana y otros impactos asociados como los incendios forestales, de los cuales, el 21% de los registrados en el año 2000 se iniciaron al borde de carreteras y ferrocarriles. No obstante, entre sus efectos más notorios, y con mayores consecuencias para la conservación de la biodiversidad, destacan el incremento de mortalidad de fauna a consecuencia de atropellos y colisiones con vehículos, y el efecto barrera de las vías.

La red viaria constituye un elemento clave que incide en la dinámica de los paisajes. Estos, más allá de un mero soporte para los distintos usos del suelo, constituyen el escenario en el que se desarrollan los procesos ecológicos, entre ellos

algunos tan fundamentales como los flujos de dispersión de especies, y que se ven alterados por la presencia de las carreteras y ferrocarriles. Uno de los efectos más relevantes de estas vías es la barrera que constituyen y que condiciona los desplazamientos de muchas especies; algunas evitan la proximidad de las carreteras, y son muy reticentes a cruzarlas, otras ven impedido su avance cuando los cerramientos perimetrales interceptan sus desplazamientos, y finalmente otras, que intentan cruzarlas, encuentran en las carreteras una de sus principales causas de mortalidad. El linco (*Lynx pardinus*), una de las especies más emblemáticas de la fauna ibérica y considerado el felino más amenazado del mundo, es uno de los casos más paradigmáticos, ya que tiene en la fragmentación de sus hábitats y los atropellos (especialmente de individuos jóvenes en fase de dispersión) las principales causas que amenazan la supervivencia de la especie.

Estos efectos, lejos de disminuir, se están intensificando notablemente con la expansión de la red viaria. Para el período 2000-2007 (datos de Ministerio de Fomento) se ha previsto la construcción de 5.700 Km. de nuevas vías, la mayor parte de alta capacidad, y el acondicionamiento de 2.700 Km. de vías ya existentes, que conllevará un aumento de su intensidad de tráfico y de la velocidad de circulación de los vehículos, y en consecuencia, de su efecto barrera. El escenario de futuro plantea, por tanto, importantes retos para que la ejecución de estas vías se realice incorporando medidas que

<sup>1</sup> Rosell, C., Álvarez, G., Cahill, C., Rodríguez, A. y Séiler, A. COST 341. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España. Naturaleza y Parques Nacionales. Serie Técnica. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. 349 pp.

eviten daños irreversibles a los hábitats o a las especies que alojan. Y este reto se convierte en auténtico desafío en los Espacios Naturales Protegidos donde la sensibilidad del entorno justifica que se realicen todas las actuaciones necesarias para garantizar que los hábitats conserven su integridad, y que se mantengan las posibilidades de dispersión de organismos, sin perder ninguna posibilidad de facilitar vínculos entre los paisajes adyacentes, es decir, puntos por los cuales algunos organismos puedan superar la barrera y desplazarse de un lado a otro de la vía.

### La Acción COST 341 y el inventario de medidas aplicadas para reducir la fragmentación de hábitats

El proyecto europeo de intercambio científico y tecnológico COST 341. Fragmentación de Hábitats causada por vías de transporte se inició en 1998 y finalizó en noviembre de 2003. El Estado español fue uno de los primeros países en formalizar su adhesión, en Septiembre de 1998, y durante estos años ha participado activamente en el desarrollo del proyecto, durante el cual expertos pertenecientes a 16 países, que integraban técnicos de las administraciones de transporte y medio ambiente, científicos y especialistas en evaluación de impacto ambiental y gestión de fauna, elaboraron distintos productos de los cuales puede obtenerse información a través de la web de la entidad Infra Eco Network Europe ([www.iene.info](http://www.iene.info)) y que se indican a continuación:

- Informe COST 341. Habitat fragmentation due to transportation infrastructures. An European review.
- Manual COST 341. Wildlife and traffic. A Handbook on identifying conflicts and designing solutions.
- Informe COST 341. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España.
- Bases de Datos sobre Bibliografía y Medidas correctoras aplicadas para prevenir colisiones de vehículos con animales y permeabilizar las carreteras y ferrocarriles al paso de fauna

Durante el desarrollo del proyecto, y a nivel del Estado español, se realizó un inventario de medidas aplicadas para prevenir este impacto, y

de los resultados de los proyectos de seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas. Para ello se distribuyeron cuestionarios entre los responsables de las administraciones autonómicas y del Estado responsables de transporte y medio ambiente, que forman parte del Grupo de Trabajo de esta Acción y también se realizaron consultas a expertos y a responsables de organismos implicados en seguimiento de pasos. En total se recibieron 168 cuestionarios completados y a partir de ellos se ha realizado el inventario que aporta datos de una muestra de más de 300 medidas aplicadas y de 15 proyectos de medidas compensatorias, que se incorporaron en la base de datos, que en breve se prevé que pueda ser consultada a través de la Web de la DGCN del Ministerio de Medio Ambiente, y que se mantiene abierta a la incorporación de información sobre nuevas medidas que facilitan los responsables de su construcción o gestión. Es importante destacar que el inventario no pretende en ningún momento ser completamente exhaustivo, pero si cuenta con una muestra suficientemente extensa como para considerarlo representativo de la situación actual. A continuación se destacan las actuaciones más relevantes.

### Síntesis de las medidas aplicadas en el Estado español

Todos hemos visto ejemplos de magníficos ecoductos (en otros países llamados puentes verdes o puentes biológicos) construidos en Holanda, Suiza, Alemania o Hungría. Son estructuras parecidas a falsos túneles que discurren por encima de las grandes autopistas o autovías, y que en ocasiones superan los 50 e incluso los 80 m de ancho. Suelen estar completamente revegetadas dando continuidad a las formaciones vegetales que se encuentran en el entorno de las vías y estableciendo auténticos puentes de conexión por los que no solo pasan los grandes mamíferos sino que también pueden ser utilizadas por todo tipo de especies terrestres incluyendo pequeños insectos, moluscos, etc. Aunque todavía no podemos mostrar ningún ejemplo de ecoducto construido en el Estado español, a continuación se comentarán las medidas que ya empiezan a aplicarse, algunas de ellas muy modestas, como el acondicionamiento para el paso de fauna de estructuras de uso mixto: drenajes, estructuras

de restitución de caminos y de vías pecuarias, etc., y otras ya más costosas y efectivas como pasos específicos para la fauna o viaductos y túneles en sustitución de terraplenes y trincheras.

Destacamos, antes de empezar la revisión, que no existen actualmente estándares y normas de obligado cumplimiento por lo que respecta a pasos de fauna, aunque las Declaraciones de Impacto Ambiental de los proyectos establecen numerosas actuaciones para minimizar el efecto barrera, con frecuencia basadas en las directrices de manuales técnicos y en los resultados de estudios de evaluación de efectividad de las medidas. La redacción de una instrucción técnica que incluya un Catálogo de pasos de fauna, es una asignatura pendiente, aunque ya se han empezado los trabajos preparatorios en el marco de una Comisión del Grupo de Trabajo sobre Fragmentación de Hábitats causada por vías de transporte que, aunque el proyecto internacional ya ha finalizado, continua sus trabajos.

### Viaductos, túneles y falsos túneles

Los trazados de los cursos fluviales y vaguadas son elementos fundamentales para el desplazamiento de los animales, y numerosos estudios ponen de manifiesto su función como canalizadores de movimientos de muchas especies. Esta afirmación, cada vez más asumida en el contexto de la Evaluación de Impacto Ambiental, conlleva que se sustituyan terraplenes por viaductos y también que estos se adapten al paso de fauna. En el Inventario de medidas se recopiló información de 7 viaductos singulares, que en algunos casos superan los 500 m de longitud, y que se han construido específicamente para mejorar la permeabilidad de una vía o mantener intactos (o muy poco alterados) paisajes de gran sensibilidad como lagunas y marismas. Otro aspecto particularmente interesante es el sobredimensionamiento de viaductos, que permite que muchos vanos se mantengan secos durante todo el año, incluso en las épocas de crecida de los ríos. De esta manera, el conector ecológico que constituye el curso fluvial se mantiene intacto dejando corredores para el desplazamiento de los animales en ambos márgenes. Actualmente se empieza a poner la atención también en los procedimientos constructivos, promoviendo el sistema de losa empujada para evitar que durante

el período de construcción se destruya la vegetación riparia, hecho que puede interrumpir temporalmente el flujo de dispersión de especies.

Otro elemento fundamental para reducir el efecto barrera cuando las vías discurren por zonas de topografía abrupta (muchos espacios naturales protegidos presentan esta característica) es la construcción de túneles y falsos túneles. En el primero de los casos no hacen falta demasiados comentarios para destacar que se trata del sistema más efectivo para neutralizar los impactos de la vía; el trazado discurre por el interior del túnel y desaparecen todos sus efectos, tanto de barrera, como otras perturbaciones (ruido, dispersión de contaminantes, etc.). Los falsos túneles se utilizan también de manera cada vez más habitual. En el trazado del ferrocarril de alta velocidad se encuentran numerosos ejemplos, en los que una estructura de este tipo se ha construido para cubrir una gran trinchera y permitir de esta manera que la fauna pueda cruzar el trazado. Uno de los ejemplos que se ha recopilado está situado en la LAV Córdoba-Málaga y fue específicamente diseñado para favorecer el paso del lince ibérico, entre otras especies. A diferencia de los túneles, los falsos túneles tienen el inconveniente de que durante largos períodos (de varios años), la dispersión de especies se ve impedida porque la estructura está en construcción, o bien, el mantenimiento de las revegetaciones requiere frecuentes trabajos que perturban el paso. No obstante, se trata de elementos fundamentales para la permeabilidad que, pasados los primeros años, pueden ser muy efectivos para la reconexión de hábitats adyacentes a las vías.

### Pasos específicos para la fauna

Con frecuencia se habla de este tipo de estructuras, pero en absoluto podemos pensar que su uso sea común, si bien se ha intensificado notablemente desde los inicios de su aplicación, hace poco más de cinco años. Los primeros 'grandes' pasos superiores se construyeron en la autovía Rías Baixas (A52), y siguen siendo estructuras singulares con sus 20-25 m de ancho en algún caso. Actualmente también se han construido estructuras de este tipo en distintas autovías de Castilla-León, Extremadura y Cantabria, con anchos que oscilan entre los 12 y los 25 m de anchura, algunos de ellos simplemente

**Jornadas  
Internacionales Sobre  
Infraestructuras viarias y  
Espacios Naturales  
Protegidos**

**Carme Rosell Pagès**  
Actuaciones para reducir el  
efecto barrera sobre la  
fauna de las vías de alta  
capacidad. Resultados del  
inventario realizado en el  
marco de la Acción COST  
341



Los ecoductos permiten la creación de auténticas conexiones entre los sistemas adyacentes, ya que a sus grandes dimensiones se añade la posibilidad de diseñar completas revegetaciones. Ecoducto Woeste Hoeve, en la autopista A50, en Holanda, que identifica los productos de la Acción COST 341. Foto: Luchtfotografie Slagboom en Peeters.



Los falsos túneles pueden constituir excelentes pasos de fauna, ya que permiten revegetaciones más completas que los pasos inferiores o superiores, y requieren menos labores de mantenimiento. Carretera GI 681 Llagostera - Tossa de Mar, Catalunya. Foto: Josep Codony.

recubiertos de sustrato natural, y en otros casos con vegetación herbácea en su base y arbustiva en los laterales y accesos. Estos pasos se destinan específicamente a grandes ungulados (especialmente ciervo, *Cervus elaphus*, corzo, *Capreolus capreolus* y jabalí, *Sus scrofa*), y también al lobo (*Canis lupus*). No obstante, son utilizados con frecuencia por otras muchas especies de carnívoros, conejos, liebres, etc.

Mucho más habitual es la construcción de pasos inferiores a las vías que puede ser igualmente efectiva. No obstante, las dimensiones en estos casos acostumbran a ser mucho más modestas, y si bien algunos de ellos alcanzan también grandes dimensiones, es habitual la construcción de estructuras de sección comprendida en el intervalo de 1x1m hasta 7x5m. Es importante remarcar que para permitir el paso de todas las especies de ungulados ibéricos es indispensable alcanzar un mínimo de 1.2 m. Por ello, pasos de dimensiones inferiores pueden ser concebidos para el paso de pequeños carnívoros (tejón, Meles meles, gineta, genetta genetta o garduña, Martes foinea, por poner sólo algunos ejemplos), pero no podemos proponerlos en ningún paso como pasos para grandes mamíferos.

Otra estructura de uso cada vez más frecuente son los pasos para anfibios (especialmente para ranas y sapos) que facilitan el cruce de carreteras y ferrocarriles que interceptan las rutas que estos vertebrados utilizan masivamente durante el período reproductor. En este caso las dimensiones son poco importantes, ya que puede tratarse de pequeños tubos (aunque las secciones rectangulares son más adecuadas), pero en cambio es indispensable colocación de barreras opacas que impidan que los animales accedan a la vía y los obliguen a localizar la entrada del paso. Aunque esta necesidad parece evidente, en muchos casos se constata que los proyectos incorporan pasos de anfibios que no van acompañados de cerramiento perimetral específico, con los cual son completamente ineficaces. En estos casos los anfibios cruzan directamente los trazados que se interponen en su ruta ya que no tienen capacidad para intentar localizar la entrada de un paso que les permita cruzar sin riesgo de ser atropellados.

## Estructuras de uso mixto

Las carreteras y ferrocarriles están cruzadas por numerosas estructuras con diversas funciones como el drenaje transversal, la restitución de caminos o el paso de vías pecuarias. Cada una de ellas constituye una oportunidad para favorecer el paso de fauna y su adaptación constituye ya una rutina para algunos proyectistas.

La baja perturbación humana es una condición fundamental para favorecer el uso del paso. Por ello debemos considerar incompatible el acondicionamiento de pasos de fauna en estructuras situadas en un entorno urbanizado, aunque se trate de pequeños núcleos rurales, que comporten un uso frecuente del paso por parte de vehículos y personas. En cambio las estructuras destinadas a restituir pistas que conducen a zonas agrícolas o forestales que tienen sólo un uso esporádico y, por tanto, una ínfima intensidad de tránsito, pueden constituir óptimos pasos de fauna, como se ha comprobado en el seguimiento de pasos de l'Eix Transversal (C25) en Catalunya, donde los cajones por los que discurren pistas forestales son profusamente utilizados por un gran número de especies presentes en la zona, incluido el jabalí.

El caso de los drenajes merece especial atención. Las condiciones de la región mediterránea son óptimas para que estas estructuras sean compatibles con el paso de fauna, ya que acostumbran a tener grandes dimensiones, y están secos durante la mayor parte del año. Muchos de ellos son utilizados, incluso sin especiales adaptaciones, por anfibios, reptiles y todo tipo de pequeños y mamíferos (a excepción de los ungulados). Pequeñas adaptaciones pueden mejorar sensiblemente su funcionalidad como pasos de fauna, y es notable como muchos ingenieros ya incorporan de manera rutinaria 'detalles de acabado' que convierten un drenaje en un punto de conexión por el que numerosos animales podrán franquear la barrera viaria. Entre ellos destacamos el recubrimiento con hormigón de la base de pasos de acero corrugado (poco compatible con el paso de fauna) y la adecuación de las salidas de los drenajes en los que, para prevenir la erosión del talud, se construyen rampas empedradas, en lugar de los bajantes escalonados, que constituyen imponentes barreras, e incluso trampas mortales, para los animales más pequeños.



Los pasos superiores específicos para la fauna son estructuras muy efectivas. No obstante, tienen notables dificultades para el mantenimiento de las revegetaciones, y es fundamental evitar otros usos que pueden perturbar a la fauna, como el paso de vehículos. El apartamiento del paso, muy bien resuelto en este caso, es importante para evitar que el paso de animales se vea afectado por la visión de los vehículos que utilizan la vía. Autovía A67, León Burgos. Foto: Carme Rosell.



El paso de fauna es compatible con un uso muy esporádico de las estructuras por parte de vehículos, pero no es recomendable la adaptación de pasos que tengan una alta intensidad de tránsito. Carretera C65, Eix Transversal de Catalunya. Foto: Carme Rosell.

La construcción de banquetas laterales que se mantienen secas incluso cuando el paso está inundado es otra de las adaptaciones más habituales.

No obstante, en muchas ocasiones una estructura transversal que presenta unas óptimas condiciones para constituir un paso de fauna, ve completamente inutilizada esta función por las deficientes características del acondicionamiento de los accesos. Este es un aspecto fundamental que actualmente resulta menospreciado, quizás por la insuficiente colaboración entre los equipos que diseñan los proyectos constructivos de los pasos y los encargados del diseño de medidas complementarias en los que se incluyen revegetaciones y cerramientos. La efectividad del paso no depende exclusivamente de sus características estructurales sino que el entorno de los accesos debe ser cuidadosamente diseñado, con plantaciones que permitan dirigir a los animales hacia sus entradas, que faciliten refugios que contribuyan a crear seguridad pero sin obstruir en ningún caso la visibilidad de las bocas, y con cerramientos perimetrales que conduzcan a los animales directamente a las entradas. No debemos olvidar que muchos animales (particularmente carnívoros y ungulados) cuando ven impedido su avance por un cerramiento perimetral tienden a seguir los vallados, en ocasiones centenares de metros, hasta que encuentran un punto por el que puedan franquear el obstáculo. Es fundamental que este punto no sea una deficiencia en la instalación del cerramiento (muchos de los accidentes causados actualmente por colisiones con jabalí que se producen en autopistas y autovías se deben a este efecto) sino que en su recorrido se encuentren directamente con los accesos a un paso de fauna, un túnel o un viaducto. De esta forma, un cerramiento correctamente instalado constituye también un elemento de captación y conducción de animales hacia los pasos.

## Avanzando en la prevención del impacto de la fragmentación de hábitats

El incremento de sensibilización de muchos colectivos de profesionales y responsables de la toma de decisiones, respecto a las nefastas consecuencias para la conservación de la diversidad biológica de la fragmentación de hábitats -y en particular del efecto barrera de las vías de transporte- constituye una oportunidad para frenar el notorio avance que este impacto ha mostrado en las últimas décadas.

La colaboración entre las administraciones de medio ambiente y transporte y de los distintos colectivos profesionales implicados, y especialmente entre ingenieros de caminos y técnicos ambientales, es un aspecto fundamental para minimizar estos efectos. Disponemos de conocimientos suficientes para diseñar pasos de fauna efectivos para las distintas especies de referencia y que se basan en un extenso número de seguimientos que se han llevado a cabo tanto en el Estado español como en distintos países europeos. Los técnicos ambientales pueden consultar esta información en múltiples manuales y especialmente en el que se acaba de publicar y que se ha consensuado a nivel europeo<sup>2</sup>, y son estos profesionales los que pueden asesorar sobre que pasos son necesarios, para que especies, su ubicación (factor clave para su efectividad) y los acondicionamiento que se requieren en sus accesos. No obstante, serán los propios ingenieros, los que pueden proponer las mejores soluciones técnicas para el proyecto constructivo de las estructuras. El reto, por tanto, está en superar las posiciones enfrentadas que se observan a menudo entre estos colectivos profesionales y establecer una cooperación que permita el diseño de estructuras con unas óptimas características para facilitar que las carreteras y ferrocarriles no constituyan barreras infranqueables para la fauna.

<sup>2</sup> Luell, B., Bekker, H., Cuperus, R. Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlavác, V., Keller, V., Rosell, C., Sangwine, T., Torslov, N. y Wandall, B. 2003. COST 341. Wildlife and traffic. A European Handbook on Identifying Conflicts and Designing Solutions . KNNV Publishers.



---

**LUIS GARRIDO**

Vía Paisajística Almonte - Los Cabezudos: Reflexiones para el ingeniero

## LUIS GARRIDO

Ingeniero Consultor

Director de la Delegación Sur del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)

### Vía Paisajística Almonte - Los Cabezudos: Reflexiones para el ingeniero

#### 1. ANTECEDENTES

La planificación de la red viaria de Andalucía comprende una serie de actuaciones Complementarias a la Red de Gran Capacidad que conectan la Red Secundaria a los ejes de largo recorrido, para la integración de los ámbitos subregionales en las estructuras territoriales y económicas nacional y europea.

En el año 1992 la Junta de Andalucía convocó una Comisión Internacional de Expertos, en la que participaron especialistas de la Unión Europea, la Administración Central Española y la propia Junta de Andalucía, con la finalidad de emitir un "Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socioeconómico sostenible de Doñana" que marcara las pautas a seguir para mejorar la accesibilidad y promover el desarrollo económico y social de este territorio, pero incorporando siempre las adecuadas medidas de conservación, y también de mejora, de los recursos y valores del medio.

Como consecuencia de todos estos trabajos de análisis previo, la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía desarrolló el programa de infraestructuras denominado Programa Operativo Entorno Doñana, que fue financiado mediante Fondos Europeos de Desarrollo Regional (F.E.D.E.R.) y en el cual se integra la actuación objeto de esta Comunicación: las obras de acondicionamiento de la HF-6248. Tramo: Intersección A-483 al Pk. 1,200 de la HF-6245 (Los Cabezudos).

El proyecto de acondicionamiento de esta vía fue redactado en el año 1997 y aprobado por la Dirección General de Carreteras de la Junta de Andalucía en febrero de 1998, procediéndose a su atribución en fase de obras a la empresa pública Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A. (GIASA). Tras el procedimiento de licitación de las obras, en noviembre de 1998 se procedió a la

adjudicación de las mismas -por un importe de 5.045.359 €- a la empresa FCC Construcción, S.A., iniciándose la ejecución en diciembre de ese mismo año.

Paralelamente, también en 1997, se había redactado el proyecto de acondicionamiento del resto de este eje viario, es decir, la HF-6245 entre Los Cabezudos y el Parador Nacional de Mazagón, que tras su aprobación fue atribuido a Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A. (GIASA) para proceder a la licitación de las obras, que nunca llegaron a adjudicarse.

Tras las alegaciones presentadas por una entidad conservacionista, y los requerimientos de información efectuados por la Unión Europea en relación con el expediente de queja incoado contra estas dos actuaciones, la Dirección General de Carreteras determinó la paralización de las obras del primer tramo y la licitación del segundo en julio de 1999, para emprender el preceptivo procedimiento de Evaluación de Impacto ambiental, ya que se consideró que la vía existente era, por titularidad, un camino forestal y que los nuevos proyectos superaban el ámbito del puro acondicionamiento.



Eje viario Almonte-Los Cabezudos-Parador Nacional de Mazagón

El Estudio Informativo elaborado en octubre de 1999 para el conjunto del eje viario Almonte-Los Cabezudos-Parador Nacional de Mazagón, analizó distintas alternativas de trazado en planta y en alzado, para seleccionar la alternativa que menor incidencia generase sobre el medio, consistiendo ésta básicamente en la mejora del corredor existente. Una vez tramitada la correspondiente Información Pública, la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente en Huelva formuló con fecha 5 de octubre de 2000 la Declaración de Impacto Ambiental favorable para el Acondicionamiento del Itinerario Almonte-Los Cabezudos (Huelva), condicionando su ejecución al cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras identificadas en el estudio, y a la aplicación de las prescripciones contempladas en la propia Declaración. Adicionalmente el pronunciamiento del organismo ambiental competente determinaba la ausencia de viabilidad ambiental para el trazado propuesto entre Los Cabezudos y el Parador Nacional de Mazagón, prescribiendo la necesidad de realizar nuevos estudios complementarios analizando otras alternativas que no afectasen al Parque Natural de Doñana.

Al objeto, pues, de concretar en un Proyecto Modificado las prescripciones derivadas de la Declaración de Impacto Ambiental, que genéricamente se referían a la necesidad de ubicar de pasos de fauna adicionales, limitar la velocidad de proyecto, reducir la plataforma de la vía y ajustar ésta al terreno, la Dirección General de Carreteras solicitó informes del Parque Natural de Doñana, Parque Nacional de Doñana, diversas asociaciones ecologistas y de la Estación Biológica de Doñana (CSIC), organizando también visitas de sus técnicos a las obras para debatir sobre el terreno las diversas propuestas.

Las obras de este Proyecto Modificado se iniciaron en marzo de 2001 y la puesta en servicio de la vía se produjo en febrero de 2002. Las medidas de protección ambiental incorporadas han sido acogidas muy favorablemente por las asociaciones ecologistas, las autoridades ambientales y, por supuesto, por los propios usuarios que han valorado como muy satisfactorio el carácter innovador y pionero de esta primera vía paisajística de Andalucía.

## 2. DATOS BÁSICOS DE LA ACTUACIÓN

Tipo de vía: paisajística  
Longitud: 13.232 m.  
Sección tipo: 2 calzadas de 2,5 m., arcén exterior de 0,5 m., y berma de 0,5 m.  
Velocidad de proyecto: 60 Km/h.  
Limitación de velocidad en zonas sensibles: 40 Km/h  
Gerente de las Obras: D. Luis Garrido Romero (GIASA)  
Director de las Obras: D. Alejandro Solana Quesada (TYPSA)  
Asesoramiento Ambiental: D. Luis Ramajo Rodríguez y D. Renato Herrera Cabrerizo (GIASA) y D. Jaime Ruíz Villanueva (TYPSA).

## 3. SITUACION PREVIA

El tramo objeto del acondicionamiento se localiza en el término municipal de Almonte. La orografía que atraviesa es llana, únicamente interrumpida la presencia de cuatro arroyos de determinada importancia: El Saltillo, La Cañada, El Gato y la Osa. En la situación preoperacional la carretera se ajustaba al terreno sin apenas terraplenes y desmontes, con rectas de elevada longitud, curvas de pequeño radio y rasantes extremas. Su plataforma variaba entre 4 y 5´5 m. sin distinción de arcenes ni cunetas. Presentaba además un drenaje longitudinal y transversal deficitario, no existía señalización horizontal, y la señalización vertical era ciertamente escasa.

El espacio atravesado corresponde en sus primeros dos kilómetros a la zona antropizada del municipio de Almonte, con marcada vocación agrícola, para posteriormente internarse y atravesar una extensa formación de Pino piñonero sobre arenas que se comunica y forma parte de las grandes masas forestales del entorno de Doñana. Este tramo no atraviesa espacios naturales protegidos, aunque posee titularidad de Monte Público y se encuentra incluido en el catálogo provincial del Plan Especial de Protección del Medio Físico.

La comunidad faunística es ampliamente conocida, destacando la presencia del lince ibérico, de cérvidos y de anfibios singulares.

## 4. MODIFICACIONES INTRODUCIDAS EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

### 4.1. Optimización ambiental del trazado

Como parte del proceso de optimización ambiental del trazado se ha reducido el ancho de la sección tipo contemplada en el proyecto inicial a partir del P.K. 1+700, pasando de 9 m. a 7 m., coincidiendo con las zonas de mayor valor ecológico. Se reajustó además el trazado en alzado con el objetivo de conseguir la mayor adaptación de la carretera al terreno natural, reduciendo el movimiento de tierras. Los desmontes y terraplenes resultantes, sensiblemente inferiores a los inicialmente previstos, han adoptado pendientes suaves (3H/1V), permitiendo su cubrición con tierra vegetal, lo que favorece su revegetación.

En la Laguna de La Mar, se ha desplazado el trazado original, distanciándolo para evitar afecciones directas a los anfibios.

### 4.2. Medidas correctoras sobre el efecto barrera.

Este grupo de medidas constituye, sin duda, la actuación de mayor relevancia en relación directa con la importancia de la existencia de corredores faunísticos de dispersión del lince ibérico en el entorno de Doñana, y con la presencia de colonias de anfibios de carácter exclusivo en zonas húmedas localizadas junto a la traza. Gran parte de las medidas adoptadas para aminorar el efecto barrera estaban propuestas en el estudio de impacto ambiental y, en todo caso, su desarrollo y aplicación se ha realizado superando ampliamente las prescripciones establecidas y siempre con el consenso de todas las partes implicadas directa e indirectamente en la ejecución de las obras.

La ausencia de vallado de cerramiento en este tipo de vías supone un menor efecto barrera para la fauna, pero en cambio aumenta el riesgo de atropello sobre los ejemplares de lince o de otras especies faunísticas existentes en el entorno. Por ello finalmente se acordó la colocación de un cerramiento adaptado al entorno y a las especies presentes, compensando su efecto barrera con medidas adicionales que aumentan la

permeabilidad, proporcionando pasos seguros, mediante el sobredimensionamiento de estructuras y obras de drenaje con la base plana, así como la construcción de pasos de fauna específicos.

Para la identificación de los corredores faunísticos se utilizaron los datos aportados por la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente, el Parque Natural de Doñana y la Estación Biológica de Doñana sobre el seguimiento por radiomarcaje de los movimientos de dispersión de esta especie en el entorno de Doñana.

Los pasos de fauna construidos y las estructuras adaptadas para vertebrados son:

- Viaducto Arroyo del Saltillo. Localizado entre los PK. 1+100 al 1+231. Su longitud de tablero es de 131 m, con 4 vanos y altura media: 5 m. sobre cota de terreno. Ancho de la plataforma de calzada: 9,8 m.
- Viaducto Arroyo de La Cañada. Localizado entre los PK. 6+275 al 6+298, con una longitud de 12,5 m, plataforma de 7,8 m y altura máxima de 4,6 m. en la zona de cauce.
- Viaducto Arroyo del Gato. Localizado entre los PK. 10+490 y 10+510, con una luz de 10,58 m, plataforma de 7,8 m y altura máxima de 4,2 m. en la zona de cauce.
- 2 pasos de fauna específicos con marcos de 3x2 m, en los PK. 9+066 y 9+245.
- Marco de 3x2 m en Arroyo de la Osa, en el PK. 12+300.

En las estructuras construidas en el Arroyo de la Cañada y Arroyo del Gato se dispusieron pasos laterales para fauna en las paredes interiores de los estribos, a fin de garantizar una orilla seca para la fauna en períodos de régimen de caudal hidrológico elevado.

Entre los PK. 8+120 y 8+180, la presencia de la Laguna del Mar motivó la construcción de pasos específicos para anfibios; en concreto cinco pasos para anfibios de sección 20x25 cm, y una longitud de 8 m. Dichos pasos transversales se han diseñado como canales inferiores abiertos en su parte superior y protegidos mediante reja de acero. En la margen de la plataforma, los canales longitudinales conducen a los anfibios hacia el interior de los pasos, evitando su acceso a la calzada.



Marco 3x2 m. en construcción. PK. 9+245



Paso de fauna Arroyo del Gato



Detalles de la embocadura del paso de anfibios en la Laguna de la Mar



Disminución de velocidad mediante glorietas.



Resalto señalizado y cartel toponimico en la Laguna de la Mar.

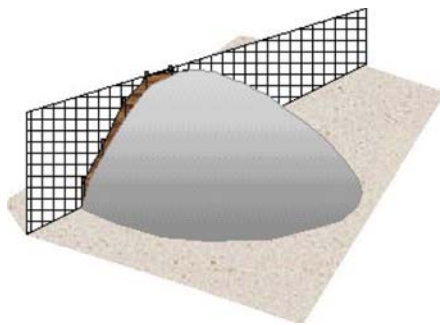


Rampa de escape para lince y vertebrados

Los tubos de drenaje transversal drenaje de sección circular ( de diámetro 1,50 o 1,80 m) se sustituyeron por obras con base plana de dimensiones similares, lo que permite su uso también como paso de vertebrados.

Todas estas medidas de permeabilización permiten que pueda disponerse un mallado de exclusión en los tramos de carretera con riesgo de atropellos de la fauna. La malla de cerramiento permite además canalizar la fauna hacia los pasos transversales. Se colocó una malla de doble torsión, sobre postes de madera tratada cada 5 m, con una altura sobre el suelo de 2 m, y más de 50 cm enterrados. Además de la línea de cerramiento paralela al trazado de la carretera se prolongó el cerramiento en unos 100 metros de forma perpendicular a la carretera con objeto de conducir la fauna silvestre hacia el paso permeable dispuesto.

Se construyeron seis rampas de escape para fauna en los tramos con mallado de cerramiento, a los efectos de permitir la salida de individuos que accidentalmente pudieran quedar atrapados entre la carretera y el vallado.



Para reforzar estas medidas tendentes a reducir el riesgo de atropellos, se diseñaron medidas disuasorias para evitar altas velocidades, medidas que han supuesto en la práctica la conversión de la carretera en una vía paisajística para tráfico lento:

" Utilización de asfalto rugoso. Desde el P.K. 3+200, coincidiendo con la entrada en una formación de pino piñonero (zona forestal) se incorporó al firme una capa de slurry rugoso con el objetivo de generar una perturbación sonora al paso de los vehículos que sirviese como alarma a la fauna que pudiera encontrarse en las proximidades de la vía, evitando su atropello. Al

mismo tiempo provoca una disminución indirecta de la velocidad de circulación de los vehículos.

" Inclusión de glorietas en cinco puntos predefinidos. Una vez identificados los tramos sensibles se procedió a la incorporación de cinco glorietas. El fin perseguido es obligar al usuario a disminuir la velocidad de circulación, posibilitando además una adecuada ordenación del tráfico en los accesos a otras vías.

" Colocación de badenes y bandas sonoras en los tramos sensibles identificados, situados a la entrada y salida de las zonas especialmente sensibles y de la intersección con la vía pecuaria de "Vereda de la Rocina".

" Limitación genérica de velocidad a 60 Km/h y a 40 Km/h en los tramos sensibles identificados.

Se actuó además con medidas para ahuyentar a los animales en los tramos situados lejos de los pasos de fauna y evitar su acceso a la carretera:

" Colocación de reflectores disuasorios. Se dispusieron reflectores en "rojo" en los hitos de arista del trazado a su paso por la formación de pinar, excluyendo los puntos más cercanos a los pasos de fauna ejecutados y los arroyos.

"Creación de franja disuasoria para la fauna en ambas márgenes de la vía, mediante la deforestación en ambos márgenes de la vía a su paso por la zona forestal, creando una banda de protección de 11 metros a cada lado, en la que se respetaron los pies arbóreos de pino y eucalipto, así como los pies notables de matorral noble, en especial: palmito, mirto y acebuche. Se exceptuaron las zonas próximas a pasos de fauna.

Por último, en el cruce con la vía pecuaria de La Rocina se procedió a la señalización, protección con resaltos y bandas sonoras y reposición del cruce a nivel mediante adoquín.

### 4.3. Medidas de restauración e integración paisajística

Como medidas de integración, que conceden a esta carretera el carácter de vía paisajística, se actuó sobre el propio firme, los taludes, las riberas de los cauces y las zonas alteradas.

En las zonas en las que la carretera atraviesa



Reflector a 90° en hito de arista



Barrera de seguridad forrada de madera



Franja disuasoria deforestada

formaciones forestales el firme rugoso se sustituyó por slurry sintético pigmentado en verde.

Se procedió a la revegetación de las zonas anexas a los pasos fauna para potenciar su uso, dando continuidad con el terreno natural. Para acometer esta revegetación se utilizaron especies leñosas correspondientes a la vegetación de monte blanco. Asimismo se procedió a revegetar las riberas de los arroyos mediante una composición de plantas de carácter hidrófilo.

Al objeto de evitar los procesos erosivos superficiales sobre las superficies de los nuevos taludes y facilitar su integración paisajística, se realizó una hidrosiembra en los taludes de mayor magnitud: situados a la salida del arroyo del Saltillo y los situados a la entrada y salida del arroyo de La Cañada. Además se llevó a cabo la plantación de leñosas correspondientes a la "vegetación dispersa de alcornoque", utilizándose acebuche, alcornoque y pino piñonero.

Las barreras de seguridad se integraron forrándolas de madera, reforzando el carácter singular de la vía en puntos concretos, contribuyendo a generar un cambio en la actitud del usuario respecto de las zonas catalogadas como sensibles.

#### 4.4. Medidas preventivas durante la construcción

Las obras de acondicionamiento de la HF-6248 se ejecutaron en dos fases diferenciadas como consecuencia de la interrupción temporal ocasionada por los motivos inicialmente descritos. En la primera fase de la obra, entre diciembre de 1998 y julio de 1999, se procedió a la realización de los desbroces y decapado de tierra vegetal, y a la ejecución de la estructura del Arroyo de Saltillo debido a los problemas hidrológicos que ocasionaba este cauce en el entorno. Una vez acometida la modificación del proyecto se procedió a la ejecución de la segunda fase de las obras entre marzo de 2001 y febrero de 2002, realizándose en esta fase la aplicación de la mayoría de las medidas preventivas y correctoras del impacto ambiental y la adecuación de la tipología de la vía sin que se produjeran incidencias relevantes. La ejecución de las obras fue supervisada por un

equipo multidisciplinar de Dirección de Obra, con un Asesor Ambiental de experiencia contrastada encargado de la vigilancia ambiental de la ejecución de los trabajos y de la coordinación dinámica con las entidades e instituciones que participaron en la definición de los mismos: Consejería de Medio Ambiente, Parque Nacional de Doñana, Parque Natural de Doñana, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A., Asociaciones ecologistas, etc.

Entre las medidas preventivas adoptadas en la fase de construcción cabe reseñar fundamentalmente las siguientes:

- Prohibición de ubicar instalaciones auxiliares en zonas de vaguada, cauce o recarga.
- Medidas contra la contaminación atmosférica.
- Gestión de residuos de obra.
- Medidas de protección de zonas singulares: balizamiento de la zona de obras complementado con señalización de elementos singulares.
- Medidas de protección contra incendios.

#### 4.5. Medidas de concienciación del usuario

Es necesario en este tipo de carreteras adoptar medidas que motiven directa e indirectamente un cambio en la percepción del usuario sobre la propia vía y el entorno circundante, resaltando los recursos del medio e informando de los valores naturales que posee. En este sentido debe destacarse que la adopción de este conjunto de medidas puede llevarse a cabo por la tipología de sistema viario, puesto que no se trata de una carretera destinada a funcionar como eje de gran capacidad de transporte sino como sistema viario de vertebración territorial que permite acceder a enclaves singulares.

Con este fin, en zonas sensibles se pigmentó el firme con slurry sintético de color verde y se instaló un área de descanso en el Paraje denominado del "Corral del Venado", con una dotación de mesas con bancos adosados, contenedores de basuras, un área de aparcamiento, baranda de madera, carteles de Información del medio natural, señal de "prohibido hacer fuego" y señal de "arroje la basura en contenedores". Además, y con el objeto de informar al usuario, se colocó un panel información representativo de las medidas correctoras aplicadas en la carretera.



**LUIS RAMAJO RODRIGUEZ**

La Aplicación de la Directiva de Hábitats 92/43/CEE.  
Medidas Compensatorias en la Autopista A-381, Jerez-Los Barrios.

## **Luis Ramajo Rodríguez** Especialista de Medio Ambiente. GIASA - Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía

### **\_La Aplicación de la Directiva de Hábitats 92/43/CEE. Medidas Compensatorias en la Autopista A-381, Jerez-Los Barrios.**

#### **1. Introducción.**

El desarrollo sostenible está considerado como uno de los principales objetivos en las políticas y estrategias de desarrollo sectorial y territorial, dado el progresivo deterioro ambiental al que está sometido nuestro entorno. La definición y aplicación de la normativa ambiental orientada por este objetivo ha supuesto un avance cualitativo y cuantitativo en la prevención ambiental y en la conservación del patrimonio natural, social y cultural.

Y en este sentido es evidente que existen determinadas actividades, entre las que se encuentran las obras de infraestructura, que suponen una fuerte intervención sobre el medio y sus componentes. Para minimizar sus efectos, se requiere la consideración ambiental en la fase de planificación y estudios previos de los programas de infraestructuras, la evaluación de los efectos ambientales, y la definición de las medidas preventivas y correctoras adecuadas. Sin embargo, en ocasiones estas medidas pueden ser insuficientes para garantizar la protección ambiental.

La Directiva Hábitat (92/43/CEE) de la Unión Europea relativa a la Conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, y su transposición al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 1997/1995, establecen que para la realización de cualquier plan, programa o proyecto catalogado de interés público, que pueda afectar negativamente a espacios o hábitats incluidos en la Red Natura 2000, deberán adoptarse cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar la coherencia global de la Red Natura 2000.

La incidencia de esta normativa sobre los futuros planes y proyectos de infraestructuras viarias en Andalucía es sin duda notable, ya que:

- El territorio andaluz incluido en la Propuesta de

Lugares de Interés Comunitario supera el 28 % de su superficie total.

- En los próximos años, de acuerdo con el Plan Director de Infraestructuras de Andalucía 1997-2007, se actuará principalmente en el acondicionamiento de la Red Intercomarcal, y en la Red secundaria de carreteras, viario que se desarrolla en gran parte dentro de espacios propuestos para integrar la RedNatura2000.

Su trascendencia en el diseño de las infraestructuras futuras obliga a realizar reflexiones sobre su correcta aplicación, dentro del marco de estas Jornadas sobre carreteras y espacios naturales protegidos. La propia normativa en la que se basa su aplicación proporciona algunas pautas y criterios, que inciden claramente en que su utilización debe reservarse para casos concretos, justificados solo por razones de interés público de primer orden, ya que la opción por defecto en caso de elevada afección a hábitats o especies prioritarias debe ser desestimar el trazado y buscar otras alternativas.

Este es el caso de la Autovía Jerez-Los Barrios, donde la Declaración de Impacto emitida por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía determinaba la aplicación de Medidas Compensatorias, con un desarrollo concreto.

#### **2. La propuesta de Lugares de Interés Comunitario de la Comunidad Autónoma Andaluza.**

La denominada red Natura 2000 pretende ser una red ecológica europea de espacios naturales, a los que denomina Zonas Especiales de Conservación (ZEC's) y su creación viene establecida en la Directiva 92/43/CEE del Consejo, relativa a la conservación de hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, conocida como Directiva Hábitats.

El objeto de esta Directiva es preservar la biodiversidad en la Comunidad Europea, mediante la conservación de los hábitats naturales y de las especies fauna y flora silvestres calificados de interés comunitario (de acuerdo con la relación que figura en sus anexos).

La designación de las ZEC's pasa por diversas fases, que se inician con la creación de una lista nacional de lugares de interés de cada estado miembro, tomando como base los criterios del anexo III de la Directiva. Los lugares propuestos deben proceder de una evaluación científica de todos los hábitats y especies presentes en el Estado. La Comisión Europea efectúa la selección de estos lugares, en colaboración con los Estados miembros y asesorada por el Centro Temático de la Naturaleza de la Agencia Europea de Medio Ambiente. Finalmente, la declaración como ZEC's de los lugares incluidos en las listas de Lugares de Importancia Comunitaria la realiza cada estado miembro.

En el caso español, la lista inicial está compuesta por las propuestas realizadas por cada Comunidad Autónoma, y son estas las que finalmente declaran la Zona de Especial Conservación.

En la Directiva se recoge expresamente que se integran en esta red las Zonas Especiales de Protección para Aves (ZEPA's) ya clasificadas como tal o las que se clasifiquen en un futuro en virtud de la Directiva 79/409/CEE del Consejo, relativa a la conservación de las aves silvestres, conocida con Directiva Aves.

La aplicación y desarrollo de las Directivas Hábitats y Aves en Andalucía ha supuesto que, en el territorio andaluz, la red Natura 2000 cuente actualmente con zonas declaradas ZEPA y con zonas propuestas como Lugares de Interés Comunitario, fase inicial de las ZEC's. En cuanto a las ZEPA's, en estos momentos Andalucía cuenta con 22 zonas declaradas, lo que supone, aproximadamente, 1.000.000 de hectáreas designadas, y ha abierto el proceso de información pública para la designación de determinados Espacios Naturales Protegidos como ZEPA's. En este último caso se pretenden declarar 39 nuevas ZEPA's y ampliar una ya existente, la de Doñana. Esto supondrá un incremento de la superficie declarada ZEPA en más de 500.000 Ha.

En cuanto a las ZEC's, la propuesta de Lugares de Interés Comunitario de Andalucía ha quedado finalmente configurada en enero de 2001, con 193 lugares que suponen una superficie de 2.502.498 hectáreas, el 28'7% de la superficie andaluza. Además, se incluyen en la propuesta 84.178 hectáreas de zonas marinas.

La propuesta de lugares se ubica en un 84% en áreas forestales y naturales lo que, junto con el 6,8% que aportan las zonas húmedas y superficies de agua, implica que la propuesta se configura en más de un 90% en territorios que no incluyen infraestructuras o zonas con agricultura.

Más del 62% de estos Lugares tienen ya actualmente protección como Espacio Natural Protegido. La propuesta incluye casi la totalidad (99'4%) de los espacios que configuran la Red de Espacios Naturales Protegidos.

### **3. Incidencia de la Directiva Habitats en Planes y Proyectos.**

Según se especifica en el Artículo 6 de esta Directiva, en sus apartados 3 y 4:

3. Cualquier plan o proyecto, que sin tener relación directa con la gestión del lugar o sin ser necesario para la misma, pueda afectar de forma apreciable a los citados lugares, ya sea individualmente o en combinación con otros planes y proyectos, se someterá a una adecuada evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación de dicho lugar. A la vista de las conclusiones de la evaluación de las repercusiones en el lugar y supeditado a lo dispuesto en el apartado 4, las autoridades nacionales competentes sólo se declararán de acuerdo con dicho plan o proyecto tras haberse asegurado de que no causarán perjuicio a la integridad del lugar en cuestión y, si procede, tras haberlo sometido a información pública.

4. Si a pesar de las conclusiones negativas de las repercusiones sobre el lugar y a la falta de soluciones alternativas, debiera realizarse un plan o proyecto por razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas razones de índole social o económica, el Estado miembro tomará cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar que la coherencia global de Natura

2000 quede protegida. Dicho Estado miembro informará a la Comisión de las medidas compensatorias que haya adoptado. En el caso de que el lugar considerado albergue un tipo de hábitat y/o una especie prioritarios, únicamente se podrá alegar consideraciones relacionadas con la salud humana y la seguridad pública, o relativas a consecuencias positivas de primordial importancia para el medio ambiente, o bien, previa consulta a la Comisión, otras razones imperiosas de interés público de primer orden.”

Los apartados 3 y 4 del artículo 6 establecen un procedimiento por fases con respecto al examen de planes y proyectos:

a) La primera fase consiste en una evaluación previa de los efectos y está regulada por la primera frase del apartado 3 del artículo 6. Este mandato se ha transpuesto específicamente en la Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental. En su anexo I, incluye entre las actividades sometidas obligatoriamente a Impacto Ambiental determinados proyectos inicialmente no sometidos cuando se desarrollen en zonas especialmente sensibles, designadas en aplicación de la Directiva 79/409/CEE, del Consejo, de 2 de abril, relativa a la conservación de la aves silvestres, y de la Directiva 92/43/CEE, del Consejo, de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

La Ley 8/2001 de carreteras de Andalucía, que en su disposición final primera modifica la Ley de Protección de Impacto Ambiental en lo relativo al procedimiento de prevención aplicable a infraestructuras de transportes, se pronuncia en idéntico sentido, sometiendo a Evaluación de Impacto las actuaciones inicialmente sometidas solo a Informe Ambiental, si se desarrollan en Espacios Naturales Protegidos o en zonas propuestas para integrar la Red Natura 2000.

b) La segunda fase se rige por la segunda frase del apartado 3 del artículo 6 y se refiere a la decisión de las autoridades nacionales competentes. La palabra “nacional” se ha utilizado para marcar la diferencia con los términos “comunitario” o “internacional”. Se refiere, pues, no sólo a las autoridades de la administración

central sino también a las autoridades regionales, provinciales o municipales que deben autorizar a aprobar un plan proyecto. El mantenimiento de la “integridad del lugar”, como condición en la toma de decisiones, debe estar ineludiblemente vinculado a los objetivos de conservación de dicho lugar. Es posible que un plan o proyecto afecte negativamente a la integridad de un espacio sólo desde el punto de vista visual o únicamente con respecto a tipos de hábitats no incluidos en el anexo I o especies no incluidas en el anexo II. En esos casos, los efectos no se consideran negativos con arreglo a este artículo. Por otra parte, indica que se está insistiendo en un espacio concreto, por lo que no se justifica la destrucción de un lugar o parte de un lugar alegando que el estado de conservación de los tipos de hábitats y especies presentes sigue siendo favorable a escala nacional o comunitaria.

c) La tercera fase (prevista en el apartado 4 del artículo 6) se activa si, pese a una evaluación negativa, se propone no rechazar un plan o proyecto sino seguir estudiándolo, en cuyo caso existe una serie de etapas que deben seguirse en la sucesión prevista.

- La primera etapa consiste en estudiar la posibilidad de recurrir a otras soluciones que respeten mejor la integridad del lugar. Puede tratarse de ubicar el plan o proyecto en otro lugar (o de modificar el itinerario de un proyecto de infraestructura lineal), cambiar su envergadura o su diseño, o aplicar otros métodos. Debe también tenerse en cuenta la “opción cero”.

- A falta de soluciones de sustitución, la segunda etapa consiste en estudiar la existencia de razones imperiosas de interés público de primer orden, incluso de carácter social o económico, que exigen la realización del plan o proyecto. Los objetivos de conservación de la directiva sólo pueden sopesarse con intereses públicos, promovidos por entidades públicas o privadas. Por consiguiente, los proyectos que redundan únicamente en intereses privados no pueden considerarse incluidos en este concepto. Se citan, como ejemplos de tales razones, la salud humana y la seguridad pública, así como las consecuencias positivas de primordial importancia para el medio ambiente.

- Si se cumplen los requisitos, la tercera etapa será la adopción obligada de medidas compensatorias

Las posibilidades de aplicación del proceso y el grado en que se aplica dependen de varios factores; cada etapa, además, está condicionada por la anterior.

Por lo que se refiere al alcance geográfico, las disposiciones del apartado 3 del artículo 6 no se limitan sólo a planes y proyectos que se realizan en un espacio protegido sino también a los que, pese a estar situados fuera, pueden tener un impacto apreciable sobre él.

Por lo que se refiere a la condición "pueda afectar de forma apreciable a los citados lugares" las medidas establecidas en el artículo 6 se activan no cuando hay certeza sino probabilidad de efectos apreciables. Según el principio de cautela, por tanto, no puede admitirse, como justificación por no haber realizado una evaluación, el argumento de que no hay seguridad de que haya efectos apreciables.

#### 4. Las Medidas Compensatorias.

La Directiva Hábitats no ofrece una definición de "medidas compensatorias". Sin embargo, la experiencia en la aplicación de procedimientos de prevención ambiental y restauración permite establecer una distinción clara entre:

- Medidas correctoras y preventivas en sentido amplio, que tienen por objeto reducir e incluso suprimir los impactos negativos sobre el lugar en sí
- Medidas compensatorias, que son independientes del proyecto, y tienen por objeto compensar los efectos negativos de ese proyecto en un hábitat.

La adopción de medidas compensatorias no es sino la última fase en la toma de decisiones cuando un proyecto afecta directa o indirectamente a un espacio de la Red Natura 2000. El hecho de que la administración actuante proponga medidas compensatorias desde el principio no le exime de su obligación de cumplir de forma previa todas las etapas descritas, y en particular el estudio de las soluciones de sustitución y la evaluación comparativa del interés del plan o proyecto en relación con el valor natural del lugar. Las medidas compensatorias son medidas específicas de un plan o proyecto, adicionales a

las prácticas normales de aplicación de las directivas sobre naturaleza. Tienen por objeto compensar el impacto negativo de un proyecto y proporcionar una compensación que corresponda exactamente a los efectos negativos sobre la especie o el hábitat afectado. Las medidas compensatorias constituyen el "último recurso". Se utilizan únicamente cuando las demás disposiciones de la directiva resultan inútiles y se ha decidido considerar, pese a todo, la posibilidad de realizar un plan o proyecto que tiene un efecto negativo sobre un espacio de Natura 2000.

Interpretando los criterios generales que la Directiva Hábitats aplica para la creación de la Red Natura 2000, estas medidas compensatorias pueden consistir en:

- La creación de un hábitat en un lugar nuevo o ampliando uno existente, para su inclusión en la red Natura 2000.
- La valorización biológica de un hábitat ya incluido en la Red Natura 2000 que presenta un estado de conservación no favorable.
- La inclusión en la red Natura 2000 de un espacio existente que no se había considerado importante proponer con arreglo a la directiva cuando se elaboró la lista biogeográfica.

En general, el resultado de las medidas compensatorias tiene que haberse conseguido cuando los daños del proyecto son efectivos, salvo si puede demostrarse que esa simultaneidad no es necesaria para que el lugar contribuya a la red Natura 2000.

Las medidas compensatorias deben orientarse a garantizar que la coherencia global de Natura 2000 quede protegida. Deben, por tanto actuar, en proporciones comparables, sobre los mismos hábitats y especies afectados negativamente, o al menos referirse a la misma región biogeográfica en el mismo Estado miembro. La distancia entre el espacio inicial y el lugar en el que se adoptan las medidas compensatorias no constituye, pues, un obstáculo, siempre y cuando no afecte a las funciones del lugar ni a las razones que motivaron su selección inicial.

## 5. La aplicación de la Directiva Hábitats en la Autovía Jerez-Los Barrios.

En estas fases iniciales de la creación de la Red Natura 2000, se están aplicando las medidas de precaución y cautelares que la Directiva establece sobre los espacios integrados en la propuesta de Lugares de Interés Comunitario. En este sentido, en las Declaraciones de Impacto de grandes infraestructuras que afectan a espacios LIC de la comunidad autónoma se ha incluido la obligatoria adopción de medidas compensatorias.

Este es el caso de la Autovía A-381, entre Jerez de la Frontera y Algeciras. En esta actuación, el desdoblamiento de la actual carretera A-381 (antigua C-440) entre Jerez de la Frontera, Alcalá de los Gazules y Los Barrios, discurre próximo a la Reserva Natural de la Laguna de Medina, en el tramo cercano a Jerez, y afecta al Parque Natural de Los Alcornocales, en el tramo entre Alcalá de los Gazules y Los Barrios.

Estos dos espacios naturales protegidos por la normativa autonómica están propuestos para su incorporación a la Red Natura 2000 de la Unión Europea. La Laguna de Medina presenta una superficie de 110 ha, y destaca por su importancia como hábitats de aves silvestres. El Parque Natural de Los Alcornocales presenta una extensión superior a 170.000 Ha, con una enorme riqueza de fauna y vegetación, en la que destacan las extensas formaciones de alcornoques y las formaciones de "canutos", angostos valles donde se ubican formaciones vegetales relictas del terciario acantonadas en estos microclimas, y especies arbóreas propias de los bosques de laurisilva.

En aplicación de la Directiva Hábitats, y de su transposición a la legislación estatal mediante el Real Decreto 1997/1995, la Declaración de Impacto Ambiental emitida por el organismo ambiental, ante la ausencia de corredores alternativos que no afectaran a estos espacios, estableció en su condicionado undécimo la necesidad de acometer un Programa de Medidas Compensatorias, independiente de la ejecución de las distintas medidas preventivas y correctoras que se especificaban en el Estudio de Impacto

Ambiental del Estudio Informativo de la nueva Autovía.

### 5.1. El Parque Natural Los Alcornocales

Al sur de la Sierra de Grazalema, en dirección al Estrecho de Gibraltar, y a caballo entre las provincias de Cádiz y Málaga, se extienden las aproximadamente 170.025 Has. del Parque Natural Los Alcornocales.

A lo largo del mismo, el sustrato geológico está dominado por areniscas silíceas y formaciones de flysch características del Campo de Gibraltar, sobre cuyos materiales la orogenia alpina modeló un conjunto de sierras que, a pesar de su modesta altura (cota máxima 1.092 metros) su situación y orientación, le convierten en un factor determinante de las condiciones climáticas de la zona. En su conjunto éstas se caracterizan por ser extremadamente favorables para el desarrollo del tapiz vegetal: por un lado la proximidad del mar tiene un efecto suavizante sobre las temperaturas extremas, mientras que, por otro, la incidencia de las masas de aire oceánico, cargadas de humedad, generan fuertes lluvias y nieblas, que amortiguan los rigores estivales.

La incidencia de un clima suave y relativamente húmedo sobre un terreno de orografía compleja, la variabilidad edáfica, donde predominan los suelos silíceos, frente a unos entornos predominantemente calizos, y la particular historia paleoclimática, son factores que explican la riqueza botánica de este espacio. Dicha riqueza no solo se manifiesta en la extensión y exuberancia de las formaciones boscosas, entre las que predominan los alcornocales, y en menor medida quejigales, encinares y acebuchales, todos ellos acompañados de un profuso matorral (brezos, madroños, lentiscos, labiérnados, aulagas y helechales), sino también en el catálogo florístico, del que una notable proporción resultan taxones raros o endémicos. Así, existen especies exclusivas de este espacio, como el escobón (*Cytisus tribactolatus*) y una subespecie de avelanillo (*Frangula alnus* subsp. *baetica*), mientras lo son a nivel peninsular, el ojaranzo (*Rhododendrom ponticum* subsp. *baeticum*) y la robledilla (*Quercus fruticosa*). Igualmente se hallan elementos relictos de laurisilva terciaria que han sobrevivido a la extinción gracias a las peculiaridades microclimáticas que convergen en las gargantas

muy encojadas y umbrías, conocidas como "canutos", (*Davallia canariensis* y *Culcita macrocarpa*), que conviven junto a otras de origen eurosiberiano, como laureles (*Laurus nobilis*) y acebo (*Ilex aquifolium*), siendo las especies más características de estos microclimas.

La abundancia y variedad de formaciones vegetales que se suceden en estas sierras (pastizales, matorrales, alcornoques, quejigales, sotos, etc.) va acompañada de una rica fauna que explota esta diversidad de medios. Entre ellos cabría destacar la avifauna propia de masas de bosque, como arrendajos, agoteadores comunes, picos picapinos, pinzones, mosquiteros y páridos en general, así como aquellas pripias de los enclaves más húmedos próximos a los arroyos, como oropéndolas, picogordo, petirrojos, etc. Dentro de las rapaces resultan significativas las propias de masas arboladas, como el cárabo entre las nocturnas, y azor, gavián, águila calzada y culebrera entre las diurnas. Asociados a los costados de areniscas (localmente conocidos como "lajas") se encuentran colonias de buitre leonado nidificantes del halcón peregrino, águila perdicera y búho real. En las espesuras más intrincadas se esconden algunos carnívoros casi imposible de ver, como el gato montés, la garduña, y en mayor número, la gineta. Especialmente abundante resulta uno de los escasos mustélidos de hábitos diurnos, el meloncillo. Entre los grandes mamíferos destaca el ciervo común, el jabalí, éste último muy mermado por la peste africana, y el corzo, que alberga en las espesuras de estos montes la población más meridional de Europa.

La presencia humana en el Parque data de épocas remotas, como señalan las pinturas encontradas en las lajas de las serranías. Más tarde los colonizadores mediterráneos, fenicios y griegos, desembarcaron en estas costas estableciendo contactos comerciales con los indígenas. Los romanos transformaron los bosques y fundaron ciudades como Oboa (Jimena de la Frontera) y Lascuta (Alcalá de los Gazules). Ya en la Edad Moderna los bosques fueron preservados por los musulmanes que realizaron trabajos de conservación.

Entre los usos tradicionales en el Parque ligados a la explotación de sus recursos naturales destacan la saca del corcho y las monterías. La extracción del corcho es un recurso ancestral, que

aún hoy se realiza de forma muy similar. El período de descorche debe coincidir con la máxima actividad vegetativa para que el árbol se recupere lo más pronto posible. Es llevado a cabo por cuadrillas que viven en el monte mientras dura la operación. Obreros especializados realizan la "pela" y van apilando las "panas" que serán trasladadas mediante caballería para más tarde pesarlas y clasificarlas. Junto a este recurso se realiza la cría de cerdo en montanera, cabras, vacas y ganadería brava.

## **5.2. El programa básico de medidas compensatorias.**

En cumplimiento de la Declaración de Impacto, que establecía "con el fin de desarrollar las diferentes líneas de actuación, la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía realizará el correspondiente estudio científico, que deberá estar avalado por una Entidad de Carácter Científico", se firmó un convenio de colaboración con la Estación Biológica de Doñana (CSIC), para que un equipo de investigadores realizara los estudios y trabajos necesarios que permitieran identificar los objetivos y criterios de actuaciones a realizar.

Las conclusiones, recopiladas en una Memoria Final, bajo la denominación Programa Básico de Medidas Compensatorias, identifican que la construcción de la autovía generará unos impactos ambientales directos sobre el medio que deberán corregirse o minorarse a través de las oportunas medidas preventivas y correctoras. Pero además se generarán otros impactos o afecciones de carácter indirecto o difuso, que se irán desarrollando a lo largo del tiempo, que incrementen la fragilidad de los ecosistemas. Las medidas compensatorias deben dirigirse hacia estos impactos difusos, de manera que se definan actuaciones concretas para reforzar o fortalecer las partes y elementos más sensibles del ecosistema a los efectos de reducir su fragilidad y mejorar su capacidad de respuesta ante una acción perturbadora.

Para determinar los elementos y unidades receptores de las medidas compensatorias se seleccionaron los medios o hábitats que por su singularidad y por sus valores naturales podían identificarse como sensibles. Así mismo se seleccionaron las especies utilizadas como indicadores de la calidad del medio, y las especies

“paraguas”, utilizadas en estrategias de conservación mundial, ya que su protección supone la conservación de grandes proporciones de hábitats inalterados.

Teniendo en cuenta esta metodología y este criterio, el Proyecto Básico de Medidas Compensatorias propone actuaciones de mejora y conservación de hábitats y especies, actividades de divulgación de los valores naturales del Parque Natural, así como la realización de estudios de investigación sobre el medio y las especies sensibles que lo habitan, y de seguimiento de las actuaciones proyectadas. Este proyecto presenta la particularidad de no ceñirse sólo a la zona de afección de la autovía, definiéndose para el conjunto del espacio protegido.

### **5.3. Estudios.**

Los estudios, realizados por el C.S.I.C. y Universidades andaluzas, han permitido un mayor conocimiento de especies y hábitats de interés en el Parque Natural y su entorno. Estudios de investigación, cartografía, y seguimiento de las actuaciones sobre medios sensibles.

Estos estudios se han centrado en la investigación y propuesta de normativa de protección de los canutos, formaciones de ribera de los cursos altos de los arroyos de estas sierras. Las peculiaridades climáticas generales de la zona que confiere la proximidad al estrecho de Gibraltar, con precipitaciones importantes, junto a la alta humedad ambiental y a las suaves temperaturas, se acentúan en las gargantas de montaña confiriendo un microclima muy exclusivo que ha permitido que conviva un buen número de plantas de diversas procedencias. Una parte importante tiene sus orígenes en la flora de laurisilva que ocupaba el Mediterráneo durante el Terciario. Los estudios incluyen el Inventario y cartografía de pteridófitas (helechos) y briofitas (musgos), la biología y estructura genética de las poblaciones de árboles y arbustos, y un estudio de invertebrados y han sido realizados por equipos de investigación de universidades andaluzas. El mejor conocimiento de estos ecosistemas ha permitido sentar las bases para adoptar propuestas concretas de conservación y gestión. Los estudios para la caracterización de los invertebrados, realizados por la Universidad Pablo de Olavide, se han centrado en aquellos cursos

de agua identificados como canutos por la presencia como especie indicadora del ojaranzo. En ellos se ha inventariado la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, mediante recogida de muestras y determinación taxonómica. Como resultado de estos estudios, se tiene un mayor conocimiento de la estructura de estas poblaciones, se han determinado nuevas especies para la ciencia, y se han identificado 11 especies específicas de este ecosistema, así como poblaciones desconocidas en el sur peninsular, 7 endemismos de la región sur de Europa y norte de África, y 11 especies endémicas de la península. Los Estudios sobre la biología y estructura genética de las poblaciones de árboles y arbustos de los canutos realizado por la Universidad de Sevilla, han puesto de manifiesto una abundancia diferencial entre las especies que constituyen la flora propia de estos ecosistemas. Así, se constata que la reproducción del ojaranzo se realiza por multiplicación vegetativa, y su desarrollo está relacionado con las condiciones de requerimientos ecológicos que resultan diferenciales entre las plántulas y los individuos adultos. Por el contrario, el avellanillo presenta una elevada capacidad de germinación y no se propaga por reproducción vegetativa. Además, la regeneración de estas especies está muy condicionada por la presión que ejercen los herbívoros sobre estas zonas del Parque. Los datos obtenidos han permitido proponer un conjunto de directrices para su conservación, como la necesidad de proteger la vegetación adyacente, el mantenimiento de los caudales hídricos y su calidad, y el control de las poblaciones de herbívoros; finalmente se dan recomendaciones para las campañas de recolección de semilla de estas especies.

Estudios de investigación y seguimiento de las actuaciones a realizar sobre especies sensibles. Incluyen el censo de los murciélagos cavernícolas, estudio del hábitat de la nutria, estudio y zonación de la Calidad del Hábitat del conejo y del corzo, estudios de evolución de las poblaciones de águila perdicera, alimoche y milano real, y finalmente estudios de seguimiento de la reintroducción de Águila imperial y Águila pescadora en el entorno del Parque Natural de los Alcornocales. Todos ellos han sido desarrollados por grupos de investigación del Centro Superior de Investigaciones Científicas, Estación Biológica de Doñana. El estudio sobre el corzo morisco o andaluz, pretende identificar los requerimientos ecológicos

específicos que permitan el fortalecimiento de esta especie en el entorno del Parque Natural. Con este objetivo, se han elaborado mapas sobre la calidad del hábitat para el corzo en el Parque Natural y áreas limítrofes a los efectos de establecer áreas refugio y corredores de seguridad, identificando en una segunda fase zonas de alta calidad, media calidad y baja calidad para el corzo. Los estudios sobre la nutria analizan la presencia o ausencia de la nutria en arroyos, ríos y embalses del Parque Natural y su entorno, la calidad de los recursos tróficos y del hábitat en general, y los factores que afectan su distribución y reproducción.

Los estudios de seguimiento de la reintroducción de Águila imperial y Águila pescadora en el entorno del Parque Natural de los Alcornocales, desarrollan trabajos de investigación complementarios a las actuaciones que ejecuta directamente la Consejería de Medio Ambiente y otras entidades, con una duración de 5 años (2002-2006). Estos estudios incluyen técnicas de marcaje y radioseguimiento de los especímenes reintroducidos.

#### **5.4. Actuaciones.**

Las actuaciones que se realizan como medidas compensatorias parten de las medidas propuestas en el Programa Básico, y se orientan a algunas de las especies y hábitats identificadas en el mismo.

*Medidas relacionadas con la vegetación y la restauración de hábitats, e instalaciones de uso público.*

Incluye actuaciones diversas:

- Actuación 1: Transplante de especies vegetales afectadas por la construcción de la autovía. En fase previa al desbroce de la autovía, se han trasplantado un total de 1.000 ejemplares notables de especies arbóreas autóctonas, que han sido llevados a vivero y posteriormente plantados en otras zonas de acogida.
- Actuación 2: Restauración de vegetación de ribera El objetivo prioritario de esta actuación es la mejora de las condiciones ecológicas de las márgenes de los ríos Barbate, Álamo, Almodóvar, Rocinejo y Alberite, mediante la plantación de especies arbóreas y arbustivas. Ello ocasionará la mejora de la calidad de las aguas, el control de avenidas y sedimentos y la diversificación de

hábitats para la fauna piscícola y silvestre. Asimismo lleva implícito una mejora de la calidad paisajística.

- Actuación 3: Adecuación centro de cría El Picacho. Tiene como fin mejorar las instalaciones ya existentes en el centro de cría de El Picacho, implantando los equipamientos e infraestructuras necesarios para apoyar el desarrollo de líneas de investigación sobre la estrategia adaptativa del corzo, así como programas de reforzamiento o introducción de las poblaciones de corzos en las sierras andaluzas.
- Actuación 4: Instalación y equipamiento de áreas de educación ambiental. Pretende crear un cinturón periférico de instalaciones y áreas de educación ambiental que fomente la afluencia de visitantes hacia zonas ordenadas y controladas, disminuyendo así la presión antrópica sobre otras zonas más sensibles del P.N. de los Alcornocales.
- Actuación 5: Proyectos de recuperación ambiental y restauración de hábitats. Implica la realización de naturalizaciones y diversificaciones de las masas forestales, mediante la plantación de especies autóctonas.
- Actuación 6: Proyectos de restauración de sistemas lagunares. El ámbito de actuación se centra en la Laguna de Medina. Los objetivos perseguidos son por un lado dotar a la Laguna de infraestructuras de educación ambiental; y por otro realizar correcciones hidrológicas en ciertas áreas que lo requieren. Creación de un jardín botánico en Jimena de la Frontera. Dentro de las medidas propuestas con un claro objetivo de dotar al Parque Natural Los Alcornocales de una red de espacios de uso público y de centros de investigación, tiene especial importancia la creación en la finca El Risco, en Jimena de la Frontera (Cádiz), de un jardín etnobotánico. En él se combinarán actividades de conservación de las especies vegetales, estando dotado de las instalaciones necesarias para el desarrollo de estudios científicos centrados en la conservación genética de la flora, y actividades de divulgación científica, etnográfica e histórica. La finca tiene una superficie de 8,96 ha, y es colindante con la zona urbana. *Medidas compensatorias relacionadas con recursos hídricos.*

Se orientan principalmente a mejorar las condiciones del hábitat para favorecer la extensión de las poblaciones de nutrias. Incluye medidas diversas como:

- Pasos para nutrias en obras de drenaje de carreteras. Consiste en la construcción de pasos seguros en las obras de drenaje de las carreteras existentes que cruzan sobre ríos y arroyos donde se constata la presencia de nutrias. La finalidad que persigue esta actuación es reducir las muertes por atropello.
- Islas artificiales para nutrias. Son plataformas flotantes situadas en los embalses, a modo de islas ancladas al fondo, y sobre las que se sitúan elementos cuya funcionalidad es ofrecer refugios a la nutria. Se proyectan un total de quince islas artificiales, diez estarán ubicadas en el Embalse de Barbate y cinco en el Embalse del Celemín.
- Refugios para nutrias. Los refugios de nutria están destinados a proporcionar áreas de reposo en los pastizales que constituyen la orla que rodea los embalses. Consisten en la creación de majanos o amontonamiento de piedras. Entre las piedras se colocan tubos de hormigón huecos, de 35 cm. de diámetro. Se construirán en total quince refugios, diez de ellos en el Embalse de Barbate, y otros cinco en el del Celemín.
- Instalación de bebederos. Se construyen bebederos para el ganado, a los efectos de reducir la presión del ganado sobre los pequeños ríos y arroyos, evitando así la entrada de materia orgánica en el agua y mejorando con ello el hábitat para la nutria. Se ubicarán un total de diez de estos bebederos en montes de titularidad pública del Parque Natural de Los Alcornocales.
- Generación de sublagunas autoalimentadas en las colas del Embalse de Barbate. La actuación consiste básicamente en una regulación hídrica independiente de las colas de los embalses, con la creación de dos sublagunas como zonas potenciales de acogida para las aves acuáticas que frecuentan estos parajes. Medidas compensatorias relacionadas con los tendidos eléctricos y fauna. Estas medidas se orientan a actuar sobre otras especies sensibles del parque, como los murciélagos, el corzo y las aves rapaces. Las actuaciones se centran en crear nuevos refugios

de murciélagos, aislar tendidos eléctricos peligrosos, recuperar las poblaciones de conejo y adecuar el mallado cinegético en zonas de corzo.

El Plan de Protección de refugios de murciélagos define actuaciones concretas que se ejecutarán con el fin de mejorar las condiciones de algunos de los refugios existentes, y crear otros nuevos que puedan albergar poblaciones de murciélagos cavernícolas. Se actúa en minas, cuevas, conducciones abandonadas, polvorines y Bunkers militares.

Las actuaciones en tendidos eléctricos prevén el aislamiento de los conductores de las líneas tipificadas como peligrosas en el Proyecto Básico de Medidas Compensatorias, con el fin de evitar la electrocución de aves. Sobre las líneas tipificadas como peligrosas se realizan dos tipos de actuaciones: el aislamiento de conductores, y el cambio de posición de seccionadores en cabecera.

El Plan de Recuperación del Conejo actúa en tres parcelas situadas en terrenos públicos donde se efectúan labores de mejora del medio y se realizan sueltas controladas de conejos durante varios años.

El programa de Educación Ambiental desarrolla actividades diversas, como edición de folletos, póster, organización de cursos de educación ambiental, diseño de itinerarios guiados, publicaciones etc., con el fin de mejorar el conocimiento y la percepción que del parque tienen sus habitantes y visitantes.

### **5.5. Control y seguimiento.**

Actualmente (inicios del 2004) los estudios sobre hábitats y especies están finalizados o en sus últimas fases. Las distintas actuaciones se encuentran en fase de ejecución, con final previsto para el 2008. La totalidad de las medidas compensatorias están valoradas en más de 1.200.000.000 Ptas. (7.212.145,25 Euros). La ejecución del Proyecto de Medidas Compensatorias correspondiente a la A-381, Jerez de la Frontera-Los Barrios, está coordinada y supervisada por una Comisión Mixta de Seguimiento, con representación de las Consejerías de Obras Públicas y Transportes, y de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía,

**Jornadas Internacionales Sobre Infraestructuras viarias y Espacios Naturales Protegidos**

**Luis Ramajo Rodríguez**  
La Aplicación de la Directiva de Hábitats 92/43/CEE. Medidas Compensatorias en la Autopista A-381, Jerez-Los Barrios.

Ministerio de Fomento, Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A., y la Estación Biológica de Doñana (C.S.I.C.).

Entre las funciones asignadas a la Comisión Mixta de Seguimiento destaca el control y seguimiento

de las actuaciones, la elaboración de indicadores que permitan evaluar la aplicación de las medidas compensatorias sobre el medio, y determinar las posibles modificaciones y adiciones a las actuaciones propuestas.



**mirador**  
**Atajate**



8



**Diego Crespo Moreno**

Obras de Acondicionamiento de la Carretera A-455 Constantina - Lora del Río y  
Medidas Correctoras por su Afección a la Sierra Norte Sevillana

## Diego Crespo Moreno

Gerente de Obras de GIASA. Consejería de obras Públicas y Transportes.  
Junta de Andalucía

### \_Obras de Acondicionamiento de la Carretera A-455 Constantina - Lora del Río y Medidas Correctoras por su Afección a la Sierra Norte Sevillana

#### 1. ENTORNO DE LA ACTUACIÓN.

La carretera A-455 de Cazalla de la Sierra - Constantina - Lora del Río, conforma uno de los ejes básicos de comunicación entre los municipios de la Sierra Norte de Sevilla con el Valle del Guadalquivir y la Carretera Nacional IV, a través del itinerario de la A-431 entre Lora del Río, Villanueva del río y Minas y Cantillana.

Esta vía discurre en gran parte de su trazado por el Parque Natural de la Sierra Norte de Sevilla, lo que ha condicionado de manera especial las medidas de protección ambiental definidas tanto durante la redacción del proyecto como en la fase de ejecución de obra, coordinando estas

actuaciones medioambientales con la necesidad urgente de ejecutar la obra de acondicionamiento en el tramo Lora - Constantina.

Esta actuación está incluida dentro del Protocolo de Actuaciones en carreteras de la Sierra Norte de Sevilla que, en junio de 1997, firman la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía y la Mancomunidad de Municipios de la Sierra Norte de Sevilla.

Los 25 Km que separan Lora del Río de Constantina se han dividido en dos tramos a efectos de ejecución de la obra:

#### TRAMO I.

Desde Lora del Río hasta SE-197  
Longitud: 13 Km  
Inversión: 5,8 mill. Euros  
OBRA FINALIZADA Y EN SERVICIO.

**TOTAL INVERSIÓN: 11,4 mill. Euros**

#### TRAMO II

Desde SE-197 hasta Constantina  
Longitud: 12 Km  
Inversión: 5,6 mill. Euros  
OBRA EN EJECUCIÓN (enero-04)

## 2. SITUACIÓN INICIAL DE LA CARRETERA A-455.

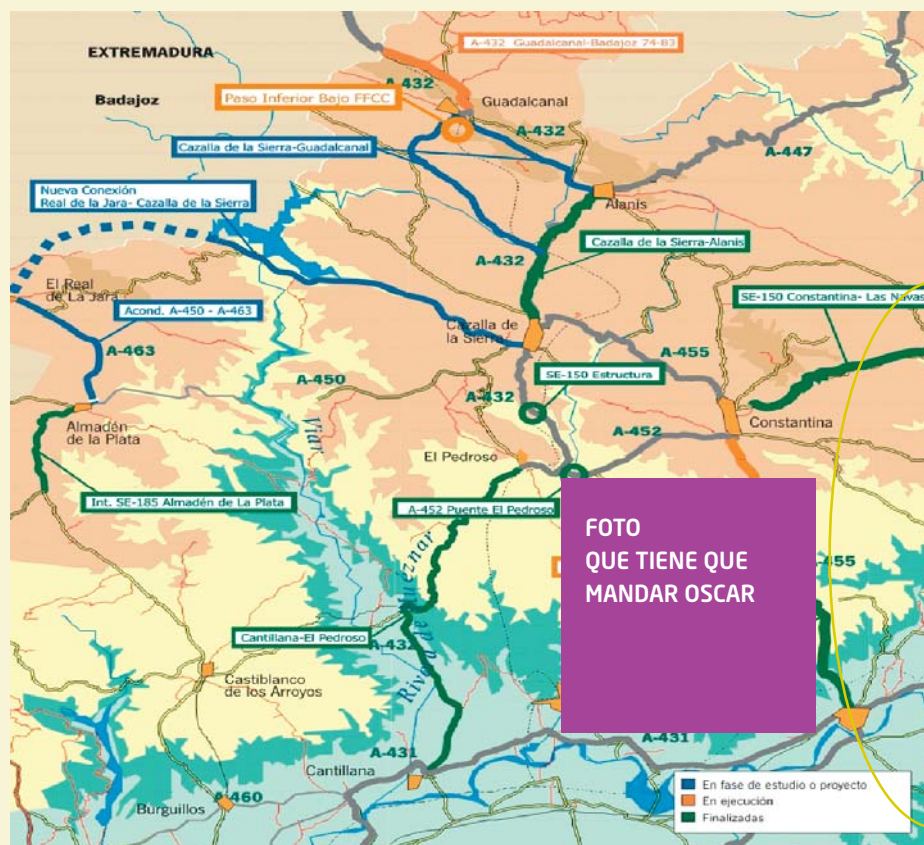
El estado inicial de esta carretera presentaba importantes deficiencias en su trazado y en la sección transversal:

- Gran número de curvas de radio reducido.
- Presencia de rectas que finalizan en círculos de pequeño radio.
- Pendientes superiores a las permitidas por la normativa vigente.

- Firme muy deteriorado.
- Ancho de plataforma entre 4 y 5 m, sin arcenes.
- Inexistencia de cunetas revestidas.
- Falta de drenaje.
- Señalización y balizamiento deficientes.

Esta circunstancia provoca una falta importante de seguridad para los usuarios de esta carretera, por lo que se hace imprescindible acondicionar y mejorar las características del trazado y la sección transversal de la misma.

Mapa de Situación



### 3- DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.

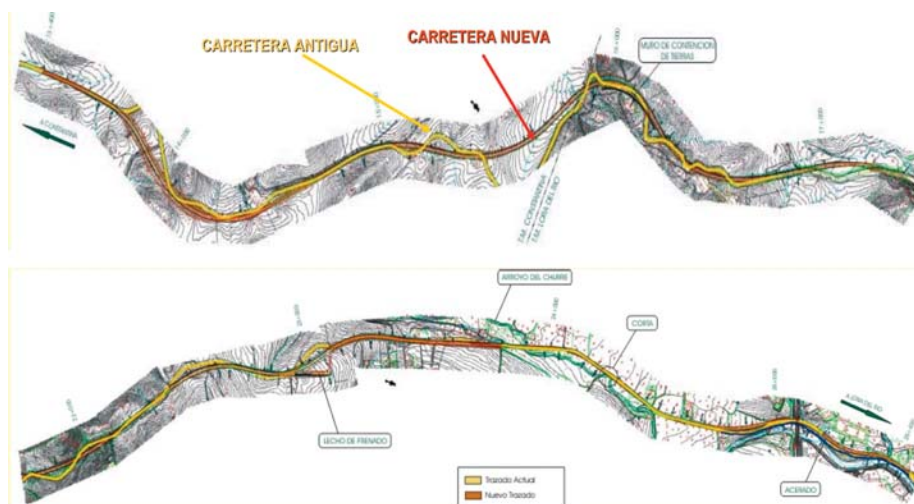
Con la obra de acondicionamiento proyectada se acometen las siguientes mejoras:

- Corrección de curvas y acondicionamiento del trazado en planta, eliminando puntos peligrosos de visibilidad reducida.
- Ampliación de la calzada que pasa de 5 m. de

ancho a 10 m., con dos carriles de 3,5 m. arcenes de 1 m. y bermas exteriores de 0,5m.

- Ejecución de nuevo paquete de firme.
- Nuevas obras de drenaje transversal para continuidad de cauces existentes.
- Instalación de nuevos elementos de señalización, balizamiento y defensa.

#### Descripción de la actuación



Corrección trazado en planta y alzado. Eliminación de curvas.  
Ampliación calzada (de 5 a 10 m)

### 4. MEDIDAS PARA REDUCCIÓN DE AFECCIONES MEDIOAMBIENTALES.

A continuación se desarrollan las medidas implantadas para lograr una disminución de las afecciones ambientales de la obra y aquellas destinadas a conseguir una mayor integración de esta infraestructura en el entorno de la Sierra Sevillana.

Estas medidas se han dividido en dos partes: las incluidas en el proyecto de construcción redactado y aquellas que definieron e implantaron en la fase de ejecución de la obra.

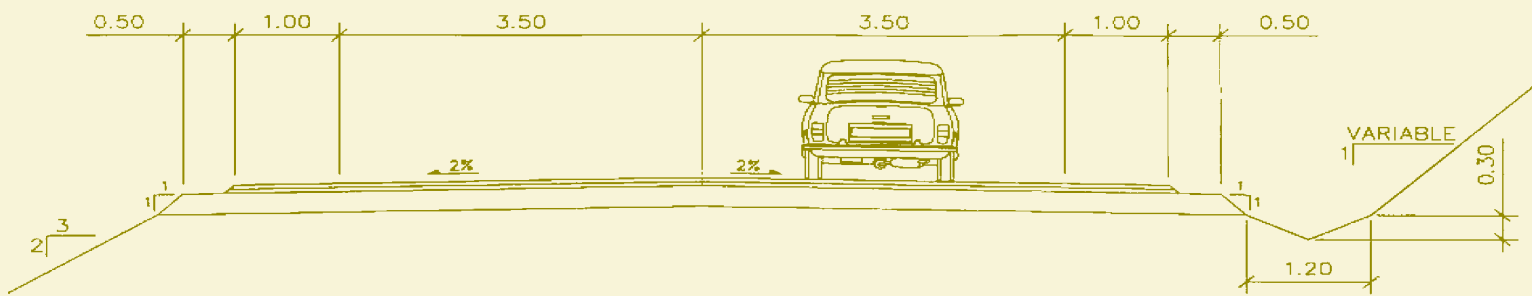
#### 4.1. Actuaciones proyectadas para reducción de afecciones.

##### 4.1.1. Reposición de Vía Pecuaria.

El proyecto del tramo II de la carretera de Lora a Constantina afecta a la Vía Pecuaria Cañada Real del Robledo (anchura de 75 m.), por lo que desde el primer momento se contempla la reposición de la vía pecuaria afectada expropiando una franja paralela al eje de la nueva vía que permite mantener la funcionalidad de la vía pecuaria.

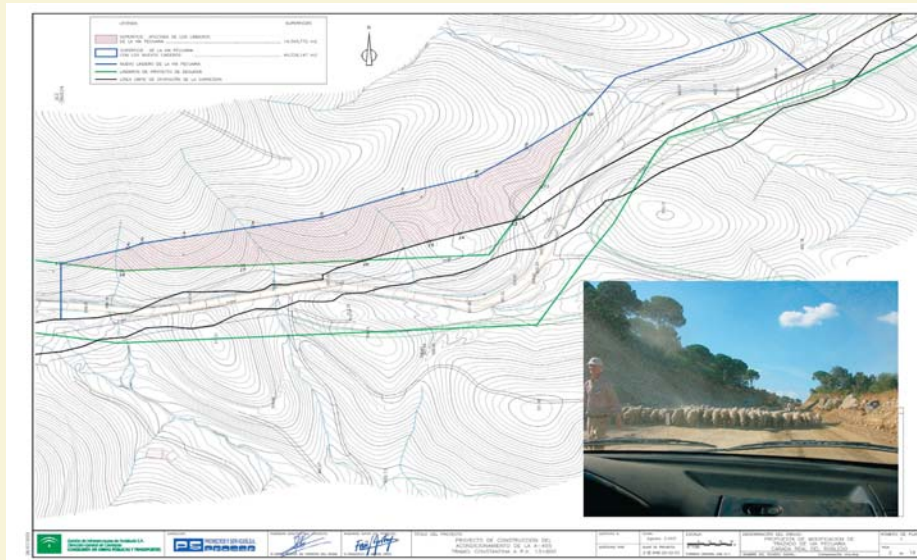


Sección tipo proyectada



SECCION TIPO EN RECTA

Reposición Vía Pecuaria



**4.1.2. Tratamiento en Arroyo del Churre.**

El Arroyo del Churre, a su llegada al Lora del Río, se ha protegido con piedra escollera y se han revegetado las márgenes con plantaciones autóctonas dentro de un contrato específico de

restauración paisajística para esta actuación. En la fotografía adjunta se acaba de ejecutar la obra de protección y está pendiente la revegetación de los márgenes.

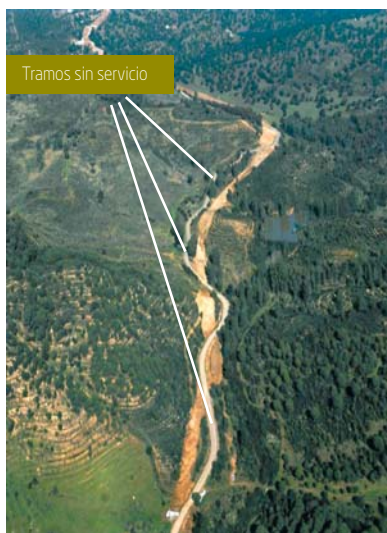
**Proteccion de margenes en arroyo del churre**



**4.1.3. Escarificado y revegetación de tramos sin servicio.**

Las correcciones en planta del trazado antiguo han dejado sin servicio algunos tramos de carretera. El proyecto contempla el escarificado de estos tramos, extendido de tierra vegetal y finalmente la revegetación de la zona para

conseguir una mayor integración paisajística. En estos casos es conveniente estudiar la posibilidad de habilitar algunos de estos tramos que quedan fuera de servicio como áreas de descanso o miradores, remarcando así el carácter integrador de la carretera en el medio ambiente.



#### 4.1.4. Otras actuaciones proyectadas.

Finalmente se han desarrollado las actuaciones típicas de un proyecto de estas características en lo referente al extendido de tierra vegetal en los taludes y posterior revegetación. Para ello la tierra vegetal debe acopiarse en caballones al inicio de las obras y debe tener un mantenimiento

continuado para que no pierda sus propiedades. El diseño de la obra a limitado la altura de los taludes a 12 m.

También se han repuesto casi medio kilómetro de muro de piedra rústica que se ha afectado por el nuevo trazado.

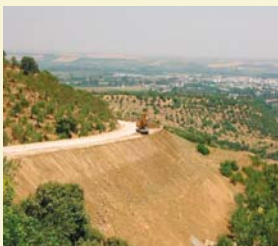
#### Reposición muros existentes



Longitud repuesta: 490 m.



#### Extendido de tierra vegetal en taludes



Máxima altura talud: 12 m.

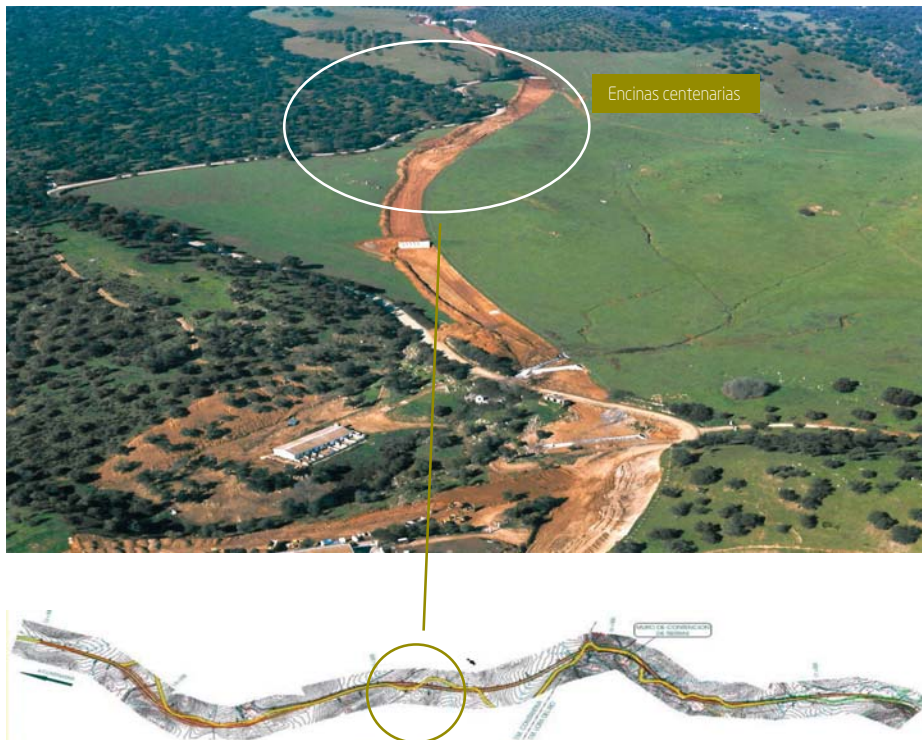
## 4.2. Medidas definidas durante la ejecución de las obras.

### 4.2.1. Modificaciones puntuales de trazado.

Replanteada la obra y definidos los límites de las afecciones al terreno natural, se observó que con ligeras variaciones en el trazado en planta se podría desafectar una masa de encinas centenarias de gran valor medioambiental.

En estos casos debe tenerse en cuenta que las variaciones de trazado pueden dar lugar a nuevas expropiaciones y/o afecciones a servicios no contemplados en proyecto, por lo que se requiere un estudio detenido de la modificación de trazado planteada. Por supuesto es necesario un estudio previo de la repercusión presupuestario y de plazo de estas modificaciones antes de ser aprobadas.

### Modificaciones puntuales de trazado



*4.2.2.- Disminución de ancho de bermas.*  
Durante la fase de ejecución de obra se definió una nueva sección tipo para los taludes, disminuyendo el ancho de las bermas proyectadas en coronación y pie de taludes. Con esto se consigue desafectar una importante de la franja de terreno colindante con la carretera que ha permitido salvar gran número de árboles.

Es importante señalar que estas medidas pueden ir en contra de la posterior conservación de la carretera, puesto que dificulta las operaciones de limpieza y en algunos casos puede provocar la caída de material de talud en la calzada, por lo que es necesario estudiar cada caso en particular.

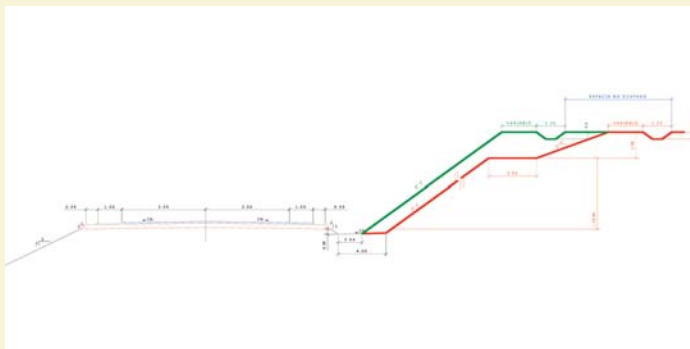
### Eliminación de bermas en taludes



Esta medida ha permitido desafectar un total de 16.300 m<sup>2</sup> de superficie y evita la tala de 220 ud. de árboles.



### Esquema propuesto para taludes



Peligro caída de material del talud a las cunetas

4.2.3. Escayolado y transplante de *quercíneas* y *matorral noble*.

Aunque el proyecto no contemplaba la actuación de trasplantes, siguiendo las directrices de los técnicos de la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente, se procedió a transplantar mediante escayolado las encinas y alcornoques que por sus características eran susceptibles de ser transplantadas.

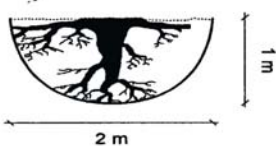
Previamente se señalan en campo las especies elegidas para transplante, posteriormente se realiza una poda de reducción respetando el ramaje estructural y un corte de las raíces laterales de la planta. Finalmente mediante excavación se forma el cepellón que se envuelve en una malla metálica para su posterior escayolado.

Escayolado quercíneas y transporte a vivero de san jeronimo

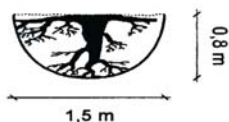


Fig. 1 Formación del cepellón

A) ENCEPELLONADO PARA PIES ARBÓREOS DE DIÁMETRO 20-25 cm



B) ENCEPELLONADO PARA PIES ARBÓREOS DE DIÁMETRO 15-20 cm



136 ud. encinas y alcornoques.  
200 ud. de matorral noble

## 5. CONCLUSIONES.

Las actuaciones realizadas en esta carretera a puesto de manifiesto tres aspectos a tener en cuenta en obras que afectan a espacios naturales protegidos:

- **FASE DE PROYECTO:** Durante la redacción del proyecto de construcción debemos ser capaces de “ver” la infraestructura implantada en el terreno. Sólo de esta manera podrán detectarse “afecciones reales” que, en la mayor parte de los casos, pueden evitarse con ligeras modificaciones durante la redacción del proyecto, lo que supondrá un menor sobrecoste posterior, además de evitar aumentos innecesarios en el plazo de ejecución de las obras.
- **FASE DE OBRA:** Las empresas implicadas (constructoras y dirección de obra) deben tener personal especializado que realicen el seguimiento de las actuaciones proyectadas en materia medioambiental y que propongan aquellas medidas que puedan suponer disminución de las afecciones que durante la obra se vayan detectando.
- **COLABORACIÓN:** La colaboración y el intercambio de información entre las distintas administraciones con competencias en materia medioambiental son imprescindibles para establecer unos criterios claros de actuaciones tendentes a reducir las afecciones medioambientales.

**Jornadas**  
Internacionales Sobre  
Infraestructuras viarias y  
Espacios Naturales  
Protegidos





# 12



**FRANCISCO SUÁREZ, CRISTINA MATA, ISRAEL HERVÁS, JUAN E. MALO Y JESÚS HERRANZ**  
El paso y atropello de vertebrados: desde la predicción al control

## **FRANCISCO SUÁREZ, CRISTINA MATA, ISRAEL HERVÁS, JUAN E. MALO Y JESÚS HERRANZ**

Departamento Interuniversitario de Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid.

### **\_El paso y atropello de vertebrados: desde la predicción al control**

#### **1. Introducción**

La construcción y posterior explotación de las infraestructuras viarias conlleva una serie de afecciones para la fauna, que determinan en mayor o menor medida la viabilidad de numerosas especies. Una de las consecuencias inmediatas es la pérdida de hábitats, así como el inevitable descenso de las poblaciones naturales ligadas a estos enclaves (Fahring, 2000; Forman, 1998). La destrucción de hábitats por la red viaria implica además, desde una perspectiva espacial, su fragmentación (Bascompté y Solé, 1996), es decir, la reducción del área del hábitat original y un cambio en la configuración espacial del remanente (Haila, 2002). Otro problema derivado de la construcción de las infraestructuras lineales, especialmente autopistas y líneas de ferrocarril de alta velocidad es el denominado "efecto barrera". La infraestructura supone un obstáculo para las poblaciones de animales, dando lugar a un cambio en la conectividad del hábitat, determinando así los movimientos diarios y estacionales e influyendo en la distribución espacial de la fauna (Ballon, 1985). Además, la posterior explotación de cualquier tipo de vía de comunicación implica una serie de perturbaciones ligadas al tráfico de ésta, tales como el ruido, emisiones de gases, contaminación lumínica y un inevitable incremento de la mortalidad por atropellos, pudiendo llegar a ser una seria amenaza para las especies con poblaciones reducidas (Alexander y Waters, 2000).

Debido a todos estos efectos, y los que se ocasionan con motivo de la propia función de la vía (p.ej., el incremento de la actividad económica y el desarrollo implícito que genera) se hace necesario buscar nuevas estrategias que permitan una integración de las redes de infraestructuras en el medio ambiente. Este hecho es especialmente importante en los espacios naturales protegidos, declarados como tales por su valor natural, donde los impactos suelen ser significativos (en el sentido de Oñate et al. 2002)

y de elevada magnitud. No obstante, estos espacios protegidos se sitúan en una matriz general íntimamente relacionada con los valores propios de estos espacios, siendo importante que en la planificación de las redes viarias se consideren también los efectos que éstas puedan tener sobre esta matriz general.

La estrategia seguida desde mediados de los 80 para intentar integrar las infraestructuras lineales en el medio ambiente han sido realizar Evaluaciones de Impacto Ambiental de proyectos, incluyendo en el diseño y planificación de las futuras redes viarias como una variable sustancial la presencia y localización de los Espacios Protegidos. La experiencia acumulada de este tipo de Evaluación ambiental muestra que alcanzan su máxima efectividad en el establecimiento de medidas correctoras y minimizadoras del impacto, pero que su utilidad se reduce a la hora de seleccionar alternativas, debiendo ser complementadas con una planificación territorial adecuada y una Evaluación Ambiental de los Planes de Programas (Evaluación Ambiental Estratégica), recientemente legislada por la Comisión Europea (D. 2001/42/CE) e incorporada por algunas CC.AA. a su propia normativa. No obstante, en última instancia las Evaluaciones de Impacto Ambiental de proyectos siguen siendo una herramienta extremadamente valiosa y necesaria para incorporar medidas correctoras a lo largo de todo su proceso en el diseño de las vías de comunicación.

En el caso concreto de los vertebrados y las vías de comunicación, los Estudios de Impacto Ambiental comprenden una serie de apartados cuyos contenidos están en algunos casos estipulados claramente por la normativa, mientras que en otros su alcance está menos concretado debido a su dependencia estrecha de las condiciones locales. Entre los más claramente estipulados por la normativa, está la definición de

la situación preoperacional, de la cual hoy día existe una amplia experiencia y sobre la que no se va a insistir en este artículo. Entre los segundos, destacan la predicción de los impactos, sobre todo los derivados de la fragmentación, las medidas correctoras y el plan de seguimiento. Dos de estos temas, la predicción de impactos y los métodos de seguimiento, serán los tratados aquí, puesto que en otros capítulos de este libro ya se aborda el diseño de medidas correctoras. En concreto, las preguntas que se trata responder son las siguientes: (1) ¿podemos predecir cuándo y dónde atraviesan los vertebrados una vía?, (2) ¿cuáles son los métodos de control más frecuentemente utilizados para evaluar el paso de los vertebrados y sus ventajas e inconvenientes?, y (3) ¿cuáles son los defectos más frecuentes en el diseño y mantenimiento de las medidas correctoras? tanto su estructura socioeconómica como su paisaje cultural. Estos cambios son interdependientes, pero es mucho mayor la dependencia del paisaje de la evolución socioeconómica que lo contrario. Por su parte, en la estructura socioeconómica domina el cambio hacia una población concentrada en ciudades y una economía de menor componente productivista (Bunce et al. 2001). Se añade a la circunstancia un crecimiento formidable del turismo, que introduce cambios tanto en la socioeconomía como en el paisaje y reconoce nuevos valores en el paisaje natural y cultural (Aranzabal et al. 2003).

## 2. ¿Podemos predecir cuándo y dónde atraviesan los vertebrados una vía?

Un aspecto crucial para establecer medidas correctoras y que éstas sean efectivas y eficientes es su localización espacial, y también temporal. Ese hecho implica que debemos ser capaces en los Estudios de Impacto Ambiental de predecir cuándo y por dónde atravesarán la vía las distintas especies, para de este modo poder localizar los pasos de la forma más adecuada y establecer el periodo más apropiado para establecer otras medidas correctoras, como pueden ser campañas de divulgación.

Habitualmente, la localización de los pasos se realiza sobre la base de la opinión de expertos, contemplando el comportamiento de los animales y su selección de hábitat. Este método, aunque puede ser apropiado para ciertas circunstancias,

posee una serie de limitaciones que pueden concretarse en tres aspectos esenciales: (1) el comportamiento de los animales puede variar localmente en función del tipo de hábitat y de vía existente, de modo que las extrapolaciones de experiencias anteriores pueden ser de validez limitada, (2) el comportamiento varía considerablemente según especies y (3) en muchas especies, los conocimientos sobre sus movimientos son escasos. Más recientemente, se están elaborando modelos empíricos que tratan de relacionar la mortalidad de los animales por atropello con ciertas características de la vía y su entorno, de modo que se pueda predecir cuáles son las variables determinantes de que en un tramo concreto o punto los animales crucen más, modelos que obviamente son esenciales para predecir en los Estudios de Impacto Ambiental dónde pasarán los animales y como consecuencia dónde se deben establecer preferentemente los pasos. La mayoría de estos modelos se han elaborado, bien a escala paisajística (Hubbard et al., 2000; Nielsen et al., 2003), bien a escala de puntos concretos (Clevenger et al., 2003), siendo escasos aquellos que analizan ambas escalas al mismo tiempo (ver no obstante un trabajo de planteamientos parecidos en Bashore et al., 1985).

En España, en nuestro conocimiento, sólo se ha abordado un estudio de este tipo que contemple las dos escalas (Malo et al., 2003). El trabajo se realizó en Soria, donde las colisiones con grandes vertebrados (ciervo, corzo, jabalí) son frecuentes y pretendía generar un modelo de predicción de por dónde y cuándo cruzan los animales las carreteras, a una escala temporal (diaria y estacional) y espacial (a dos escalas, paisajística y de puntos concretos). Se partía de la premisa de que, si existían unos patrones fijos, es muy posible que éstos fuesen extrapolables a otros ámbitos, al menos de Castilla y León. El estudio se fundamentaba en el análisis de un número de accidentes elevado, que se estaba incrementando de forma logística (Tabla 1). Además, el aumento del número de accidentes parecía no estar relacionado con una mayor intensidad del tráfico, sino con un incremento del número de animales, puesto que el número de accidentes con animales domésticos se mantenía más o menos estable (tabla 1), no habiéndose producido cambios drásticos en la cabaña ganadera provincial.

**TABLA 1**

Evolución anual del número de total de colisiones y de colisiones con animales silvestres y domésticos en Soria.

Año	Total de accidentes	Animales silvestres	Animales domésticos	Otras causas	% animales silvestres
1998	962	268	6	694	27,9
1999	951	392	11	559	41,2
2000	1069	552	10	517	51,6

Los resultados obtenidos indican que los cruces de los animales no se producen temporalmente al azar, sino que muestran un patrón circadiano y estacional claramente establecido, dependiente de las especies. Al igual que ocurre en otros ámbitos geográficos (Allen y McCullough, 1976; del Frate y Spraker, 1991), la mayoría de las colisiones tienen lugar en las horas crepusculares, principalmente al atardecer, cuando las condiciones de visibilidad son más deficientes y los animales aumentan su frecuencia de desplazamiento. También estacionalmente existe un claro patrón, que varía según las especies en función de su periodo de celo y la actividad cinética. La mayor parte de las colisiones con ciervo se producen en los meses de octubre y noviembre, ampliándose en el caso del jabalí este periodo al mes de diciembre. El corzo sin embargo muestra un patrón distinto, puesto que la mayor parte de las colisiones se producen durante los meses estivales, en el periodo comprendido entre mayo y agosto.

Las colisiones a escala de tramo, de paisaje, tampoco tienen lugar al azar. En ciertos tramos se produce comparativamente un número de colisiones elevado, mientras que en otros éstas son escasas. Mediante un modelo logístico de presencia/ausencia de accidentes en tramos de alta y baja siniestralidad, solo con 3 variables paisajísticas se pudo pronosticar acertadamente el 80 % del global de los tramos de alta y baja probabilidad de accidentes. Estas variables son básicamente la superficie de zonas urbanas, que se asocia negativamente con la presencia de colisiones, y la superficie de bosque y diversidad de tipos de vegetación, que se relacionan positivamente.

Para elaborar el modelo de predicción a la escala en que ocurren los accidentes se trabajó con los tramos de alta siniestralidad. En cada uno de ellos se seleccionaron al azar una serie de puntos hectométricos sin accidentes y el mismo número de puntos con ellos. Se consideraron y midieron

un total de 28 variables en cada p.k, de las cuales 5 estaban relacionadas con las características de la vía (tipo de carretera, características del trazado, la visibilidad del conductor, el límite de velocidad y la señalización de animales), 10 con el entorno inmediato de la vía (vegetación del arcén y anchura del cortafuegos, cobertura de los distintos tipos de vegetación en un entorno algo más amplio, distancia a distintas formaciones vegetales, bebederos potenciales y edificios) y el resto con el grado de dificultad que pueden encontrar los animales para acceder a la carretera (vallados, pretilos y terraplenes o taludes de distinto tamaño y pendiente) y con otras variables del entorno que puedan favorecer el paso de vertebrados (topografía, el efecto de embocadura hacia el punto que puede generar el paisaje, la presencia de pasos utilizables por estos vertebrados, la presencia de puntos de atracción y de cruces de carreteras).

También en este caso el modelo resultó significativo, pronosticando el 64 % de los casos y el 74 % de los puntos de colisión. Las variables que se incluyeron en el modelo fueron la ausencia de cruces, la presencia de pretilos y taludes y la distancia al bosque. Igualmente interesante es el hecho de que, incluyendo aquellas variables sobre las cuales se pueden tomar medidas correctoras (presencia de pretilos y vallados y ausencia de pasos utilizables por los vertebrados), se pronosticaron acertadamente el 60 % de los casos y el 85 % de los puntos con colisión.

Aunque los resultados de estos modelos no sean aplicables indiscriminadamente en los Estudios de Impacto Ambiental debido a variaciones en los parámetros según ámbitos geográficos, el hecho de que se puedan elaborar modelos de predicción es importante, puesto que permite identificar las variables más relevantes a distintas escalas espaciales y racionalizar la localización de las medidas correctoras. Igualmente, la existencia de patrones temporales tiene importantes consecuencias para las medidas correctoras. La

experiencia muestra que es frecuente la saturación informativa de los usuarios de las vías en relación con el riesgo de colisión con animales silvestres, siendo más deseable concentrar los períodos de información en los momentos de mayor riesgo a fin de optimizar los resultados.

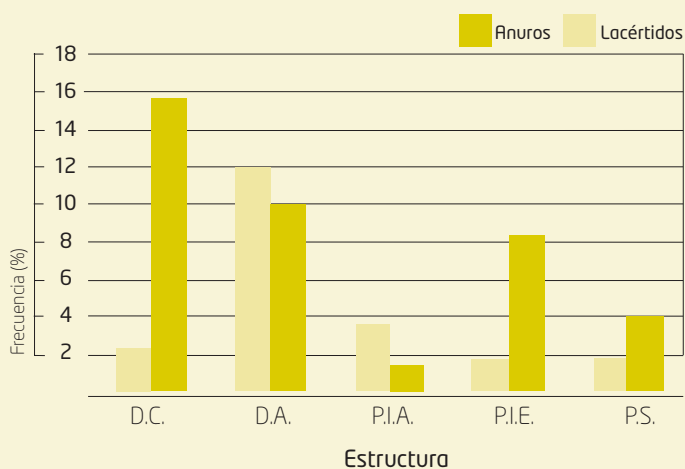
Por otra parte, la correcta ubicación (espacial y temporal) de las medidas correctoras es sólo el primer paso para remediar el problema del efecto barrera sobre los vertebrados. Una adecuada gestión del mismo debe pasar por el mantenimiento y seguimiento de las medidas aplicadas a fin de que se pueda evaluar y maximizar su efectividad. A estos dos aspectos se dedicarán los siguientes apartados.

### 3. El control de la efectividad de las medidas: diferentes sistemas.

Entre las medidas correctoras destinadas a mejorar la permeabilidad transversal de la vía para los vertebrados destacan los pasos específicos para la fauna, estructuras transversales a la vía destinadas a mejorar la permeabilidad de la infraestructura viaria, facilitando la conectividad de las áreas afectadas por el trazado y los movimientos de los vertebrados entre ambos lados (Saunders et al., 1991; Clergeau, 1993; Velasco et al. 1995; Rodríguez et al., 1996). Pero, tal como

han destacado numerosos autores (ver p.e., Yanes et al, 1995; Camby y Maizeret, 1987; Singleton y Lehmkuhl, 1999; Clevenger, 2001; Mata et al., 2003; fig. 1), los animales no sólo utilizan los pasos específicos, sino también otra serie de estructuras transversales (p. ej., drenajes y caminos). Además, las distintas especies o grupos de especies seleccionan diferentes estructuras, de forma que las distintas estructuras transversales resultan complementarias para el conjunto de la comunidad de vertebrados terrestres. En este sentido, la permeabilidad de la vía debe evaluarse globalmente, desde el punto de vista de su efectividad conjunta para el movimiento de los vertebrados, y para ello no sólo han de considerarse aquellas estructuras diseñadas específicamente para la fauna, sino que es necesario controlar el resto de estructuras transversales de tipo funcional, tales como drenajes, puentes o pasos inferiores que restituyen caminos y carreteras locales, dado que estas estructuras también son utilizadas por la fauna.

A la hora de evaluar la efectividad de estas medidas se pueden distinguir tres métodos básicos para el seguimiento de su utilización por la fauna. Las ventajas e inconvenientes de estos tres métodos se resumen en la Tabla 2.



**FIGURA 1**

Utilización diferencial por los anuros y lacértidos de las distintas estructuras de la autovía de las Rías Bajas (A-52). El primer grupo no muestra una selección por ningún tipo de estructura, mientras que el segundo selecciona positivamente los drenajes circulares y las infraestructuras más angostas. D.C., drenaje circular; D.A., drenaje adaptado para fauna; P.I.A., paso inferior amplio; P.I.E., paso inferior específico para fauna; P.S., paso superior. Según Mata et al. (2003).

**TABLA 2**

Principales ventajas e inconvenientes de los métodos de seguimiento de la utilización de los pasos de fauna por vertebrados.

SISTEMA	Huellas	Fotográfico	Videográfico
Ventajas	Sencillez Bajo coste Relativamente fiable.	Identificación de especies con huellas similares Menos trabajo físico Adecuados para ciertos pasos	Similares a las de los fotográficos Comportamiento de las especies
Inconvenientes	Elevado trabajo (30 kg m lineal/día) Problemas de lluvia Falta de precisión en ciertos grupos	Elevado coste Problemas de funcionamiento Vandalismo	Mayor coste Poco desarrolladas

De los tres métodos, el que teóricamente parece más sencillo es el registro de las huellas y señales que los animales dejan en su paso a través de la infraestructura. En climas nórdicos, la superficie de registro suele ser la nieve existente en la embocadura del paso. En climas más atemperados, como el nuestro, se ha utilizado habitualmente la metodología la propuesta por Yanes et al. (1995), consistente en el uso de polvo de mármol (marmolina) como superficie de registro, colocada en bandas de forma transversal al eje mayor de la estructura. Las ventajas de este método han sido enumeradas en el artículo anteriormente citado y básicamente son su sencillez, bajo coste y la calidad de la impresión de las huellas debido a que la marmolina es un polvo muy fino y pesado. No obstante, requiere una identificación adecuada de las huellas y un elevado trabajo al tener que reparar las bandas diariamente. A esto hay que añadir que ciertas especies no pueden diferenciarse por sus huellas (p.ej. los perros de gran tamaño y los lobos) y el problema de la lluvia, que invalida su uso.

El segundo método son los sistemas fotográficos. Estos sistemas generalmente constan de tres elementos fundamentales (Mata, et al., 2003): El primero es el detector de barrera de infrarrojos, constituido por sensores de tipo activo, un emisor de infrarrojos y dos receptores, colocados a ras del suelo para detectar incluso los animales más pequeños. El segundo es la propia cámara fotográfica, en nuestro caso, digital. Por último, el tercero es el controlador encargado de la transmisión de señales desde los sensores a la cámara, que puede ser por cable o por señales de radiofrecuencia.

Aunque los sistemas suelen ser complejos, y su fabricación y montaje suponen un coste elevado, los sistemas fotográficos permiten distinguir especies de huellas similares y teóricamente

pueden estar más tiempo en el campo sin ser revisados. Sin embargo, están siempre sujetos al problema de los hurtos y el vandalismo, y en ocasiones pueden fallar, lo que significa que deben ser controlados frecuentemente. Es importante destacar que las cámaras digitales ofrecen muchas ventajas sobre las analógicas, puesto que almacenan mucha más información y mediante la modificación de los niveles de contraste y luminosidad de la fotografía, permite identificar con una mayor precisión las especies.

Finalmente, están los sistemas videográficos, de similares características al sistema fotográfico con la salvedad de que en este caso utiliza una videocámara y focos de infrarrojos para permitir la grabación nocturna. Estos sistemas, normalmente más complejos que los fotográficos, permiten analizar el comportamiento de los individuos respecto al paso, aspecto que no puede registrarse con los anteriores sistemas.

Un aspecto relevante es que todos estos sistemas no son incompatibles entre si, sino más bien complementarios. Dependiendo de los objetivos concretos del seguimiento, se puede optar por uno u otro, pero en general si se quiere analizar bien el problema de la permeabilidad de los pasos es muy posible que sea necesario utilizar los tres sistemas de forma complementaria.

#### 4. Defectos frecuentes en el diseño y mantenimiento de las medidas correctoras.

A la hora de establecer las medidas correctoras en infraestructuras viarias, tanto el diseño como el mantenimiento ejercen una función clave en la efectividad de las mismas. Por todo ello, es necesario incidir en los errores más habituales, con el afán de que se tengan en cuenta en el

mantenimiento actual de las vías de comunicación, se procure un diseño más cuidado en futuras construcciones y, en definitiva, para que estos defectos se vean reducidos. En lo que respecta al diseño final y mantenimiento, los principales defectos observados se pueden agrupar en la revegetación del entorno de los pasos, los cerramientos y defectos propios en el diseño de los pasos específicos o drenajes adecuados para la fauna.

### Revegetación

La efectividad de las diferentes estructuras transversales a la vía como corredores para el paso de la fauna silvestre viene condicionada, entre otros muchos factores, por el estado de la revegetación de taludes y embocaduras. Sin embargo, las labores de revegetación constituyen en buena parte la gran asignatura pendiente de numerosas autovías españolas. En la Figura 2 se muestra un ejemplo claro de deficiencias en la revegetación tanto en taludes como en embocaduras en un tramo de 92 km de la autovía de las Rías Bajas, en el cual se estudiaron un total de 87 estructuras (Suárez et al., 2002).

### Cerramientos

Al igual que la revegetación, un buen mantenimiento del vallado de aquellas vías que lo requieran resulta esencial a la hora de reducir el número de atropellos y asegurar la efectividad de las estructuras de paso para la fauna. En

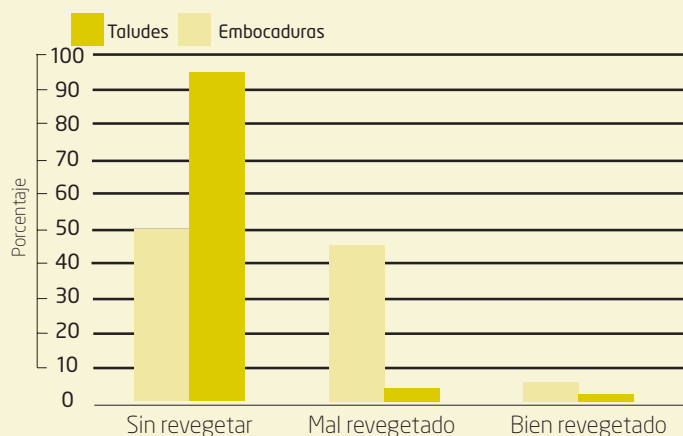
numerosas ocasiones estos cerramientos están deteriorados, de forma que los animales se pueden introducir en la calzada y ser atropellados.

Adicionalmente, existen tres aspectos en los que se observan deficiencias relacionadas con el diseño y el mantenimiento de los cerramientos. El primero de ellos es que las rampas de escape en el vallado son prácticamente inexistentes, siendo necesaria su instalación para evitar atropellos y accidentes. A modo de ejemplo, en las autovías canadienses se instala una cada 2 km.

El segundo es que las incorporaciones y salidas de la autovía pueden facilitar la entrada de los animales por ellas, quedando posteriormente atrapados por el vallado de seguridad. Por ello, se recomienda instalar pasos canadienses en las carreteras de entrada y salida, y prolongar los vallados hasta estos pasos. Finalmente, en las zonas de paso de animales más utilizadas (p.ej., arroyos, pequeñas vaguadas) los animales pueden tender a saltar los vallados o a cruzarlos por gateras. Para reducir esta posibilidad, sería conveniente instalar en estas zonas vallados opacos a la vista del animal, que disminuyen su propensión a saltar a través de la valla, al no ver qué existe detrás de ella.

### Defectos en el diseño de los pasos específicos para la fauna

Una de las acciones orientadas a favorecer el trasiego de los animales consiste en la



**FIGURA 2**

Estado de las labores de revegetación de 87 estructuras de la autovía de las Rías Bajas (A-52) a los cuatro años de su puesta en explotación.

construcción de aceras elevadas en los drenajes, cuya finalidad es la de preservar en el paso una zona siempre seca. En la práctica, sin embargo, son numerosos los ejemplos en los que el diseño adolece de perspectiva, olvidándose completamente del acceso a la embocadura. De hecho, cuando el drenaje lleva agua, las aceras quedan totalmente aisladas (figura 3), por lo que cualquier animal que pretenda alcanzarlas deberá obligatoriamente atravesar una zona inundada más o menos extensa. En definitiva, si se pretende que estas aceras cumplan debidamente su función, es imprescindible dotarlas de una continuidad en el exterior del paso.



Figura 3. El deficiente diseño de las aceras provoca su aislamiento en las ocasiones en que el drenaje lleva algo de agua (drenaje sobredimensionado de la autovía A-231).

Otro de los defectos más frecuentes es el acceso de vehículos. Idealmente, un paso específico debe ser diseñado para que la probabilidad de que pase un animal sea lo más elevada posible, especialmente en el caso de especies recelosas. En este sentido, permitir la facilidad de acceso a los vehículos supone una fuente de molestias que pueden limitar la efectividad del paso. No obstante, en la mayoría de los pasos específicos construidos en las autovías españolas, el acceso queda únicamente restringido mediante señales de tráfico, las cuales frecuentemente no son respetadas por los habitantes de la zona, por lo que sería necesario establecer barreras físicas que impidieran el acceso de los vehículos.

## 5. A modo de conclusión

Los resultados anteriores muestran la integración de las redes de comunicación en el medio ambiente, en lo que respecta a los vertebrados, es un proceso continuo, que arranca de una correcta definición de las zonas donde potencialmente van a cruzar los animales y termina con un mantenimiento de las medidas correctoras para mejorar la permeabilidad y evitar los riesgos de atropello, y pasando por el establecimiento de medidas correctoras y el control de su efectividad. Todo este proceso debe de estar coordinado, para evitar que la ausencia o el descuido de cualquiera de estos pasos dé lugar a la pérdida de eficacia en el conjunto del mismo. Y no debe olvidarse que la articulación de las medidas correctoras para la fauna silvestre es un proceso económicamente costoso, que requiere una notable inversión que puede no rentabilizarse si no se contempla en su conjunto.

## 6. Agradecimientos

Parte de los resultados que se presentan en este trabajo son fruto de dos convenios, uno establecido entre el CEDEX y el Dpto. de Ecología de la UAM, financiado por el MMA, y otro entre la Junta de Castilla y León y el Dpto. de Ecología de la UAM.

## Bibliografía

- > Alexander, S.M. y Waters, N.M. (2000). The effects of highway transportation corridors on wildlife: a case study of Banff National Park. *Transportation Research Part C- Emerging Technologies*, 8: 307-320.
- > Allen, R.E. y McCullough, D.R. (1976). Deer-car accidents in Southern Michigan. *Journal of Wildlife Management* 40: 317-325.
- > Ballon, P. (1985). Bilan technique des aménagements réalisés en France pour réduire les impacts des grandes infrastructures linéaires sur les ongulés gibiers. 17e Congres de L'Union Internationale Des Biologistes Du Gibier. 1985. Francia. pp. 679-689.
- > Bascompté, J. y Solé, R.V. (1996). Habitat Fragmentation and Extinction Thresholds in Spatially Explicit Models. *Journal of Animal Ecology*, 65: 465-473.
- > Bashore, T.L.; Tzilkowski, W.T. y Bellis, E.D. (1985). Analysis of deer-vehicle collisions sites in Pennsylvania. *Journal of Wildlife Management* 49: 769-774.
- > Camby, A. y Maizeret, C. (1987). Perméabilité des routes et autoroutes vis-a-vis des mammifères carnivores: exemple des études menées dans les landes de Gascogne. *Routes et Faune Sauvage*. 5-7 junio, 1985. Strasbourg. pp.173-181.
- > Clergeau, Ph. (1993). Utilisation des concepts de féologie du paysage pour l'élaboration d'un nouveau type de passage a faune. *Gibier et Faune Sauvage*, 10: 47-57.
- > Cleverger, A.P.; Churszcz, B. y Gunson, K.E. (2001). Drainage culverts as habitat linkages and factors affecting passage by mammals. *Journal of Applied Ecology*, 38: 1340-1349.
- > Cleverger, A.P., Churszcz, B. y Gunson, K.E. (2003). Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, 109: 15-26.
- > del Frate, G.G. y Spraker, T.H. (1991). Moose vehicle interactions and an associated public awareness program on the Kenai Peninsula, Alaska. *Alces* 27: 1-7.
- > Fahrig, L. (2002). Effect of Habitat Fragmentation on the Extinction Threshold: A synthesis. *Ecological Applications*, 12: 346-353.
- > Forman, R.T.T. y Alexander, L.E. (1998). Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-231.
- > Haila, Y. (2002). A Conceptual Genealogy of Fragmentation Research: From Island biogeography to Landscape Ecology. *Ecological Applications*, 12: 321-334.
- > Hubbard, M.W.; Danielson, B.J. y Schmitz, R.A. (2000). Factors influencing the location of deer-vehicle accidents in Iowa. *Journal of Wildlife Management* 64: 707-713.
- > Malo, J.E., Suárez, F. y Díaz, A. (2003). Predictive models for the location of animal-car accidents and their applicability to mitigation. *International Conference on Ecology & Transportation (ICOET-03)*. Center for Transportation and the Environment, NC State University, Lake Placid, New York. Estados Unidos.
- > Mata, C., Hervás, I., Herranz, J., Cachón, J., Suárez, F. y Malo, J.E. (2003). Effectiveness of wildlife crossing structures and adapted culverts on a highway in northwest Spain. *Proceedings of the international Conference on Wildlife Ecology and Transportation*, pp. 265-276. Lake Placid, New York.
- > Nielsen, C.K., Anderson, R.G. y Grund, M.D. (2003). Landscape influences on deer-vehicle accident areas in an urban environment. *Journal of Wildlife Management*, 67, 45-51.
- > Oñate, J.J., Pereira, D., Suárez, F., Rodríguez, J.J. y Cachón, J. (2002). Evaluación Ambiental Estratégica: La evaluación ambiental de Políticas, Planes y Programas. Editorial Mundi-Prensa, Madrid.
- > Rodríguez, A., Crema, G. y Delibes, M. (1996). Use of non-wildlife passages across a High Speed Railway by Terrestrial Vertebrates. *Journal of Applied Ecology*, 33: 1527-1540.
- > Saunders, D.A. y Hobbs, R.J. (eds.). (1991). *Nature Conservation 2: the Role of the Corridors*. Surrey, Beatty, Chipping Norton, New South Wales, Australia.
- > Suárez, F., Herranz, J., Hervás, I. y Mata, C. (2002). Investigación conjunta sobre la efectividad de los elementos para el paso de fauna en carreteras (Fase Tercera). CEDEX-MMA. Informe inédito.
- > Velasco, J.M., Yanes, M. y Suárez, F. (1995). El efecto barrera en vertebrados. Medidas correctoras en las vías de comunicación. CEDEX, Madrid.
- > Yanes, M., Velasco, J.M. y Suárez, F. (1995). Permeability of roads and railways to vertebrates: the importance of culverts. *Biological Conservation*, 71: 217-222.



3



**Jean Carsignol**  
Ingeniero Ecológico Director de Estudios del Centre d'Équipements de l'Est (Francia)

## JEAN CARSIGNOL

Ingeniero Ecológico

Director de Estudios del Centre d'Équipements de l'Est (Francia)

### La fragmentación de hábitats a causa de las infraestructuras de transporte: Evolución de las medidas adoptadas en Francia.

La fragmentación de hábitats a causa de las infraestructuras es considerada una amenaza para la conservación de la biodiversidad. Frente a esta amenaza, los poderes públicos (Ministerio de Transporte, Ministerio de Ecología) han pasado progresivamente de una política de "gestión de accidentes" (1960-1980) a otra de integración de las "medidas ecológicas" (1980-1990), y hoy la idea de proteger y reactivar corredores ecológicos comienza su andadura.

#### 1. La gestión de accidentes

Fue en 1974 cuando la Oficina Nacional de la Carretera realizó el primer censo nacional de colisiones de vehículos-fauna salvaje de gran tamaño. Se contabilizaron 1.790 colisiones. Una década más tarde, el Ministerio de Fomento realizó un censo a lo largo de tres años (1984-86). Se concluyó que 11.055 animales habían muerto (un 80% de corzos, un 11% de jabalíes y un 9% de ciervos) en el conjunto de la red viaria francesa. Los recuentos llevados a cabo en 1995 en 26 departamentos apuntan a una triplicación del número de colisiones declaradas.

En Francia, las colisiones con la fauna de gran tamaño (corzos, jabalíes, ciervos) son consideradas desde el punto de vista de la seguridad de los usuarios de la carretera pero no como una amenaza para estas especies cinegéticas en plena expansión. Por el contrario, las colisiones con la fauna de pequeño tamaño son difíciles de evaluar. Censos localizados y escasos muestran que la mortalidad en la carretera es generalmente insuficiente para eliminar una población a nivel local (salvo en el caso de los anfibios) y se suma a otras causas de mortalidad. Las rapaces diurnas y nocturnas y los carnívoros son los más amenazados. Las muertes en carretera afectan a un 30-50% de la población y en algunos casos concretos (el castor) pueden ser la primera causa de mortalidad de una población.

Para limitar el número de accidentes, se han propuesto diferentes sistemas anticolidión: reflectores, ultrasonidos, repelentes, alarmas. Su eficacia no está demostrada. Sólo los cerramientos adecuadamente fijados al suelo y mantenidos impiden eficazmente que la fauna de gran tamaño penetre en las áreas de afección. Pero su generalización no es previsible ni deseable salvo a lo largo de la red de autopistas.

#### 2. Los pasos de fauna

Para limitar el efecto barrera agravado por los cerramientos, es necesario crear pasos para la fauna. En Francia, se ha pasado de una política de "pasos para especies cinegéticas" en los años 60 a la de pasos para la fauna en su totalidad. Este enfoque, justificado por razones relativas a la seguridad viaria y al interés cinegético en la fauna de gran tamaño, es hoy un obstáculo para una aproximación global de conservación de la biodiversidad.

Existe una guía técnica y metodológica ("Pasos para la fauna de gran tamaño", SETRA, Ministerio de Medio Ambiente, 1993) que precisa las condiciones para el establecimiento de pasos para fauna de gran tamaño (esencialmente ungulados) y sus características.

En ella se recomienda el establecimiento de pasos a desnivel (mixtos o específicos) cada tramo de 1 a 3 km, allí donde se detecta la presencia de grandes mamíferos sin importar el tamaño de su población. Las características de los pasos deben adaptarse al tamaño de los animales y a las funciones de la estructura: para restablecer el cruce frecuente de los ciervos es necesario un puente ecológico de al menos 25 m de largo pero si el objetivo es solamente asegurar el paso de ciertos ciervos macho (variabilidad genética) bastará con un paso más pequeño (12 m).

Tres generaciones de pasos de fauna se han sucedido conforme avanzaba el estado de los conocimientos y la experiencia adquirida:

- Primera generación (1960-1980): generalmente las estructuras no están adaptadas (características muy reducidas, malos emplazamientos). Su utilización es escasa.
- Segunda generación (1980-1990): Las características responden mejor a las exigencias de la fauna, pero las entradas de los pasos son poco atractivas.
- Tercera generación (1990-2000): Los responsables integran la noción de supervisión y gestión de pasos.

En 1993, un censo nacional de los pasos de fauna contabilizó 125 estructuras. Las  $\frac{3}{4}$  partes de ellas no eran utilizadas por la fauna de gran tamaño a causa de su falta de adaptación a las necesidades (primera y segunda generación).

Un segundo censo nacional está en marcha. El número de pasos construidos es 3 veces mayor y su eficacia ha mejorado (tercera generación).

Las recomendaciones de la guía "Pasos para fauna de gran tamaño" son aplicadas de modo muy desigual. Presentan simplificaciones ventajosas a la hora de enfocar el problema de la fauna de gran tamaño pero no contemplan soluciones técnicas bajo la óptica de la conservación de la biodiversidad en su conjunto. Ésta es una dificultad a la que se espera encontrar solución con la próxima aparición de la guía "Instalaciones para la fauna de pequeño tamaño".

## Eficacia de los pasos

La evaluación de la eficacia de un paso de fauna es difícil y plantea dos problemas:

1) ¿Cuál es el objetivo de un paso de fauna? Es una cuestión delicada, los estudios de impacto no siempre responden a ella. Los pasos de fauna deben asegurar tránsitos cotidianos dentro de un territorio fragmentado que obliga a la fauna a idas y venidas frecuentes entre un lado y otro de la vía; si no es así, el paso está destinado únicamente al cruce ocasional de algunos individuos (desplazamientos ligados a la dispersión de los jóvenes, la conquista de nuevos territorios y la mezcla genética).

2) ¿A partir de qué nivel de frecuencia es eficaz el paso? Para responder a esta cuestión, es preciso clarificar la primera. En determinadas circunstancias, es un éxito que ciertos animales utilicen el paso alguna vez a lo largo del año. En otras situaciones, el objetivo del paso no se alcanza más que si los cruces son cotidianos.

La evaluación es, por tanto, un ejercicio delicado que implica asimismo problemas relativos a las herramientas de seguimiento. Con una trampa para huellas, las marcas recogidas cada semana ¿pertenecen a un solo individuo que se ha apropiado del paso y efectúa idas y venidas frecuentes o bien se trata de varios individuos de la misma especie, lo que evidentemente no tiene la misma trascendencia biológica? El desarrollo reciente de nuevos sistemas de video y de fotovigilancia debe permitir responder a estas cuestiones.

## Pasos: ¿Para qué especies?

Otro de los interrogantes concierne a las especies cuyos desplazamientos se desea restablecer. Habitualmente se trata de ungulados (ciervo, corzo, jabalí). Pero estas especies no están amenazadas (las poblaciones de jabalí y de corzo están en plena expansión) y como especies cinegéticas están colonizando nuevos territorios. No hay por tanto riesgo para ellas. La situación del ciervo es diferente (globalmente los efectivos se mantienen pero la calidad de los hábitats de llanura se deteriora). Se puede uno preguntar entonces si lo que está en juego en términos de conservación de la biodiversidad tiene que ver con especies cinegéticas gestionadas de manera artificial. Algunos biólogos se preguntan si las medidas tomadas para los ungulados son justificables desde el punto de vista de la conservación y la economía. Estos cuestionamientos legítimos deben ser matizados teniendo en cuenta que un paso de fauna eficaz para los ungulados lo es también para el conjunto de la fauna (micromamíferos, carnívoros, tejones, pequeños roedores).

Los pasos, tal como han sido creados para la gran fauna, están por tanto perfectamente justificados y es además la permeabilidad de los territorios que debe ser estudiada para el conjunto de los grupos faunísticos. Conforme a este sistema de

aproximación, las recomendaciones y los métodos establecidos hace 10 años para los ungulados siguen vigentes.

Estos objetivos se amplían conforme al principio de que lo que favorece a los ungulados también favorece al resto de los grupos.

### La frecuencia de paso

La cuestión del número de pasos que deben preverse es igualmente delicada y varía según se trate de especies con un gran radio de acción o de especies menos móviles. Para la fauna pequeña se recomienda una posibilidad de paso cada 300 metros: el proyecto global debe considerar las estructuras agrícolas, forestales o hidráulicas que sean utilizadas por la fauna pequeña. Para la gran fauna en medio boscoso o en sectores con biodiversidad importante, se debe asegurar una posibilidad de paso cada 2 km. Es un objetivo apremiante pero realista, si se tienen en cuenta las estructuras forestales e hidráulicas indispensables y que pueden - gracias a un coste añadido importante - ser transformadas en pasos mixtos (alrededor de +20%). Hace falta, por tanto, utilizar de una manera sistemática las estructuras existentes para que resulten atractivas para la fauna. Esta manera de abordar el problema de la transparencia de las estructuras limita el número de pasos específicos que se han de construir.

### Los espacios excepcionales

Deben ser evitados y representan en Francia alrededor del 10% del territorio. Si por diferentes razones la autovía atraviesa estos territorios de alto valor biológico, han de tomarse medidas excepcionales: secciones cubiertas, viaductos, etc. En espacios ordinarios, se recomienda restablecer sistemáticamente los corredores ecológicos fluviales, los grandes corredores forestales y prever la posibilidad de un paso reservado (paso de fauna específico) cada 10 km., si no existiera justificación demográfica o de elementos naturales de alto valor patrimonial. Esta medida parte del principio de precaución: tiene en cuenta el hecho de que la carretera está perfectamente diseñada para durar y que las personas no pueden predecir cuáles serán las especies que habitarán los territorios atravesados dentro de 10 o 20 años.

### 3. Restablecimiento de los corredores ecológicos.

Las reflexiones actuales en torno a la carretera y la fauna salvaje se orientan hacia la combinación de diversas acciones complementarias (información a los automovilistas, reducción de velocidad, gestión de las poblaciones de ungulados) con objeto de reducir las colisiones. En cuanto a los corredores ecológicos, existen políticas diversificadas de conservación y de restauración comprometidas a diferentes escalas territoriales (departamental, regional, estatal). Constituyen la base de la toma de conciencia global respecto a la conservación y la conectividad de hábitats. Al mismo tiempo están comenzando a desarrollarse las grandes estructuras de cuarta generación: viaductos o zanjas cubiertas a lo largo de centenares de metros según técnicas mejor adaptadas a la especificidad de las estructuras para la fauna.

14



**Francisco Villalba Cabello**  
Director de Analistas Económicos de Andalucía

## **FRANCISCO VILLALBA CABELLO** Director de Analistas Económicos de Andalucía

### **\_Las Infraestructuras Viarias y el Desarrollo Económico Sostenible. El Caso de Andalucía**

A pesar de que es tradicionalmente admitida la influencia de las infraestructuras en la economía de los territorios, no suele ser tan tradicional debatir sobre las causas y la intensidad de estas influencias. En este sentido la primera reflexión que deberíamos plantearnos es si realmente el nivel de las infraestructuras de un territorio es tan determinante de su desarrollo, y si así fuera cuales son los efectos de las infraestructuras, sobre su competitividad.

En nuestros tiempos la noción clásica de competitividad, basada en las ventajas comparativas entre empresas hay que ponerla en cuestión. Efectivamente, esta noción clásica de competitividad, con la implantación de lo que se ha dado en llamar economía globalizada y con la implantación del Mercado Único y las correspondientes libertades de circulación, ocurre que con cada vez con más intensidad el concepto histórico de competitividad se desplaza hacia el concepto de competitividad entre los espacios físicos que sirven de soporte a la actividad económica y social, es decir, la competitividad entre territorios.

Una segunda reflexión sería considerar los efectos territoriales de las infraestructuras. Las infraestructuras constituyen parte de los elementos que definen la oferta en cada área, junto con otros factores de carácter público y privado moduladores de la producción, como son la situación geográfica, la estructura productiva, la cantidad y calidad del capital humano, el nivel de equipamientos sociales y el marco global social y económico.

La importancia de las infraestructuras en el contexto del desarrollo local radica en el hecho de ser básicamente el principal recurso público directamente modificable por la acción de gobierno. La inversión en infraestructura se convierte así en la principal vía de que dispone el

poder regional para promover el incremento de renta, empleo y productividad de la comunidad, y constituye un elemento clave de la política económica para incrementar el potencial de desarrollo de los territorios. Su insuficiencia determinaría estrangulamientos en el desarrollo, que tendrían que ser detectados para proceder a la mejora o incremento de la dotación correspondiente.

Los cuatro considerandos citados anteriormente:

- infraestructuras
- situación geográfica
- el capital humano
- la estructura sectorial

Representarían la capacidad productiva principal de una comunidad. Sin embargo, para su explotación real son necesarios, además, los factores de producción tradicionales, como el capital y el trabajo.

Por tanto, para el pleno desarrollo hace falta la conjunción óptima de los factores público y privados; los primeros son limitativos del desarrollo, los segundos son necesarios para aproximar la situación real a la potencial. Así pues, si una comunidad con suficiente dotación de las cuatro categorías citadas de recursos públicos, no tiene recursos privados, capital y trabajo, en la cuantía necesaria, su nivel real de renta y empleo será siempre inferior al potencial. Sin embargo, estos recursos gozan de suficiente movilidad como para acudir a dicho territorio si existiera atractivo suficiente.

Una tercera sería analizar cual es el impacto sobre la actividad económica de una misma inversión en infraestructura, ya que esta alcanza magnitudes distintas según el nivel de desarrollo económico y el stock de infraestructuras preexistentes, mostrándose más débil en el caso de un mayor nivel de desarrollo. En nuestro caso,

Andalucía en general, tanto por el nivel de desarrollo como por el nivel de dotación de infraestructuras, todavía existe un amplio margen para que las tasas de retorno asociadas a una inversión en infraestructuras alcancen valores altamente significativos.

Por otro lado, se analiza con profusión los efectos de las inversiones, pero poco se habla del "coste de la no inversión". Pues bien, según los datos de la Cátedra de Transportes de la Escuela de Ingenieros de Madrid, el coste de dejar de invertir implica un coste social equivalente al 30% del valor de lo que no se invierte, y ello sin considerar el "efecto multiplicador", que en el sector de las infraestructuras del transporte alcanza un valor próximo a 200.

Con estos planteamientos previos podemos afirmar que las infraestructuras y las comunicaciones presentan una serie de características que las convierten en un instrumento indispensable de las políticas públicas desarrollo, básicamente por las siguientes razones: Su disposición, configurando ejes y redes que cubren el territorio, permite organizar las relaciones económicas, sociales, políticas y culturales entre distintos espacios. En este sentido, las infraestructuras posibilitan un mejor aprovechamiento de los potenciales de desarrollo de cada territorio.

- Su permanencia temporal las convierte en un capital social fijo que, tras una inversión inicial, posibilita durante largos periodos la realización de numerosas actividades económicas y sociales, por lo que dan lugar a economías externas a los tejidos productivos de los territorios en que se implantan.
- Su uso colectivo les da el carácter de capital social acumulable, por lo que tienen un importante efecto impulsor de los procesos de innovación y modernización, generando una mayor diversificación de la estructura productiva y mejorando de la calidad de vida.
- Su desarrollo posibilita una mayor apertura e integración de la economía en contextos más amplios, lo que puede contribuir a incrementar el ritmo de crecimiento económico.
- Son unos de los instrumentos más adecuados

para corregir los desequilibrios dentro de un territorio, por sus efectos difusores de la modernización económica e innovación tecnológica.

Cualquier economía mínimamente desarrollada necesita asegurar una adecuada movilidad y accesibilidad, tanto desde el lado del consumo como de la producción, y tanto de las mercancías como de las personas relacionadas con el proceso productivo. La infraestructura de transporte que permite lo anterior, es uno de los principales impulsores del crecimiento de la renta, productividad de un área. Un área bien comunicada se constituye como una unidad de mercado mayor, factor que contribuye de un modo decisivo a la atracción de actividad económica.

## EFECTOS SOCIOECONÓMICOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

Por tanto, la dotación de capital público es uno de los condicionantes del crecimiento económico de las regiones. El disponer de unas redes adecuadas de carreteras, autopistas, autovías, puertos, aeropuertos, sistemas de saneamiento y depuración de aguas, es sin duda un requisito imprescindible para que una economía moderna pueda satisfacer las demandas sociales. En este sentido desde un punto de vista académico, la discusión no se sitúa en este punto, sino en el grado en que la dotación de capital público explica el desarrollo económico, y en consecuencia, en que papel cabe atribuir a la inversión en infraestructuras dentro de una política activa de desarrollo regional. La evidencia empírica a este respecto es tanto por el análisis de casos como por estimaciones econométricas de carácter agregado.

La consideración más extendida es que los bienes de capital público afectan positivamente de forma directa e indirecta a la actividad productiva. De forma directa como input intermedio en el proceso productivo, e indirectamente como bien público que mejora la eficiencia de los factores privados e influye en las decisiones de localización de las empresas: además debe tenerse presente que ciertos servicios derivados del uso del capital público son utilizados directamente como bienes

finales. En definitiva, cabe esperar que entre los componentes del capital público la relación sea más estrecha y significativa en aquellos que intervienen en el proceso de producción, quedando en segundo término los relacionados con el bienestar.

Por otro lado, en la incidencia del sector transportes sobre el conjunto de la economía regional existen un conjunto de efectos producidos por la construcción de los sistemas de transportes y comunicaciones y por su utilización. La construcción de nuevas infraestructuras de transportes y comunicaciones tiene unos efectos directos muy importantes sobre la producción y el empleo, debido al importante peso del sector construcción en general y de las obras públicas en la estructura económica andaluza. En concreto, el sector construcción significa en torno al 10 por ciento del valor añadido bruto y del empleo regional, y en los últimos años tiene una participación en el conjunto nacional superior a la que le correspondería teóricamente en función de la población o superficie regional (17%).

La construcción de infraestructuras tiene además efectos de arrastre sobre otros sectores económicos de Andalucía. En concreto, existen una serie de ramos de actividad intensivos en empleo y con una localización relativamente dispersa en la región que actúan como suministradores de materias primas al sector de construcción de infraestructuras. También las industrias vinculadas a la fabricación de componentes y material de transporte constituyen uno de los sectores estratégicos de la economía regional entre las que destacan, fundamentalmente, las industrias auxiliares del automóvil, la industria aeronáutica y la de construcción naval. En determinados casos, estos sectores pueden tener una relación directa con la utilización de determinadas infraestructuras, como sucede con las instalaciones portuarias o el transporte aéreo.

Así pues, la creación de nuevas infraestructuras es también un elemento motor de otros ramos de actividad que se benefician de la mejora de la accesibilidad resultante. Es preciso destacar la influencia que en las últimas décadas han tenido las infraestructuras portuarias y las principales carreteras en el desarrollo de las concentraciones

industriales, así como la de los aeropuertos en la expansión del turismo de masas.

### Transporte y economía

En la actualidad, una de las principales preocupaciones en torno a la mejora en la dotación de infraestructuras se centra en la mejora del bienestar, y en las implicaciones espaciales del transporte, sobre todo en relación a la localización de las actividades productivas. Los métodos de medición han mejorado notablemente en los últimos tiempos, y un gran avance en lo que se refiere a técnicas cuantitativas para el análisis de los transportes, muy utilizado en los estudios de inversiones en infraestructuras, ha sido el Análisis Coste-Beneficio (ACB), que consiste fundamentalmente en estimar todos los costes y beneficios sociales asociados a la construcción de una infraestructura de transporte, como medida del bienestar social.

La mayoría de los desarrollos teóricos sugieren que uno de los principales mecanismos por el que los cambios en los transportes tienen efectos sobre la economía es la variación en los costes de la movilidad. Por ejemplo, los empresarios pueden trasladar a los consumidores los beneficios de unos menores costes de producción en forma de precios más bajos, o pueden implementar mejoras adicionales de la eficiencia por reorganización o distribución de la producción. También puede verse beneficiada la economía de menores costes de transporte que ayuden a estimular la movilidad de los trabajadores, u originen una mayor competencia entre empresas. De hecho, la disponibilidad de mano de obra (Stafford, 1983) es uno de los principales factores para la localización de las empresas, influyendo las redes de transporte en las decisiones de localización de los trabajadores.

Otro aspecto relacionado con las infraestructuras de transporte, es el que hace referencia a la influencia de una mejora en éstas sobre el mercado de trabajo o el de vivienda, y sobre todo sobre los salarios o precios. En este caso, las decisiones de localización del trabajo o la vivienda afectarán a las decisiones de producción, debido a que las empresas están sujetas a la disponibilidad de la mano de obra. La mejora de las infraestructuras reducirá los tiempos de viaje,

lo que redundará en una mejora de la productividad, que ocasionará costes laborales más bajos, provocando un incremento del empleo. Sin embargo, el efecto sobre los salarios puede ser ambiguo, dependiendo de las características de los trabajadores y la actividad que desarrollan, ya que mientras la mayor competencia entre trabajadores, por una mayor disposición a la movilidad dada la mejora de los transportes, puede provocar descensos en los salarios, el hecho de que éstos puedan desplazarse con más facilidad a otras regiones puede tener un efecto alcista sobre los salarios, al intentar las empresas mantener sus trabajadores. Por tanto, el efecto final dependerá de las características específicas de cada región.

Finalmente, cabe hablar de los efectos aglomeración como uno de los aspectos a analizar por su influencia en el desarrollo espacial de la economía. Los estudios sobre efectos aglomeración se centran fundamentalmente en los factores que pueden determinar una concentración de la industria en determinadas localizaciones. Los efectos de una mejora en los transportes pueden verse a través de sus consecuencias espaciales o regionales, y se observa como ésta puede provocar tanto incrementos como reducciones de las desigualdades regionales, teniendo en cuenta la situación inicial de la que parten las regiones en cuanto a costes de transporte se refiere y sus características específicas.

## LA A-92 Y EL CRECIMIENTO ECONÓMICO DE ANDALUCÍA

En Andalucía, la construcción de la autovía A-92 (Sevilla-Granada-Almería) y de su Ramal Norte, hacia el límite con la provincia de Murcia, ha supuesto un importante avance en la dotación de infraestructuras de transporte por carretera, mejorando tanto las conexiones internas como externas. Con ésta se facilitan las conexiones con los ejes Atlántico y Mediterráneo, representando un itinerario alternativo al de Madrid para las comunicaciones con Europa, al tiempo que se constituye en uno de los principales ejes vertebradores de la región. Por esos motivos, la puesta en funcionamiento de una infraestructura de estas características contribuye positivamente a cumplir dos grandes prioridades de la política

territorial, como son la integración territorial en la Unión Europea, y la articulación de los distintos ámbitos en la propia región andaluza, intentando resolver también el aislamiento de los focos de dinamismo de la región.

Constituye un eje transversal que facilita las conexiones este-oeste dentro de la Comunidad Autónoma andaluza, y que complementa al eje litoral, proporcionando una mayor coherencia interna dentro del territorio, y tiene fundamentalmente un carácter regional. No obstante, hay que tener en cuenta las ventajas que supone en lo que respecta a la reducción de los tiempos de acceso a las autovías y autopistas del resto de España, especialmente las del Levante español, que conectan con Europa, y de la Meseta Central. De este modo, los beneficios socioeconómicos de la A-92 no sólo repercuten en los usuarios habituales de la autovía, sino que se trasladan, en mayor o menor medida, al conjunto de la sociedad. Los distintos análisis incluidos en esta ponencia, son el resultado de diversas investigaciones realizadas por los firmantes para Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A. Empresa Pública de la Junta de Andalucía.

## Efectos de la A-92 sobre la accesibilidad y el potencial económico

Dentro del campo de la economía regional, se presta especial atención al grado de periféricidad de las distintas áreas o regiones con respecto a los centros de actividad económica. Esto es debido a que la periféricidad de una determinada zona afecta de forma determinante a su capacidad de desarrollo, y supone un elemento que limita el acceso a la zona de las actividades económicas y un mayor coste en las relaciones de intercambio. En este sentido, mientras mayor sea la dotación de infraestructuras de transporte, tanto en cantidad como en calidad, mayor será el nivel de accesibilidad a los centros de actividad económica y, por tanto, menor el nivel de periféricidad.

El concepto de accesibilidad hace referencia a las oportunidades disponibles tanto para los individuos como para las empresas para alcanzar otros lugares donde realizar sus actividades. En el caso de los individuos se refiere a las posibilidades de trasladarse de un lugar a otro por motivo trabajo, educación, ocio, etc., mientras que

en el caso de las empresas sería la posibilidad de acceder a sus fuentes de inputs como a los mercados donde colocar sus producciones. En este contexto, la aplicación de indicadores de accesibilidad se ha mostrado como un instrumento muy útil de investigación y planificación con respecto a las infraestructuras de transporte regionales. Así, la accesibilidad potencial de un nodo  $i$  situado dentro del área de estudio, refleja la atracción que dicho nodo ejerce sobre cada uno de los demás nodos de la red.

En el caso concreto de la A-92, es evidente la relación de dicha infraestructura con el mayor nivel de accesibilidad intrarregional y, por tanto, con la mayor vertebración del territorio andaluz. De igual modo, el nivel de accesibilidad de una determinada zona está muy ligado a su desarrollo económico, ya que las infraestructuras de transporte suponen un elemento fundamental para alcanzar una mayor integración del sistema económico y facilitar las transacciones dentro de un determinado espacio geográfico.

Para el estudio de los niveles de accesibilidad se han desarrollado una serie de índices, que son indicadores que reflejan la interconexión a través de un determinado modo de transporte entre un área y el resto de áreas de referencia. Obviamente, la accesibilidad no sólo va a estar condicionada por la dotación de infraestructuras de transporte existentes, sino que también va a verse influida por la situación geográfica de las diferentes áreas. Por este motivo, dependiendo del estudio a realizar, se pueden calcular índices que miden el nivel de accesibilidad en términos absolutos, como índices que miden la accesibilidad en términos relativos, eliminando el efecto causado por la situación geográfica de las áreas objeto de estudio.

A la hora de calcular los índices de accesibilidad es necesario disponer de una medida de la importancia de las diferentes áreas. Dichas medidas pueden basarse en el nivel de producción, nivel de empleo o población. Obviamente, en el caso en que estemos comparando áreas con un mismo nivel económico, los

resultados serán los mismos independientemente del indicador que usemos. Sin embargo, aunque existan diferencias entre las distintas áreas, los

diferentes análisis realizados ponen en evidencia que los resultados en términos de accesibilidad apenas experimentan variación.

El indicador de accesibilidad absoluta trata de calcular el promedio de las impedancias o costes de transporte que separan a cada nodo con respecto a los diferentes centros de actividad económica a través de la red de comunicaciones existente, por el trayecto de mínima impedancia, utilizando las variables anteriores como factor de ponderación. En este caso el indicador sería:

$$AA_i = \frac{\sum_j C_{ij} P_j}{\sum_j P_j}$$

donde  $AA_i$  es el nivel de accesibilidad absoluta del nodo  $i$ ,  $C_{ij}$  es una medida de la impedancia entre  $i$  y  $j$  y  $P_j$  es una medida de la masa (población, empleo, ...) del nodo  $j$ . Por tanto, este indicador nos proporciona una media ponderada de las impedancias con respecto a los distintos nodos. Como podemos observar, los niveles de accesibilidad así obtenidos están muy influidos por la dotación de infraestructuras existentes, pero también por la localización geográfica de los diferentes nodos en función de su masa. Mientras mayor sea el valor que se obtiene de este indicador, mayores son los costes de acceso a las áreas de actividad económica y, por tanto, menor será el nivel de accesibilidad del nodo correspondiente.

En la literatura se han propuesto otros índices en términos relativos con el objeto de evitar los efectos de la localización geográfica en los resultados y comparar directamente diferentes nodos en función de la dotación relativa de sus infraestructuras. En ese caso el indicador del nivel de accesibilidad en términos relativos sería el siguiente:

$$AA_i = \frac{\sum_j C_{ij} P_j}{\sum_j CM_{ij} P_j}$$

donde  $CM_{ij}$  sería la impedancia mínima ideal entre el nodo  $i$  y el nodo  $j$ , es decir, la impedancia que existiría considerando la existencia de la mejor infraestructura posible. De este modo, para cada relación se calcula el cociente  $C_{ij}/CM_{ij}$ , que tenderá a 1 cuando la impedancia real se acerque a la ideal, pero que irá aumentando a medida que la primera

se aleje de la segunda. En el caso de las carreteras, la impedancia real entre el nodo de origen y el centro de actividad de destino es la que se obtendría en línea recta en una infraestructura de gran calidad. Mientras mayor sea el valor que se obtiene menor será la dotación de infraestructuras del nodo correspondiente, aunque dicha medida no tiene relación con su nivel de accesibilidad real, que se va a ver afectado de forma significativa por su posición geográfica en relación a los nodos que muestran una mayor masa. Así, nos podemos encontrar con el caso de un nodo que tenga una dotación de infraestructuras muy reducida pero que su situación esté geográficamente muy cercana a los principales nodos, en términos de su masa, y mostrará un indicador de accesibilidad absoluta elevada. Lo contrario puede ocurrir en el caso de un nodo muy alejado de los principales nodos en términos de actividad económica, que mostrará un indicador de accesibilidad absoluta relativamente reducido, aunque cuente con una dotación de infraestructuras elevada.

Por tanto, la diferencia entre ambos indicadores viene dada por el papel que juega la localización geográfica. Mientras que la primera medida, accesibilidad absoluta, muestra los niveles de accesibilidad reales existentes, en función de la situación geográfica y de la dotación de infraestructuras, los indicadores de accesibilidad relativa únicamente tienen utilidad cuando queremos comparar el nivel de dotación de infraestructuras de dos nodos diferentes. Es decir, los indicadores de accesibilidad relativos se utilizan para tomar decisiones en relación a la inversión en nuevas infraestructuras de transporte, ya que permiten comparar directamente dos nodos en términos de su dotación de infraestructuras eliminando los efectos de su diferente localización geográfica. Sin embargo, en nuestro caso el interés reside en estudiar los efectos de la construcción de la A-92 sobre los niveles de accesibilidad reales. Por tanto, el indicador correcto a usar en este caso es el correspondiente a la accesibilidad absoluta. En nuestro caso, a efectos prácticos, usaremos el siguiente indicador de accesibilidad, y cuanto mayor sea su valor, mayor será el nivel de accesibilidad:

$$AA_i = \frac{\sum_j P_j}{\sum_j C_{ij} P_j} * 1000$$

Los resultados obtenidos usando como indicador de la masa para el cálculo de los índices de accesibilidad el nivel de empleo correspondiente al año 2000 son muy similares a los obtenidos utilizando como indicador de masa la población, aunque existen algunas diferencias debido a los distintos niveles de empleo existentes en las diferentes provincias españolas, en un análisis regional. Málaga resulta ser la provincia más beneficiada, aumentando su nivel de accesibilidad en un 6,47 por ciento como consecuencia de la construcción de la A-92. En segundo lugar, se sitúa Granada, con un aumento del 5,1 por ciento, y posteriormente Almería, con un aumento del 4,08 por ciento. Sevilla, Huelva y Cádiz muestran menores incrementos en sus niveles de accesibilidad, aunque también positivos. En el resto de provincias españolas, fuera de Andalucía, los porcentajes de variación son inferiores al 1 por ciento, exceptuando Alicante y Murcia. Asimismo, Castellón y Valencia experimentan incluso variaciones algo superiores a las de la provincia de Córdoba.

Desde el punto de vista intrarregional, y considerando al empleo como indicador de masa de cada una de las comarcas, se observa que las comarcas más beneficiadas por la construcción de la A-92 son Vélez-Rubio (Almería), Baza (Granada), Huércal-Overa (Almería), Guadix (Granada) y Granada, con incrementos superiores al 20 por ciento. En torno al 20 por ciento, se encuentran Almería, Albox (Almería), Olula del Río (Almería) y Loja (Granada), y por encima del 15 por ciento, en general, las comarcas de la provincia de Sevilla, excepto Ecija y Utrera, Puente Genil, en Córdoba, y Antequera, en Málaga.

### Potencial económico

Una vez analizados los efectos de la construcción de la A-92 sobre la accesibilidad, la siguiente etapa consistiría en relacionar dichos cambios en la accesibilidad con el potencial de desarrollo económico. El índice de accesibilidad en términos del mercado potencial es una medida derivada por Hansen (1957), donde menores y más distantes mercados ofrecen un menor potencial. Teniendo en cuenta este elemento entre un área i y el resto de áreas j, se obtiene el valor potencial para dicha área. Mientras menores sean los costes de transporte en relación a cada una de las masas

de las restantes zonas, mayor es el nivel de accesibilidad y mayor es el mercado potencial de la zona de referencia. La forma de este índice es:

$$MP_i = \sum_j \frac{P_j}{C_{ij}^\alpha}$$

donde  $MP_i$  es el mercado potencial de la zona  $i$ ,  $P_j$  es una medida de la masa o del mercado potencial de la zona  $j$ ,  $C_{ij}$  es una medida de la impedancia o coste de transporte entre  $i$  y  $j$ , y  $\alpha$  es una constante.

Centrándonos en los índices de potencial económico en términos de empleo, obtenemos que la provincia más beneficiada por la construcción de la A-92 es Málaga, con un aumento de su potencial económico del 9,19 por ciento, seguida por la provincia de Granada, con un aumento del 8,93 por ciento. A continuación, la siguiente provincia más beneficiada es Almería, con un aumento de su potencial económico del 5,98 por ciento, seguida de la provincia de Sevilla, con el 4,68 por ciento. En el resto de provincias andaluzas, los efectos son más reducidos. Por otra parte, nos encontramos con dos provincias del resto de España que también experimentan incrementos significativos de su potencial económico como consecuencia de la construcción de la A-92 (Murcia y Alicante). En el resto de provincias, como era de esperar, los porcentajes de crecimiento de su potencial económico son muy reducidos. Por tanto, se observa, como ya vimos anteriormente en el análisis de accesibilidad, que principalmente se produce un incremento del potencial económico en el litoral mediterráneo, muy favorecido por esta infraestructura que supone una alternativa al acceso de la región por Madrid.

Desde un punto de vista estrictamente regional, se observa que, fundamentalmente, las comarcas más favorecidas por la construcción de la A-92 son las de Almería, exceptuando Adra y El Ejido, Granada, a excepción de Motril, y Sevilla, excepto la comarca de Utrera, aunque en este último caso los incrementos son algo menores. El resto de comarcas, si bien registran variaciones positivas, en algunos casos bastante significativas, no experimentan efectos tan importantes como las primeras.

## Efectos de la A-92 sobre el crecimiento económico

El análisis de accesibilidad resulta de gran utilidad, por cuanto es posible obtener una medida de los efectos que ha supuesto la construcción de esta autovía sobre la accesibilidad intrarregional y obtener una medida del incremento en el potencial económico de cada área. Sin embargo, dichos efectos son potenciales, que si bien tienen interés por sí mismos, a partir de ellos no es posible obtener una medida directa del efecto que ha supuesto la construcción de la A-92 sobre el crecimiento económico regional. Por tanto, también resulta importante centrarnos en los efectos de la construcción de la A-92 sobre los intercambios comerciales y sobre el nivel de empleo, como medidas de los efectos económicos que se han generado sobre el conjunto productivo regional por la construcción de esta infraestructura de transporte. El objetivo último es estimar en qué medida la construcción de la A-92 ha contribuido al crecimiento económico de la región.

Los diferentes desarrollos teóricos a nivel regional, muestran que la construcción de una infraestructura de transporte en una determinada área puede tener efectos económicos tanto positivos como negativos para dicha área, en términos de cambios en su nivel de producción, debido a su vez a las alteraciones que se generan en el nivel de competencia. La idea es simple: la mejora en las infraestructuras de transporte reduce el coste de transporte, por lo que incrementa las posibilidades de acceso a mercados del exterior, pero por el contrario, las empresas del exterior también aumentan sus posibilidades de acceso a dicha área. El efecto final dependerá de cómo influya la construcción de dicha autovía en los costes de transporte de las empresas del área y en las empresas del exterior. En cualquier caso, estos modelos teóricos muestran que dicho efecto puede ser ambiguo. No obstante, hemos de tener en cuenta que la infraestructura considerada en nuestro caso tiene un marcado carácter de conexión intrarregional, por lo que sus efectos pueden ser diferentes.

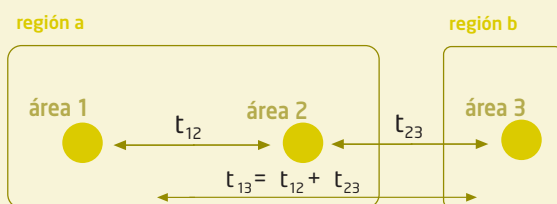
## Modelo de comercio intraindustrial

Para analizar dichos efectos hemos desarrollado un modelo de comercio intraindustrial, que nos

permitirá identificar los efectos de dicha infraestructura de transporte, tanto sobre las empresas de la región como sobre las empresas del exterior, y delimitar el signo del efecto de la construcción de la A-92 sobre el sector productivo andaluz. Para ello hemos supuesto la existencia de dos regiones y tres áreas de mercado. Las áreas 1 y 2 pertenecen a la región objeto de análisis (por ejemplo, Andalucía), mientras que el área 3 pertenece a una región del exterior (el resto de España). Por ejemplo, el área 1 podría ser Sevilla, el área 2 Granada, ambas pertenecientes a Andalucía, y el área 3 podría ser Murcia.

Suponemos la existencia de dos empresas, que están enclavadas en el área 1 y el área 3. Es decir, una empresa pertenece a la región A y otra a la región del exterior, región B. Ambas empresas producen un bien homogéneo y compiten en cada una de las distintas áreas. En la determinación de la función de beneficios de las empresas suponemos la existencia de un coste de transporte, coste que está relacionado con el tipo de infraestructura existente. Así,  $t_{12}$  será el coste de transporte entre el área 1 y el área 2,  $t_{23}$  es el coste de transporte entre el área 3 y el área 2 y  $t_{13}$  es la suma de los dos costes anteriores, representando el coste total de transportar la mercancía entre las áreas 1 y 3.

#### Estructura del modelo



Los costes de transporte suponen un coste de producción más y, por tanto, afectan positivamente a los precios y negativamente a las cantidades de producción. Por tanto, de las expresiones del modelo deducimos que una disminución en los costes de transporte supondrá una disminución en los precios del bien y un aumento en el nivel de producción. La cuestión que queremos responder es cómo dicho aumento de la producción se divide entre ambas empresas.

A partir del modelo, se observa que los costes de transporte afectan positivamente a los precios del bien, como era de esperar. Cuanto mayores

sean los costes de transporte, mayores serán los precios, por lo que una mejora en las infraestructuras de transporte, provocará una disminución en el nivel de precios, con el consiguiente beneficio para los consumidores y el correspondiente aumento en la demanda del bien, que se traducirá en un aumento de la producción. A su vez, los beneficios de las empresas se ven afectados por los costes de transporte.

En nuestro modelo, la mejora en la infraestructura de transporte regional, va a suponer una disminución en los costes de transporte entre el área 1 y el área 2, mientras que el coste de transporte entre el área 2 y el área 3 permanece constante. Hemos de observar, que la disminución del coste de transporte entre las áreas 1 y 2, también supone una disminución del coste de transporte entre las áreas 1 y 3. Este sería el caso de la construcción de la A-92, que supone una disminución en los costes de transporte para los trayectos que utilicen dicha infraestructura.

A partir del modelo se obtiene que una disminución en el coste de transporte entre las áreas 1 y 2 aumenta la producción de la empresa 1, mientras que la de la empresa 3 no se ve afectada. Como puede apreciarse, la única empresa beneficiada es la empresa que pertenece a la región en la cual se produce la mejora en las infraestructuras de transporte. La explicación de este resultado, que a priori parece sorprendente, es la siguiente. La disminución en los costes de transporte entre las áreas 1 y 2, supone una ventaja para la empresa 1 a la hora de vender sus bienes tanto en el área 2 como en el área 3, aumentando la producción destinada a dichas áreas. Sin embargo, para la empresa 3, los costes de transporte hacia el área 2 no cambian, por lo que pierde cuota de mercado en el área 2 a favor de la empresa 1. Por otra parte, la mejora en la infraestructura de transporte regional supone que la empresa 3 aumenta su volumen de ventas en el área 1. El resultado es que se produce un aumento de la producción de la empresa 1, ya que aumenta sus ventas en las áreas 2 y 3, mientras que la empresa 3 disminuye sus ventas en el área 2 aunque las aumenta en el área 1, por lo que su producción total no se ve afectada.

En términos de los beneficios de las empresas,

obtenemos que el cambio que se produce en los beneficios de la empresa 1 puede ser tanto negativo como positivo, dependiendo del nivel de los costes de transporte. No obstante, en la mayoría de los casos dicha expresión va a ser negativa, dado que los costes de transporte representan un porcentaje no muy elevado de los costes totales de producción. Por tanto, podemos concluir que una disminución de los costes de transporte entre las áreas 1 y 2 supone un aumento de los beneficios de la empresa de la región A. Por el contrario, la expresión que obtenemos para los beneficios de la empresa 3 es positiva, indicando que la mejora en los costes de transporte en la región A supone una disminución de los beneficios para la empresa de la región B. Este resultado es lógico, ya que mientras que la mejora en el transporte provoca una disminución en el precio del bien, la producción de la empresa 3 no varía, por lo que se produce una disminución en su nivel de beneficios. Por tanto, también en términos de beneficios obtenemos que la mejora en los costes de transporte en la región A beneficia a la empresa de dicha región y perjudica a la empresa del exterior.

Finalmente, en cuanto al bienestar se refiere, excepto en los casos en los que los costes de transporte sean muy elevados, el bienestar social en la región A mejora como consecuencia de la reducción en los costes de transporte entre las áreas 1 y 2. El mismo efecto tenemos para la región B. No obstante, hemos de indicar que el aumento que se produce en la región A es superior al aumento que se produce en la región B. Por tanto, en términos de bienestar social, ambas regiones se ven beneficiadas, indicando que los efectos de la construcción de una infraestructura de transporte no sólo se producen en la región en la que se realiza dicha inversión sino que también se producen en otras regiones con las que existen relaciones a través del uso de dicha infraestructura de transporte, aunque los mayores efectos corresponden a la región afectada directamente. Este resultado es coherente con el obtenido anteriormente, cuando se analizaban los efectos de la construcción de la A-92 sobre los niveles de accesibilidad y el potencial económico.

Por tanto, este modelo pone en evidencia que

una mejora en la red de infraestructuras de transporte a nivel regional tiene efectos diferentes sobre las empresas que están enclavadas en dicha región y las empresas que pertenecen a otras regiones. En concreto, en el modelo desarrollado se obtiene que la mejora en la infraestructura regional como la construcción de la A-92 aumenta la posición competitiva de las empresas de la región frente a las empresas del exterior, al tiempo que aumenta el bienestar social no sólo de la región que se ve afectada directamente por la mejora en la infraestructura, sino que esta mejora también tiene efectos positivos en la otra región.

### Costes de acceso y movimiento de mercancías

Por otro lado, a través del análisis de los efectos sobre los movimientos regionales de mercancías y los costes de acceso, se intentan cuantificar los efectos de la inversión en infraestructuras a través de los beneficios que genera sobre el transporte de mercancías. Esto es así porque la demanda de transporte de mercancías es una función derivada que, en el contexto de un mercado competitivo, refleja los beneficios que obtienen los consumidores finales de los bienes que son transportados a consecuencia de una mejora de las infraestructuras de transporte. Estos beneficios pueden obtenerse directamente a través de los beneficios derivados del tráfico. La principal dificultad que encontramos en este análisis es la medición del impacto sobre el transporte de mercancías de la mejora en la red de transportes. Existen dos posibles vías a través de las cuales una reducción en los costes de transporte pueden incrementar los flujos comerciales.

En primer lugar, una disminución de los costes de transporte puede afectar a la localización de las empresas. Sin embargo, diversos estudios ponen de manifiesto que los costes de transporte son muy bajos en relación al total de costes para la mayoría de las industrias y este efecto solo tendría importancia sobre las empresas de distribución. En segundo lugar, los costes de transporte han sido utilizados por la teoría de la localización para explicar las diferencias en el crecimiento regional. Por tanto, la reducción de los costes de transporte entre dos regiones debe suponer una ventaja relativa para estas regiones sobre las demás, a

través de mayores tasas de crecimiento. Este mayor crecimiento se debe a un aumento del nivel de producción, para lo cual se requiere un aumento del empleo. Por tanto, a partir de este efecto podemos relacionar las implicaciones de una mejora en las infraestructuras de transporte sobre el crecimiento económico y el empleo.

Este análisis tiene importantes implicaciones, puesto que permite obtener la distribución geográfica de las ganancias derivadas de la construcción de una determinada infraestructura de transporte, por lo que es fundamental desde el punto de vista de la planificación de redes de transporte.

El coste de acceso de un área determinada es una medida del coste medio probable de transportar una determinada cantidad de producto de o hacia dicha área. Este coste medio es una función de los costes de transporte de mercancías a las restantes áreas, multiplicado por la probabilidad de que dicho transporte comience o termine en cada una de dichas áreas. A partir de un modelo gravitacional y la expresión de los costes de acceso, se obtiene una medida de la probabilidad media de coste de transporte en la que incurre una determinada área, a lo que se denomina coste de acceso del área, y dicha medida está relacionada con el potencial económico estimado.

El crecimiento total del tráfico de mercancías estimado debido a la construcción de la A-92, es del 6,91 por ciento, lo que muestra el importante efecto que ha provocado la construcción de esta autovía sobre el tráfico de mercancías a nivel regional y, por tanto, sobre la actividad productiva. Existe un grupo elevado de comarcas con crecimientos en el tráfico de mercancías superiores al 10 por ciento, como consecuencia exclusiva de la construcción de la A-92, siendo, por tanto, las comarcas que más se han beneficiado de la construcción de la A-92, en términos de sus actividades comerciales. De este grupo de comarcas, las que experimentan mayores incrementos son las de Vélez-Rubio, Baza y Guadix. Con un crecimiento superior al 15 por ciento encontramos a Almería, Huércal-Overa, Granada, Loja y Osuna. Las restantes comarcas con crecimientos significativos son Albox, Olula del Río, Puente Genil, Málaga, Antequera, Ecija y Morón de la Frontera.

Si agrupamos, por un lado, las comarcas por las que pasa la A-92 y por otro, el resto de comarcas, el crecimiento total del tráfico de mercancías a nivel regional se debe principalmente al crecimiento observado en el tráfico de mercancías de las comarcas por las que pasa la A-92 del 12,42 por ciento, y en menor medida, al crecimiento registrado en el resto de la comarcas (4,08 por ciento), poniendo de manifiesto la importancia que ha tenido la construcción de la A-92 sobre el tráfico de mercancías en las comarcas por las que discurre esta autovía.

En cuanto a los costes de acceso, en la situación previa a la construcción de la A-92, las comarcas con mayores costes de acceso corresponden al norte de Córdoba, oeste de la provincia de Huelva, y a la práctica totalidad de la provincia de Almería. Por otra parte, las provincias de Jaén y Granada presentan costes de acceso medios, al igual que el sur de la provincia de Cádiz y parte de la provincia de Huelva. Tan sólo el centro de la región presenta costes de acceso bajos, correspondiendo éstos fundamentalmente a las provincias de Sevilla y Málaga. La construcción de la A-92 ha provocado una disminución de los costes de acceso en todas las comarcas andaluzas, aunque con importantes diferencias entre las mismas. Se observa que el núcleo de las comarcas con costes de acceso bajos se ha desplazado hacia la derecha, es decir, hacia el este andaluz, incluyendo ahora la mayor parte de la provincia de Granada y parte de la provincia de Jaén, resultando una distribución más homogénea que la correspondiente a la situación previa a la construcción de la A-92.

### **Crecimiento económico regional**

Una vez obtenidos los resultados anteriores, la siguiente etapa es obtener una medida económica de los efectos que ha generado la construcción de la A-92 sobre el crecimiento regional. Para ello, analizaremos dichos efectos en términos del empleo, variable proxy del nivel de actividad económica.

En este estudio estamos interesados en conocer si las diferencias en términos de costes de transporte tienen alguna influencia sobre la demanda de trabajo en las diferentes áreas y cuantificar dichos efectos. Dichos costes de

transporte se refieren tanto al movimiento de las materias primas como al movimiento de los productos finales hasta el mercado de destino. Este efecto debería existir si las diferencias en los costes de transporte son lo suficientemente grandes como para inducir a un incremento del empleo en las regiones con menores costes de transporte en contra de lo que sucedería en aquellas regiones

en las que los costes de transporte fuesen superiores. De hecho, en los modelos teóricos de localización, dichas diferencias en términos de costes de transporte son determinantes, afectando al comportamiento espacial de la actividad económica. En nuestro caso, estamos interesados en analizar dichos efectos en términos de creación de empleo a nivel global, tanto de las empresas existentes como de aquellas que se establecen en dicha área. En principio, estos efectos afectarían a la industria, ya que los costes de transporte pueden ser muy significativos en la misma, pero a través de los efectos multiplicadores también afectarían al resto de sectores.

Los diferentes estudios realizados sobre la importancia de los costes de transporte en la estructura de costes total de las empresas arrojan resultados dispares. En cualquier caso, estos estudios concluyen que, en conjunto, los costes de transporte tienen un papel relevante en la localización y desarrollo de las empresas, por lo que es uno de los factores determinantes de la creación de empleo desde el punto de vista espacial. Por tanto, podemos relacionar la tasa de creación de empleo de una determinada área con el coste de transporte asociado a dicha área.

En nuestro caso estimamos una regresión simple que nos indique la relación existente entre los cambios en el nivel de empleo y los costes de transporte en cada área. Por tanto, la ecuación a estimar es la siguiente:

$$\Delta E_i = \mu + \beta C_i$$

donde  $E_i$  son los cambios en el nivel de empleo en la comarca  $i$  y  $C_i$  es el coste de acceso de la comarca  $i$ , calculado anteriormente.

Seguindo a Dodgson (1974), se ha considerado

un periodo de 5 años para el cálculo de las variaciones del empleo, en el periodo inmediatamente anterior a la construcción de la infraestructura objeto de análisis (años 1986-1991 en este caso), para los que se dispone de información en términos del nivel de empleo a nivel municipal.

Los resultados que se obtienen de la estimación de la relación anterior son los siguientes:

$$\Delta E_i = 0,503 - 0,201 C_i$$

(0,057)    (0,077)

Entre paréntesis se muestran los errores estándar de los coeficientes estimados. Dichos coeficientes son significativamente diferentes de cero, por lo que encontramos una relación negativa entre la variación del nivel de empleo en el periodo 1986-1991 en las distintas comarcas andaluzas con el coste de acceso de cada una de estas comarcas, tal y como postulan los análisis teóricos.

Se obtiene una elasticidad de -0,201 por ciento en términos de los cambios del nivel de empleo respecto a los costes de acceso. A través de esta estimación, podemos calcular el cambio en el nivel de empleo de cada comarca, en términos de los cambios en los costes de acceso que ha supuesto la construcción de la A-92, es decir, podemos relacionar cambios en el nivel de empleo con cambios en los costes de acceso. Los cambios en el nivel de empleo se obtienen para cada comarca multiplicando dicho coeficiente por la disminución en los costes de acceso de cada comarca una vez consideramos la existencia de la A-92.

El efecto sobre el nivel de empleo durante un periodo de 5 años ha sido de un total de 24.282 empleos en el total de Andalucía. En términos de crecimiento, las comarcas más beneficiadas han sido las de Vélez-Rubio (Almería), con un incremento del 3,68 por ciento, Guadix (Granada), con el 3,67 por ciento, y Baza (Granada), con el 3,62 por ciento. Estos valores son elevados, indicando que el efecto de la A-92 a nivel comarcal ha sido muy significativo, si bien los efectos no son homogéneos en el conjunto de Andalucía, debido a que predomina el componente geográfico.

Por otra parte, del análisis realizado anteriormente podemos obtener una medida global del efecto

que ha provocado la construcción de la A-92 sobre el crecimiento regional en un periodo de 5 años. Dado el empleo total obtenido, podemos relacionar dicho volumen con el empleo total de Andalucía, es decir, obtener una medida agregada del efecto total de la construcción de la A-92 sobre el crecimiento del nivel de empleo a nivel regional. El resultado obtenido es que la aportación de la A-92 al crecimiento regional durante un periodo de 5 años ha sido de 1,3 puntos porcentuales, siendo esta contribución, como resulta lógico, mayor en las comarcas por las que pasa la A-92, del 2,2 por ciento, cifras que podemos considerar como muy significativas y que ponen en evidencia de forma clara los efectos positivos que se han derivado de la construcción de la A-92 para el crecimiento de Andalucía y, en particular, para las comarcas por las que pasa dicha autovía.

Por último, es necesario destacar que la anterior estimación se reduce únicamente al efecto que ha provocado la A-92 sobre el crecimiento regional. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la construcción de otras infraestructuras de transporte dentro de la región puede generar efectos desbordamiento, dado el efecto red de estas infraestructuras, por lo que los efectos finales podrían ser superiores, si bien ya no serían exclusivos de la construcción de la A-92.

### Conclusiones finales

Como hemos visto, el transporte es una actividad básica en las sociedades modernas, tanto desde el punto de vista económico como social, cuya importancia ha ido creciendo a lo largo de los últimos años. En este contexto, las infraestructuras de transporte suponen un factor clave para el desarrollo socioeconómico de cualquier sociedad, y una adecuada dotación de éstas representa un elemento fundamental para el aumento de la competitividad y la mejora del bienestar social. Existe un amplio consenso en torno a la relación existente entre infraestructuras de transporte y

desarrollo económico. Sin embargo, no se conoce con exactitud si una adecuada red de infraestructuras es requisito imprescindible para el desarrollo económico, o si por el contrario, es el propio desarrollo el que conlleva una mejora de las infraestructuras.

La construcción de la A-92 ha supuesto para Andalucía un importante avance en la dotación de infraestructuras de transporte por carretera, que ha mejorado tanto las conexiones internas como externas. Ha facilitado las conexiones con los ejes Atlántico y Mediterráneo, representando una alternativa al itinerario de Madrid para las comunicaciones con Europa, constituyéndose además en uno de los principales ejes vertebradores de la región andaluza, al proporcionar una mayor coherencia interna al territorio andaluz.

Las principales consideraciones que pueden extraerse son las siguientes:

1. Desde el punto de vista de la vertebración territorial, la A-92 ha supuesto la unión por vía terrestre de la zona oriental y occidental de Andalucía, de la región andaluza con el Levante español y el Arco Mediterráneo y, finalmente, con el sur de Portugal, convirtiéndose Andalucía en nexo de unión entre los ejes Atlántico y Mediterráneo. Asimismo, en el interior de la región se ha producido una mayor integración territorial, al desaparecer la barrera existente tradicionalmente entre Andalucía Oriental y Occidental, al tiempo que se ha observado la integración de Almería en el territorio andaluz. Por otra parte, también han mejorado las conexiones del interior andaluz con los núcleos de población del litoral.

2. En términos de los niveles de accesibilidad interregional, se observa que Málaga es la provincia más beneficiada por la construcción de la A-92, seguida de Granada y Almería. Fuera de Andalucía,

#### Efecto de la A-92 sobre el crecimiento en Andalucía

	Empleo	% sobre Andalucía
Comarcas por las que pasa la A-92	15.188,43	2,2
Resto de comarcas	9.093,67	0,8
Total	24.282,11	1,3

Fuente: Analistas Económicos de Andalucía.

Alicante y Murcia son las que muestran unos efectos más positivos, y en menor medida Castellón y Valencia. De esta forma, se observa como los efectos de la A-92 no sólo se circunscriben al territorio andaluz. En cuanto a la accesibilidad intrarregional, las comarcas más beneficiadas son Vélez-Rubio y Huércal-Overa en Almería, y Baza, Guadix y Granada en la provincia granadina.

3. En general, las provincias andaluzas presentan un nivel de accesibilidad bajo en relación a la media nacional, lo que depende principalmente de su posición geográfica, alejada de los principales centros de actividad económica. No obstante, la construcción de la A-92 ha originado que la provincia de Granada pase de un nivel de accesibilidad bajo a un nivel medio.

4. Si se relacionan los cambios en los niveles de accesibilidad con el potencial de desarrollo económico, se aprecia también que la provincia más beneficiada es Málaga, y a continuación Granada. También Almería y Sevilla experimentan incrementos importantes, mientras que en el resto el efecto es más reducido.

5. Al igual que hemos comentado antes, hay dos provincias del litoral mediterráneo, Murcia y Alicante, que registran un incremento significativo del potencial.

6. La A-92 ha provocado una disminución de los costes de acceso en todas las comarcas andaluzas, aunque con importantes diferencias entre las mismas. Se observa que el núcleo de las comarcas con costes de acceso bajos se ha desplazado hacia el este andaluz, incluyendo ahora la mayor parte de la provincia de Granada y parte de la provincia de Jaén, resultando una distribución más homogénea que la correspondiente a la situación previa a la construcción de la A-92.

7. El efecto sobre el nivel de empleo ha sido de alrededor de 25.000 empleos en el total de Andalucía. En tasas de crecimiento, las comarcas más beneficiadas han sido las de Vélez-Rubio en Almería, y Guadix y Baza en Granada. El efecto de la A-92 a nivel comarcal ha sido muy significativo, si bien los efectos no son homogéneos en el conjunto de Andalucía, debido a que predomina el componente geográfico.

8. La aportación de la A-92 al crecimiento regional durante un periodo de 5 años ha sido de 1,3 puntos porcentuales, cifra que podemos considerar como muy significativa y que pone en evidencia los efectos positivos que se han derivado de la construcción de la A-92. Es necesario destacar que esta estimación se reduce únicamente al efecto que ha provocado la A-92 sobre el crecimiento regional. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que la construcción de otras infraestructuras de transporte dentro de la región puede generar efectos desbordamiento, dado el efecto red de estas infraestructuras, por lo que los efectos finales podrían ser superiores, si bien ya no serían exclusivos de la construcción de la A-92.

# 341



## **CARME ROSELL PAGÈS**

Actuacions para reduir el efecte barrera sobre la fauna de las vías de alta capacidad.  
Resultados del inventario realizado en el marco de la Acción COST 341.

## CARME ROSELL PAGÈS

MINUARTIA Estudis Ambientals

Departament de Biologia. Universitat de Barcelona.

Coordinadora del proyecto "Fragmentación de Hábitats causada por Vías de Transporte impulsado" por la Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente

### Actuaciones para reducir el efecto barrera sobre la fauna de las vías de alta capacidad. Resultados del inventario realizado en el marco de la Acción COST 341.

#### Conflictos entre la red viaria y los espacios naturales protegidos

Según información elaborada por el Banco de Datos de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente<sup>1</sup> a partir de datos del año 2001, 3.800 Km. de autopistas y autovías cruzan Espacios Naturales Protegidos, espacios propuestos como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) y Zonas de Especial Importancia para las Aves (ZEPA). Entre los efectos de las infraestructuras de transporte (para más información ver apartado 5.4. Efectos en la naturaleza de la actual red de transporte en España de la obra citada) destacan la ocupación de una superficie equivalente al 1,3% de la superficie del Estado, la perturbación del entorno adyacente a las vías debido al ruido, la dispersión de agentes contaminantes y de especies exóticas de flora y fauna, y también, la perturbación debido al incremento de presencia humana y otros impactos asociados como los incendios forestales, de los cuales, el 21% de los registrados en el año 2000 se iniciaron al borde de carreteras y ferrocarriles. No obstante, entre sus efectos más notorios, y con mayores consecuencias para la conservación de la biodiversidad, destacan el incremento de mortalidad de fauna a consecuencia de atropellos y colisiones con vehículos, y el efecto barrera de las vías.

La red viaria constituye un elemento clave que incide en la dinámica de los paisajes. Estos, más allá de un mero soporte para los distintos usos del suelo, constituyen el escenario en el que se desarrollan los procesos ecológicos, entre ellos

algunos tan fundamentales como los flujos de dispersión de especies, y que se ven alterados por la presencia de las carreteras y ferrocarriles. Uno de los efectos más relevantes de estas vías es la barrera que constituyen y que condiciona los desplazamientos de muchas especies; algunas evitan la proximidad de las carreteras, y son muy reticentes a cruzarlas, otras ven impedido su avance cuando los cerramientos perimetrales interceptan sus desplazamientos, y finalmente otras, que intentan cruzarlas, encuentran en las carreteras una de sus principales causas de mortalidad. El linco (*Lynx pardinus*), una de las especies más emblemáticas de la fauna ibérica y considerado el felino más amenazado del mundo, es uno de los casos más paradigmáticos, ya que tiene en la fragmentación de sus hábitats y los atropellos (especialmente de individuos jóvenes en fase de dispersión) las principales causas que amenazan la supervivencia de la especie.

Estos efectos, lejos de disminuir, se están intensificando notablemente con la expansión de la red viaria. Para el período 2000-2007 (datos de Ministerio de Fomento) se ha previsto la construcción de 5.700 Km. de nuevas vías, la mayor parte de alta capacidad, y el acondicionamiento de 2.700 Km. de vías ya existentes, que conllevará un aumento de su intensidad de tráfico y de la velocidad de circulación de los vehículos, y en consecuencia, de su efecto barrera. El escenario de futuro plantea, por tanto, importantes retos para que la ejecución de estas vías se realice incorporando medidas que

<sup>1</sup> Rosell, C., Álvarez, G., Cahill, C., Rodríguez, A. y Séiler, A. COST 341. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España. Naturaleza y Parques Nacionales. Serie Técnica. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente. 349 pp.

eviten daños irreversibles a los hábitats o a las especies que alojan. Y este reto se convierte en auténtico desafío en los Espacios Naturales Protegidos donde la sensibilidad del entorno justifica que se realicen todas las actuaciones necesarias para garantizar que los hábitats conserven su integridad, y que se mantengan las posibilidades de dispersión de organismos, sin perder ninguna posibilidad de facilitar vínculos entre los paisajes adyacentes, es decir, puntos por los cuales algunos organismos puedan superar la barrera y desplazarse de un lado a otro de la vía.

### La Acción COST 341 y el inventario de medidas aplicadas para reducir la fragmentación de hábitats

El proyecto europeo de intercambio científico y tecnológico COST 341. Fragmentación de Hábitats causada por vías de transporte se inició en 1998 y finalizó en noviembre de 2003. El Estado español fue uno de los primeros países en formalizar su adhesión, en Septiembre de 1998, y durante estos años ha participado activamente en el desarrollo del proyecto, durante el cual expertos pertenecientes a 16 países, que integraban técnicos de las administraciones de transporte y medio ambiente, científicos y especialistas en evaluación de impacto ambiental y gestión de fauna, elaboraron distintos productos de los cuales puede obtenerse información a través de la web de la entidad Infra Eco Network Europe ([www.iene.info](http://www.iene.info)) y que se indican a continuación:

- Informe COST 341. Habitat fragmentation due to transportation infrastructures. An European review.
- Manual COST 341. Wildlife and traffic. A Handbook on identifying conflicts and designing solutions.
- Informe COST 341. La fragmentación del hábitat en relación con las infraestructuras de transporte en España.
- Bases de Datos sobre Bibliografía y Medidas correctoras aplicadas para prevenir colisiones de vehículos con animales y permeabilizar las carreteras y ferrocarriles al paso de fauna

Durante el desarrollo del proyecto, y a nivel del Estado español, se realizó un inventario de medidas aplicadas para prevenir este impacto, y

de los resultados de los proyectos de seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas. Para ello se distribuyeron cuestionarios entre los responsables de las administraciones autonómicas y del Estado responsables de transporte y medio ambiente, que forman parte del Grupo de Trabajo de esta Acción y también se realizaron consultas a expertos y a responsables de organismos implicados en seguimiento de pasos. En total se recibieron 168 cuestionarios completados y a partir de ellos se ha realizado el inventario que aporta datos de una muestra de más de 300 medidas aplicadas y de 15 proyectos de medidas compensatorias, que se incorporaron en la base de datos, que en breve se prevé que pueda ser consultada a través de la Web de la DGCN del Ministerio de Medio Ambiente, y que se mantiene abierta a la incorporación de información sobre nuevas medidas que facilitan los responsables de su construcción o gestión. Es importante destacar que el inventario no pretende en ningún momento ser completamente exhaustivo, pero si cuenta con una muestra suficientemente extensa como para considerarlo representativo de la situación actual. A continuación se destacan las actuaciones más relevantes.

### Síntesis de las medidas aplicadas en el Estado español

Todos hemos visto ejemplos de magníficos ecoductos (en otros países llamados puentes verdes o puentes biológicos) construidos en Holanda, Suiza, Alemania o Hungría. Son estructuras parecidas a falsos túneles que discurren por encima de las grandes autopistas o autovías, y que en ocasiones superan los 50 e incluso los 80 m de ancho. Suelen estar completamente revegetadas dando continuidad a las formaciones vegetales que se encuentran en el entorno de las vías y estableciendo auténticos puentes de conexión por los que no solo pasan los grandes mamíferos sino que también pueden ser utilizadas por todo tipo de especies terrestres incluyendo pequeños insectos, moluscos, etc. Aunque todavía no podemos mostrar ningún ejemplo de ecoducto construido en el Estado español, a continuación se comentarán las medidas que ya empiezan a aplicarse, algunas de ellas muy modestas, como el acondicionamiento para el paso de fauna de estructuras de uso mixto: drenajes, estructuras

de restitución de caminos y de vías pecuarias, etc., y otras ya más costosas y efectivas como pasos específicos para la fauna o viaductos y túneles en sustitución de terraplenes y trincheras.

Destacamos, antes de empezar la revisión, que no existen actualmente estándares y normas de obligado cumplimiento por lo que respecta a pasos de fauna, aunque las Declaraciones de Impacto Ambiental de los proyectos establecen numerosas actuaciones para minimizar el efecto barrera, con frecuencia basadas en las directrices de manuales técnicos y en los resultados de estudios de evaluación de efectividad de las medidas. La redacción de una instrucción técnica que incluya un Catálogo de pasos de fauna, es una asignatura pendiente, aunque ya se han empezado los trabajos preparatorios en el marco de una Comisión del Grupo de Trabajo sobre Fragmentación de Hábitats causada por vías de transporte que, aunque el proyecto internacional ya ha finalizado, continua sus trabajos.

### **Viaductos, túneles y falsos túneles**

Los trazados de los cursos fluviales y vaguadas son elementos fundamentales para el desplazamiento de los animales, y numerosos estudios ponen de manifiesto su función como canalizadores de movimientos de muchas especies. Esta afirmación, cada vez más asumida en el contexto de la Evaluación de Impacto Ambiental, conlleva que se sustituyan terraplenes por viaductos y también que estos se adapten al paso de fauna. En el Inventario de medidas se recopiló información de 7 viaductos singulares, que en algunos casos superan los 500 m de longitud, y que se han construido específicamente para mejorar la permeabilidad de una vía o mantener intactos (o muy poco alterados) paisajes de gran sensibilidad como lagunas y marismas. Otro aspecto particularmente interesante es el sobredimensionamiento de viaductos, que permite que muchos vanos se mantengan secos durante todo el año, incluso en las épocas de crecida de los ríos. De esta manera, el conector ecológico que constituye el curso fluvial se mantiene intacto dejando corredores para el desplazamiento de los animales en ambos márgenes. Actualmente se empieza a poner la atención también en los procedimientos constructivos, promoviendo el sistema de losa empujada para evitar que durante

el período de construcción se destruya la vegetación riparia, hecho que puede interrumpir temporalmente el flujo de dispersión de especies.

Otro elemento fundamental para reducir el efecto barrera cuando las vías discurren por zonas de topografía abrupta (muchos espacios naturales protegidos presentan esta característica) es la construcción de túneles y falsos túneles. En el primero de los casos no hacen falta demasiados comentarios para destacar que se trata del sistema más efectivo para neutralizar los impactos de la vía; el trazado discurre por el interior del túnel y desaparecen todos sus efectos, tanto de barrera, como otras perturbaciones (ruido, dispersión de contaminantes, etc.). Los falsos túneles se utilizan también de manera cada vez más habitual. En el trazado del ferrocarril de alta velocidad se encuentran numerosos ejemplos, en los que una estructura de este tipo se ha construido para cubrir una gran trinchera y permitir de esta manera que la fauna pueda cruzar el trazado. Uno de los ejemplos que se ha recopilado está situado en la LAV Córdoba-Málaga y fue específicamente diseñado para favorecer el paso del lince ibérico, entre otras especies. A diferencia de los túneles, los falsos túneles tienen el inconveniente de que durante largos períodos (de varios años), la dispersión de especies se ve impedida porque la estructura está en construcción, o bien, el mantenimiento de las revegetaciones requiere frecuentes trabajos que perturban el paso. No obstante, se trata de elementos fundamentales para la permeabilidad que, pasados los primeros años, pueden ser muy efectivos para la reconexión de hábitats adyacentes a las vías.

### **Pasos específicos para la fauna**

Con frecuencia se habla de este tipo de estructuras, pero en absoluto podemos pensar que su uso sea común, si bien se ha intensificado notablemente desde los inicios de su aplicación, hace poco más de cinco años. Los primeros 'grandes' pasos superiores se construyeron en la autovía Rías Baixas (A52), y siguen siendo estructuras singulares con sus 20-25 m de ancho en algún caso. Actualmente también se han construido estructuras de este tipo en distintas autovías de Castilla-León, Extremadura y Cantabria, con anchos que oscilan entre los 12 y los 25 m de anchura, algunos de ellos simplemente

**Jornadas  
Internacionales Sobre  
Infraestructuras viarias y  
Espacios Naturales  
Protegidos**

**Carme Rosell Pagès**  
Actuaciones para reducir el  
efecto barrera sobre la  
fauna de las vías de alta  
capacidad. Resultados del  
inventario realizado en el  
marco de la Acción COST  
341



Los ecoductos permiten la creación de auténticas conexiones entre los sistemas adyacentes, ya que a sus grandes dimensiones se añade la posibilidad de diseñar completas revegetaciones. Ecoducto Woeste Hoeve, en la autopista A50, en Holanda, que identifica los productos de la Acción COST 341. Foto: Luchtfotografie Slagboom en Peeters.



Los falsos túneles pueden constituir excelentes pasos de fauna, ya que permiten revegetaciones más completas que los pasos inferiores o superiores, y requieren menos labores de mantenimiento. Carretera GI 681 Llagostera - Tossa de Mar, Catalunya. Foto: Josep Codony.

recubiertos de sustrato natural, y en otros casos con vegetación herbácea en su base y arbustiva en los laterales y accesos. Estos pasos se destinan específicamente a grandes ungulados (especialmente ciervo, *Cervus elaphus*, corzo, *Capreolus capreolus* y jabalí, *Sus scrofa*), y también al lobo (*Canis lupus*). No obstante, son utilizados con frecuencia por otras muchas especies de carnívoros, conejos, liebres, etc.

Mucho más habitual es la construcción de pasos inferiores a las vías que puede ser igualmente efectiva. No obstante, las dimensiones en estos casos acostumbran a ser mucho más modestas, y si bien algunos de ellos alcanzan también grandes dimensiones, es habitual la construcción de estructuras de sección comprendida en el intervalo de 1x1m hasta 7x5m. Es importante remarcar que para permitir el paso de todas las especies de ungulados ibéricos es indispensable alcanzar un mínimo de 1,2 m. Por ello, pasos de dimensiones inferiores pueden ser concebidos para el paso de pequeños carnívoros (tejón, Meles meles, gineta, genetta genetta o garduña, Martes foinea, por poner sólo algunos ejemplos), pero no podemos proponerlos en ningún paso como pasos para grandes mamíferos.

Otra estructura de uso cada vez más frecuente son los pasos para anfibios (especialmente para ranas y sapos) que facilitan el cruce de carreteras y ferrocarriles que interceptan las rutas que estos vertebrados utilizan masivamente durante el período reproductor. En este caso las dimensiones son poco importantes, ya que puede tratarse de pequeños tubos (aunque las secciones rectangulares son más adecuadas), pero en cambio es indispensable colocación de barreras opacas que impidan que los animales accedan a la vía y los obliguen a localizar la entrada del paso. Aunque esta necesidad parece evidente, en muchos casos se constata que los proyectos incorporan pasos de anfibios que no van acompañados de cerramiento perimetral específico, con los cual son completamente ineficaces. En estos casos los anfibios cruzan directamente los trazados que se interponen en su ruta ya que no tienen capacidad para intentar localizar la entrada de un paso que les permita cruzar sin riesgo de ser atropellados.

## Estructuras de uso mixto

Las carreteras y ferrocarriles están cruzadas por numerosas estructuras con diversas funciones como el drenaje transversal, la restitución de caminos o el paso de vías pecuarias. Cada una de ellas constituye una oportunidad para favorecer el paso de fauna y su adaptación constituye ya una rutina para algunos proyectistas.

La baja perturbación humana es una condición fundamental para favorecer el uso del paso. Por ello debemos considerar incompatible el acondicionamiento de pasos de fauna en estructuras situadas en un entorno urbanizado, aunque se trate de pequeños núcleos rurales, que comporten un uso frecuente del paso por parte de vehículos y personas. En cambio las estructuras destinadas a restituir pistas que conducen a zonas agrícolas o forestales que tienen sólo un uso esporádico y, por tanto, una ínfima intensidad de tránsito, pueden constituir óptimos pasos de fauna, como se ha comprobado en el seguimiento de pasos de l'Eix Transversal (C25) en Catalunya, donde los cajones por los que discurren pistas forestales son profusamente utilizados por un gran número de especies presentes en la zona, incluido el jabalí.

El caso de los drenajes merece especial atención. Las condiciones de la región mediterránea son óptimas para que estas estructuras sean compatibles con el paso de fauna, ya que acostumbran a tener grandes dimensiones, y están secos durante la mayor parte del año. Muchos de ellos son utilizados, incluso sin especiales adaptaciones, por anfibios, reptiles y todo tipo de pequeños y mamíferos (a excepción de los ungulados). Pequeñas adaptaciones pueden mejorar sensiblemente su funcionalidad como pasos de fauna, y es notable como muchos ingenieros ya incorporan de manera rutinaria 'detalles de acabado' que convierten un drenaje en un punto de conexión por el que numerosos animales podrán franquear la barrera viaria. Entre ellos destacamos el recubrimiento con hormigón de la base de pasos de acero corrugado (poco compatible con el paso de fauna) y la adecuación de las salidas de los drenajes en los que, para prevenir la erosión del talud, se construyen rampas empedradas, en lugar de los bajantes escalonados, que constituyen imponentes barreras, e incluso trampas mortales, para los animales más pequeños.



Los pasos superiores específicos para la fauna son estructuras muy efectivas. No obstante, tienen notables dificultades para el mantenimiento de las revegetaciones, y es fundamental evitar otros usos que pueden perturbar a la fauna, como el paso de vehículos. El apartamiento del paso, muy bien resuelto en este caso, es importante para evitar que el paso de animales se vea afectado por la visión de los vehículos que utilizan la vía. Autovía A67, León Burgos. Foto: Carme Rosell.



El paso de fauna es compatible con un uso muy esporádico de las estructuras por parte de vehículos, pero no es recomendable la adaptación de pasos que tengan una alta intensidad de tránsito. Carretera C65, Eix Transversal de Catalunya. Foto: Carme Rosell.

La construcción de banquetas laterales que se mantienen secas incluso cuando el paso está inundado es otra de las adaptaciones más habituales.

No obstante, en muchas ocasiones una estructura transversal que presenta unas óptimas condiciones para constituir un paso de fauna, ve completamente inutilizada esta función por las deficientes características del acondicionamiento de los accesos. Este es un aspecto fundamental que actualmente resulta menospreciado, quizás por la insuficiente colaboración entre los equipos que diseñan los proyectos constructivos de los pasos y los encargados del diseño de medidas complementarias en los que se incluyen revegetaciones y cerramientos. La efectividad del paso no depende exclusivamente de sus características estructurales sino que el entorno de los accesos debe ser cuidadosamente diseñado, con plantaciones que permitan dirigir a los animales hacia sus entradas, que faciliten refugios que contribuyan a crear seguridad pero sin obstruir en ningún caso la visibilidad de las bocas, y con cerramientos perimetrales que conduzcan a los animales directamente a las entradas. No debemos olvidar que muchos animales (particularmente carnívoros y ungulados) cuando ven impedido su avance por un cerramiento perimetral tienden a seguir los vallados, en ocasiones centenares de metros, hasta que encuentran un punto por el que puedan franquear el obstáculo. Es fundamental que este punto no sea una deficiencia en la instalación del cerramiento (muchos de los accidentes causados actualmente por colisiones con jabalí que se producen en autopistas y autovías se deben a este efecto) sino que en su recorrido se encuentren directamente con los accesos a un paso de fauna, un túnel o un viaducto. De esta forma, un cerramiento correctamente instalado constituye también un elemento de captación y conducción de animales hacia los pasos.

## Avanzando en la prevención del impacto de la fragmentación de hábitats

El incremento de sensibilización de muchos colectivos de profesionales y responsables de la toma de decisiones, respecto a las nefastas consecuencias para la conservación de la diversidad biológica de la fragmentación de hábitats -y en particular del efecto barrera de las vías de transporte- constituye una oportunidad para frenar el notorio avance que este impacto ha mostrado en las últimas décadas.

La colaboración entre las administraciones de medio ambiente y transporte y de los distintos colectivos profesionales implicados, y especialmente entre ingenieros de caminos y técnicos ambientales, es un aspecto fundamental para minimizar estos efectos. Disponemos de conocimientos suficientes para diseñar pasos de fauna efectivos para las distintas especies de referencia y que se basan en un extenso número de seguimientos que se han llevado a cabo tanto en el Estado español como en distintos países europeos. Los técnicos ambientales pueden consultar esta información en múltiples manuales y especialmente en el que se acaba de publicar y que se ha consensuado a nivel europeo<sup>2</sup>, y son estos profesionales los que pueden asesorar sobre que pasos son necesarios, para que especies, su ubicación (factor clave para su efectividad) y los acondicionamiento que se requieren en sus accesos. No obstante, serán los propios ingenieros, los que pueden proponer las mejores soluciones técnicas para el proyecto constructivo de las estructuras. El reto, por tanto, está en superar las posiciones enfrentadas que se observan a menudo entre estos colectivos profesionales y establecer una cooperación que permita el diseño de estructuras con unas óptimas características para facilitar que las carreteras y ferrocarriles no constituyan barreras infranqueables para la fauna.

<sup>2</sup> Luell, B., Bekker, H., Cuperus, R. Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlavác, V., Keller, V., Rosell, C., Sangwine, T., Torslov, N. y Wandall, B. 2003. COST 341. Wildlife and traffic. A European Handbook on Identifying Conflicts and Designing Solutions . KNNV Publishers.



---

**LUIS GARRIDO**

Vía Paisajística Almonte - Los Cabezudos: Reflexiones para el ingeniero

## LUIS GARRIDO

Ingeniero Consultor

Director de la Delegación Sur del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)

### Vía Paisajística Almonte - Los Cabezudos: Reflexiones para el ingeniero

#### 1. ANTECEDENTES

La planificación de la red viaria de Andalucía comprende una serie de actuaciones Complementarias a la Red de Gran Capacidad que conectan la Red Secundaria a los ejes de largo recorrido, para la integración de los ámbitos subregionales en las estructuras territoriales y económicas nacional y europea.

En el año 1992 la Junta de Andalucía convocó una Comisión Internacional de Expertos, en la que participaron especialistas de la Unión Europea, la Administración Central Española y la propia Junta de Andalucía, con la finalidad de emitir un "Dictamen sobre estrategias para el desarrollo socioeconómico sostenible de Doñana" que marcara las pautas a seguir para mejorar la accesibilidad y promover el desarrollo económico y social de este territorio, pero incorporando siempre las adecuadas medidas de conservación, y también de mejora, de los recursos y valores del medio.

Como consecuencia de todos estos trabajos de análisis previo, la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía desarrolló el programa de infraestructuras denominado Programa Operativo Entorno Doñana, que fue financiado mediante Fondos Europeos de Desarrollo Regional (F.E.D.E.R.) y en el cual se integra la actuación objeto de esta Comunicación: las obras de acondicionamiento de la HF-6248. Tramo: Intersección A-483 al Pk. 1,200 de la HF-6245 (Los Cabezudos).

El proyecto de acondicionamiento de esta vía fue redactado en el año 1997 y aprobado por la Dirección General de Carreteras de la Junta de Andalucía en febrero de 1998, procediéndose a su atribución en fase de obras a la empresa pública Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A. (GIASA). Tras el procedimiento de licitación de las obras, en noviembre de 1998 se procedió a la

adjudicación de las mismas -por un importe de 5.045.359 €- a la empresa FCC Construcción, S.A., iniciándose la ejecución en diciembre de ese mismo año.

Paralelamente, también en 1997, se había redactado el proyecto de acondicionamiento del resto de este eje viario, es decir, la HF-6245 entre Los Cabezudos y el Parador Nacional de Mazagón, que tras su aprobación fue atribuido a Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A. (GIASA) para proceder a la licitación de las obras, que nunca llegaron a adjudicarse.

Tras las alegaciones presentadas por una entidad conservacionista, y los requerimientos de información efectuados por la Unión Europea en relación con el expediente de queja incoado contra estas dos actuaciones, la Dirección General de Carreteras determinó la paralización de las obras del primer tramo y la licitación del segundo en julio de 1999, para emprender el preceptivo procedimiento de Evaluación de Impacto ambiental, ya que se consideró que la vía existente era, por titularidad, un camino forestal y que los nuevos proyectos superaban el ámbito del puro acondicionamiento.



Eje viario Almonte-Los Cabezudos-Parador Nacional de Mazagón

El Estudio Informativo elaborado en octubre de 1999 para el conjunto del eje viario Almonte-Los Cabezudos-Parador Nacional de Mazagón, analizó distintas alternativas de trazado en planta y en alzado, para seleccionar la alternativa que menor incidencia generase sobre el medio, consistiendo ésta básicamente en la mejora del corredor existente. Una vez tramitada la correspondiente Información Pública, la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente en Huelva formuló con fecha 5 de octubre de 2000 la Declaración de Impacto Ambiental favorable para el Acondicionamiento del Itinerario Almonte-Los Cabezudos (Huelva), condicionando su ejecución al cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras identificadas en el estudio, y a la aplicación de las prescripciones contempladas en la propia Declaración. Adicionalmente el pronunciamiento del organismo ambiental competente determinaba la ausencia de viabilidad ambiental para el trazado propuesto entre Los Cabezudos y el Parador Nacional de Mazagón, prescribiendo la necesidad de realizar nuevos estudios complementarios analizando otras alternativas que no afectasen al Parque Natural de Doñana.

Al objeto, pues, de concretar en un Proyecto Modificado las prescripciones derivadas de la Declaración de Impacto Ambiental, que genéricamente se referían a la necesidad de ubicar de pasos de fauna adicionales, limitar la velocidad de proyecto, reducir la plataforma de la vía y ajustar ésta al terreno, la Dirección General de Carreteras solicitó informes del Parque Natural de Doñana, Parque Nacional de Doñana, diversas asociaciones ecologistas y de la Estación Biológica de Doñana (CSIC), organizando también visitas de sus técnicos a las obras para debatir sobre el terreno las diversas propuestas.

Las obras de este Proyecto Modificado se iniciaron en marzo de 2001 y la puesta en servicio de la vía se produjo en febrero de 2002. Las medidas de protección ambiental incorporadas han sido acogidas muy favorablemente por las asociaciones ecologistas, las autoridades ambientales y, por supuesto, por los propios usuarios que han valorado como muy satisfactorio el carácter innovador y pionero de esta primera vía paisajística de Andalucía.

## 2. DATOS BÁSICOS DE LA ACTUACIÓN

Tipo de vía: paisajística  
Longitud: 13.232 m.  
Sección tipo: 2 calzadas de 2,5 m., arcén exterior de 0,5 m., y berma de 0,5 m.  
Velocidad de proyecto: 60 Km/h.  
Limitación de velocidad en zonas sensibles: 40 Km/h  
Gerente de las Obras: D. Luis Garrido Romero (GIASA)  
Director de las Obras: D. Alejandro Solana Quesada (TYPSA)  
Asesoramiento Ambiental: D. Luis Ramajo Rodríguez y D. Renato Herrera Cabrerizo (GIASA) y D. Jaime Ruíz Villanueva (TYPSA).

## 3. SITUACION PREVIA

El tramo objeto del acondicionamiento se localiza en el término municipal de Almonte. La orografía que atraviesa es llana, únicamente interrumpida la presencia de cuatro arroyos de determinada importancia: El Saltillo, La Cañada, El Gato y la Osa. En la situación preoperacional la carretera se ajustaba al terreno sin apenas terraplenes y desmontes, con rectas de elevada longitud, curvas de pequeño radio y rasantes extremas. Su plataforma variaba entre 4 y 5´5 m. sin distinción de arcenes ni cunetas. Presentaba además un drenaje longitudinal y transversal deficitario, no existía señalización horizontal, y la señalización vertical era ciertamente escasa.

El espacio atravesado corresponde en sus primeros dos kilómetros a la zona antropizada del municipio de Almonte, con marcada vocación agrícola, para posteriormente internarse y atravesar una extensa formación de Pino piñonero sobre arenas que se comunica y forma parte de las grandes masas forestales del entorno de Doñana. Este tramo no atraviesa espacios naturales protegidos, aunque posee titularidad de Monte Público y se encuentra incluido en el catálogo provincial del Plan Especial de Protección del Medio Físico.

La comunidad faunística es ampliamente conocida, destacando la presencia del lince ibérico, de cérvidos y de anfibios singulares.

## 4. MODIFICACIONES INTRODUCIDAS EN EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

### 4.1. Optimización ambiental del trazado

Como parte del proceso de optimización ambiental del trazado se ha reducido el ancho de la sección tipo contemplada en el proyecto inicial a partir del P.K. 1+700, pasando de 9 m. a 7 m., coincidiendo con las zonas de mayor valor ecológico. Se reajustó además el trazado en alzado con el objetivo de conseguir la mayor adaptación de la carretera al terreno natural, reduciendo el movimiento de tierras. Los desmontes y terraplenes resultantes, sensiblemente inferiores a los inicialmente previstos, han adoptado pendientes suaves (3H/1V), permitiendo su cubrición con tierra vegetal, lo que favorece su revegetación.

En la Laguna de La Mar, se ha desplazado el trazado original, distanciándolo para evitar afecciones directas a los anfibios.

### 4.2. Medidas correctoras sobre el efecto barrera.

Este grupo de medidas constituye, sin duda, la actuación de mayor relevancia en relación directa con la importancia de la existencia de corredores faunísticos de dispersión del lince ibérico en el entorno de Doñana, y con la presencia de colonias de anfibios de carácter exclusivo en zonas húmedas localizadas junto a la traza. Gran parte de las medidas adoptadas para aminorar el efecto barrera estaban propuestas en el estudio de impacto ambiental y, en todo caso, su desarrollo y aplicación se ha realizado superando ampliamente las prescripciones establecidas y siempre con el consenso de todas las partes implicadas directa e indirectamente en la ejecución de las obras.

La ausencia de vallado de cerramiento en este tipo de vías supone un menor efecto barrera para la fauna, pero en cambio aumenta el riesgo de atropello sobre los ejemplares de lince o de otras especies faunísticas existentes en el entorno. Por ello finalmente se acordó la colocación de un cerramiento adaptado al entorno y a las especies presentes, compensando su efecto barrera con medidas adicionales que aumentan la

permeabilidad, proporcionando pasos seguros, mediante el sobredimensionamiento de estructuras y obras de drenaje con la base plana, así como la construcción de pasos de fauna específicos.

Para la identificación de los corredores faunísticos se utilizaron los datos aportados por la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente, el Parque Natural de Doñana y la Estación Biológica de Doñana sobre el seguimiento por radiomarcaje de los movimientos de dispersión de esta especie en el entorno de Doñana.

Los pasos de fauna construidos y las estructuras adaptadas para vertebrados son:

- Viaducto Arroyo del Saltillo. Localizado entre los PK. 1+100 al 1+231. Su longitud de tablero es de 131 m, con 4 vanos y altura media: 5 m. sobre cota de terreno. Ancho de la plataforma de calzada: 9,8 m.
- Viaducto Arroyo de La Cañada. Localizado entre los PK. 6+275 al 6+298, con una longitud de 12,5 m, plataforma de 7,8 m y altura máxima de 4,6 m. en la zona de cauce.
- Viaducto Arroyo del Gato. Localizado entre los PK. 10+490 y 10+510, con una luz de 10,58 m, plataforma de 7,8 m y altura máxima de 4,2 m. en la zona de cauce.
- 2 pasos de fauna específicos con marcos de 3x2 m, en los PK. 9+066 y 9+245.
- Marco de 3x2 m en Arroyo de la Osa, en el PK. 12+300.

En las estructuras construidas en el Arroyo de la Cañada y Arroyo del Gato se dispusieron pasos laterales para fauna en las paredes interiores de los estribos, a fin de garantizar una orilla seca para la fauna en períodos de régimen de caudal hidrológico elevado.

Entre los PK. 8+120 y 8+180, la presencia de la Laguna del Mar motivó la construcción de pasos específicos para anfibios; en concreto cinco pasos para anfibios de sección 20x25 cm, y una longitud de 8 m. Dichos pasos transversales se han diseñado como canales inferiores abiertos en su parte superior y protegidos mediante reja de acero. En la margen de la plataforma, los canales longitudinales conducen a los anfibios hacia el interior de los pasos, evitando su acceso a la calzada.



Marco 3x2 m. en construcción. PK. 9+245



Paso de fauna Arroyo del Gato



Detalles de la embocadura del paso de anfibios en la Laguna de la Mar



Disminución de velocidad mediante glorietas.



Resalto señalizado y cartel toponimico en la Laguna de la Mar.

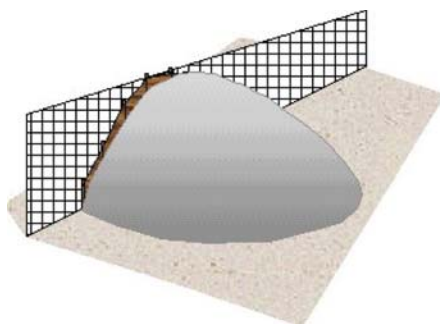


Rampa de escape para lince y vertebrados

Los tubos de drenaje transversal drenaje de sección circular ( de diámetro 1,50 o 1,80 m) se sustituyeron por obras con base plana de dimensiones similares, lo que permite su uso también como paso de vertebrados.

Todas estas medidas de permeabilización permiten que pueda disponerse un mallado de exclusión en los tramos de carretera con riesgo de atropellos de la fauna. La malla de cerramiento permite además canalizar la fauna hacia los pasos transversales. Se colocó una malla de doble torsión, sobre postes de madera tratada cada 5 m, con una altura sobre el suelo de 2 m, y más de 50 cm enterrados. Además de la línea de cerramiento paralela al trazado de la carretera se prolongó el cerramiento en unos 100 metros de forma perpendicular a la carretera con objeto de conducir la fauna silvestre hacia el paso permeable dispuesto.

Se construyeron seis rampas de escape para fauna en los tramos con mallado de cerramiento, a los efectos de permitir la salida de individuos que accidentalmente pudieran quedar atrapados entre la carretera y el vallado.



Para reforzar estas medidas tendentes a reducir el riesgo de atropellos, se diseñaron medidas disuasorias para evitar altas velocidades, medidas que han supuesto en la práctica la conversión de la carretera en una vía paisajística para tráfico lento:

" Utilización de asfalto rugoso. Desde el P.K. 3+200, coincidiendo con la entrada en una formación de pino piñonero (zona forestal) se incorporó al firme una capa de slurry rugoso con el objetivo de generar una perturbación sonora al paso de los vehículos que sirviese como alarma a la fauna que pudiera encontrarse en las proximidades de la vía, evitando su atropello. Al

mismo tiempo provoca una disminución indirecta de la velocidad de circulación de los vehículos.

" Inclusión de glorietas en cinco puntos predefinidos. Una vez identificados los tramos sensibles se procedió a la incorporación de cinco glorietas. El fin perseguido es obligar al usuario a disminuir la velocidad de circulación, posibilitando además una adecuada ordenación del tráfico en los accesos a otras vías.

" Colocación de badenes y bandas sonoras en los tramos sensibles identificados, situados a la entrada y salida de las zonas especialmente sensibles y de la intersección con la vía pecuaria de "Vereda de la Rocina".

" Limitación genérica de velocidad a 60 Km/h y a 40 Km/h en los tramos sensibles identificados.

Se actuó además con medidas para ahuyentar a los animales en los tramos situados lejos de los pasos de fauna y evitar su acceso a la carretera:

" Colocación de reflectores disuasorios. Se dispusieron reflectores en "rojo" en los hitos de arista del trazado a su paso por la formación de pinar, excluyendo los puntos más cercanos a los pasos de fauna ejecutados y los arroyos.

"Creación de franja disuasoria para la fauna en ambas márgenes de la vía, mediante la deforestación en ambos márgenes de la vía a su paso por la zona forestal, creando una banda de protección de 11 metros a cada lado, en la que se respetaron los pies arbóreos de pino y eucalipto, así como los pies notables de matorral noble, en especial: palmito, mirto y acebuche. Se exceptuaron las zonas próximas a pasos de fauna.

Por último, en el cruce con la vía pecuaria de La Rocina se procedió a la señalización, protección con resaltos y bandas sonoras y reposición del cruce a nivel mediante adoquín.

### 4.3. Medidas de restauración e integración paisajística

Como medidas de integración, que conceden a esta carretera el carácter de vía paisajística, se actuó sobre el propio firme, los taludes, las riberas de los cauces y las zonas alteradas.

En las zonas en las que la carretera atraviesa



Reflector a 90° en hito de arista



Barrera de seguridad forrada de madera



Franja disuasoria deforestada

formaciones forestales el firme rugoso se sustituyó por slurry sintético pigmentado en verde.

Se procedió a la revegetación de las zonas anexas a los pasos fauna para potenciar su uso, dando continuidad con el terreno natural. Para acometer esta revegetación se utilizaron especies leñosas correspondientes a la vegetación de monte blanco. Asimismo se procedió a revegetar las riberas de los arroyos mediante una composición de plantas de carácter hidrófilo.

Al objeto de evitar los procesos erosivos superficiales sobre las superficies de los nuevos taludes y facilitar su integración paisajística, se realizó una hidrosiembra en los taludes de mayor magnitud: situados a la salida del arroyo del Saltillo y los situados a la entrada y salida del arroyo de La Cañada. Además se llevó a cabo la plantación de leñosas correspondientes a la "vegetación dispersa de alcornoque", utilizándose acebuche, alcornoque y pino piñonero.

Las barreras de seguridad se integraron forrándolas de madera, reforzando el carácter singular de la vía en puntos concretos, contribuyendo a generar un cambio en la actitud del usuario respecto de las zonas catalogadas como sensibles.

#### 4.4. Medidas preventivas durante la construcción

Las obras de acondicionamiento de la HF-6248 se ejecutaron en dos fases diferenciadas como consecuencia de la interrupción temporal ocasionada por los motivos inicialmente descritos. En la primera fase de la obra, entre diciembre de 1998 y julio de 1999, se procedió a la realización de los desbroces y decapado de tierra vegetal, y a la ejecución de la estructura del Arroyo de Saltillo debido a los problemas hidrológicos que ocasionaba este cauce en el entorno. Una vez acometida la modificación del proyecto se procedió a la ejecución de la segunda fase de las obras entre marzo de 2001 y febrero de 2002, realizándose en esta fase la aplicación de la mayoría de las medidas preventivas y correctoras del impacto ambiental y la adecuación de la tipología de la vía sin que se produjeran incidencias relevantes. La ejecución de las obras fue supervisada por un

equipo multidisciplinar de Dirección de Obra, con un Asesor Ambiental de experiencia contrastada encargado de la vigilancia ambiental de la ejecución de los trabajos y de la coordinación dinámica con las entidades e instituciones que participaron en la definición de los mismos: Consejería de Medio Ambiente, Parque Nacional de Doñana, Parque Natural de Doñana, Consejería de Obras Públicas y Transportes, Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A., Asociaciones ecologistas, etc.

Entre las medidas preventivas adoptadas en la fase de construcción cabe reseñar fundamentalmente las siguientes:

- Prohibición de ubicar instalaciones auxiliares en zonas de vaguada, cauce o recarga.
- Medidas contra la contaminación atmosférica.
- Gestión de residuos de obra.
- Medidas de protección de zonas singulares: balizamiento de la zona de obras complementado con señalización de elementos singulares.
- Medidas de protección contra incendios.

#### 4.5. Medidas de concienciación del usuario

Es necesario en este tipo de carreteras adoptar medidas que motiven directa e indirectamente un cambio en la percepción del usuario sobre la propia vía y el entorno circundante, resaltando los recursos del medio e informando de los valores naturales que posee. En este sentido debe destacarse que la adopción de este conjunto de medidas puede llevarse a cabo por la tipología de sistema viario, puesto que no se trata de una carretera destinada a funcionar como eje de gran capacidad de transporte sino como sistema viario de vertebración territorial que permite acceder a enclaves singulares.

Con este fin, en zonas sensibles se pigmentó el firme con slurry sintético de color verde y se instaló un área de descanso en el Paraje denominado del "Corral del Venado", con una dotación de mesas con bancos adosados, contenedores de basuras, un área de aparcamiento, baranda de madera, carteles de Información del medio natural, señal de "prohibido hacer fuego" y señal de "arroje la basura en contenedores". Además, y con el objeto de informar al usuario, se colocó un panel información representativo de las medidas correctoras aplicadas en la carretera.



**LUIS RAMAJO RODRIGUEZ**

La Aplicación de la Directiva de Hábitats 92/43/CEE.  
Medidas Compensatorias en la Autopista A-381, Jerez-Los Barrios.

## **Luis Ramajo Rodríguez** Especialista de Medio Ambiente. GIASA - Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía

### **\_La Aplicación de la Directiva de Hábitats 92/43/CEE. Medidas Compensatorias en la Autopista A-381, Jerez-Los Barrios.**

#### **1. Introducción.**

El desarrollo sostenible está considerado como uno de los principales objetivos en las políticas y estrategias de desarrollo sectorial y territorial, dado el progresivo deterioro ambiental al que está sometido nuestro entorno. La definición y aplicación de la normativa ambiental orientada por este objetivo ha supuesto un avance cualitativo y cuantitativo en la prevención ambiental y en la conservación del patrimonio natural, social y cultural.

Y en este sentido es evidente que existen determinadas actividades, entre las que se encuentran las obras de infraestructura, que suponen una fuerte intervención sobre el medio y sus componentes. Para minimizar sus efectos, se requiere la consideración ambiental en la fase de planificación y estudios previos de los programas de infraestructuras, la evaluación de los efectos ambientales, y la definición de las medidas preventivas y correctoras adecuadas. Sin embargo, en ocasiones estas medidas pueden ser insuficientes para garantizar la protección ambiental.

La Directiva Hábitat (92/43/CEE) de la Unión Europea relativa a la Conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, y su transposición al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 1997/1995, establecen que para la realización de cualquier plan, programa o proyecto catalogado de interés público, que pueda afectar negativamente a espacios o hábitats incluidos en la Red Natura 2000, deberán adoptarse cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar la coherencia global de la Red Natura 2000.

La incidencia de esta normativa sobre los futuros planes y proyectos de infraestructuras viarias en Andalucía es sin duda notable, ya que:

- El territorio andaluz incluido en la Propuesta de

Lugares de Interés Comunitario supera el 28 % de su superficie total.

- En los próximos años, de acuerdo con el Plan Director de Infraestructuras de Andalucía 1997-2007, se actuará principalmente en el acondicionamiento de la Red Intercomarcal, y en la Red secundaria de carreteras, viario que se desarrolla en gran parte dentro de espacios propuestos para integrar la RedNatura2000.

Su trascendencia en el diseño de las infraestructuras futuras obliga a realizar reflexiones sobre su correcta aplicación, dentro del marco de estas Jornadas sobre carreteras y espacios naturales protegidos. La propia normativa en la que se basa su aplicación proporciona algunas pautas y criterios, que inciden claramente en que su utilización debe reservarse para casos concretos, justificados solo por razones de interés público de primer orden, ya que la opción por defecto en caso de elevada afección a hábitats o especies prioritarias debe ser desestimar el trazado y buscar otras alternativas.

Este es el caso de la Autovía Jerez-Los Barrios, donde la Declaración de Impacto emitida por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía determinaba la aplicación de Medidas Compensatorias, con un desarrollo concreto.

#### **2. La propuesta de Lugares de Interés Comunitario de la Comunidad Autónoma Andaluza.**

La denominada red Natura 2000 pretende ser una red ecológica europea de espacios naturales, a los que denomina Zonas Especiales de Conservación (ZEC's) y su creación viene establecida en la Directiva 92/43/CEE del Consejo, relativa a la conservación de hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, conocida como Directiva Hábitats.

El objeto de esta Directiva es preservar la biodiversidad en la Comunidad Europea, mediante la conservación de los hábitats naturales y de las especies fauna y flora silvestres calificados de interés comunitario (de acuerdo con la relación que figura en sus anexos).

La designación de las ZEC's pasa por diversas fases, que se inician con la creación de una lista nacional de lugares de interés de cada estado miembro, tomando como base los criterios del anexo III de la Directiva. Los lugares propuestos deben proceder de una evaluación científica de todos los hábitats y especies presentes en el Estado. La Comisión Europea efectúa la selección de estos lugares, en colaboración con los Estados miembros y asesorada por el Centro Temático de la Naturaleza de la Agencia Europea de Medio Ambiente. Finalmente, la declaración como ZEC's de los lugares incluidos en las listas de Lugares de Importancia Comunitaria la realiza cada estado miembro.

En el caso español, la lista inicial está compuesta por las propuestas realizadas por cada Comunidad Autónoma, y son estas las que finalmente declaran la Zona de Especial Conservación.

En la Directiva se recoge expresamente que se integran en esta red las Zonas Especiales de Protección para Aves (ZEPA's) ya clasificadas como tal o las que se clasifiquen en un futuro en virtud de la Directiva 79/409/CEE del Consejo, relativa a la conservación de las aves silvestres, conocida con Directiva Aves.

La aplicación y desarrollo de las Directivas Hábitats y Aves en Andalucía ha supuesto que, en el territorio andaluz, la red Natura 2000 cuente actualmente con zonas declaradas ZEPA y con zonas propuestas como Lugares de Interés Comunitario, fase inicial de las ZEC's. En cuanto a las ZEPA's, en estos momentos Andalucía cuenta con 22 zonas declaradas, lo que supone, aproximadamente, 1.000.000 de hectáreas designadas, y ha abierto el proceso de información pública para la designación de determinados Espacios Naturales Protegidos como ZEPA's. En este último caso se pretenden declarar 39 nuevas ZEPA's y ampliar una ya existente, la de Doñana. Esto supondrá un incremento de la superficie declarada ZEPA en más de 500.000 Ha.

En cuanto a las ZEC's, la propuesta de Lugares de Interés Comunitario de Andalucía ha quedado finalmente configurada en enero de 2001, con 193 lugares que suponen una superficie de 2.502.498 hectáreas, el 28'7% de la superficie andaluza. Además, se incluyen en la propuesta 84.178 hectáreas de zonas marinas.

La propuesta de lugares se ubica en un 84% en áreas forestales y naturales lo que, junto con el 6,8% que aportan las zonas húmedas y superficies de agua, implica que la propuesta se configura en más de un 90% en territorios que no incluyen infraestructuras o zonas con agricultura.

Más del 62% de estos Lugares tienen ya actualmente protección como Espacio Natural Protegido. La propuesta incluye casi la totalidad (99'4%) de los espacios que configuran la Red de Espacios Naturales Protegidos.

### **3. Incidencia de la Directiva Habitats en Planes y Proyectos.**

Según se especifica en el Artículo 6 de esta Directiva, en sus apartados 3 y 4:

3. Cualquier plan o proyecto, que sin tener relación directa con la gestión del lugar o sin ser necesario para la misma, pueda afectar de forma apreciable a los citados lugares, ya sea individualmente o en combinación con otros planes y proyectos, se someterá a una adecuada evaluación de sus repercusiones en el lugar, teniendo en cuenta los objetivos de conservación de dicho lugar. A la vista de las conclusiones de la evaluación de las repercusiones en el lugar y supeditado a lo dispuesto en el apartado 4, las autoridades nacionales competentes sólo se declararán de acuerdo con dicho plan o proyecto tras haberse asegurado de que no causarán perjuicio a la integridad del lugar en cuestión y, si procede, tras haberlo sometido a información pública.

4. Si a pesar de las conclusiones negativas de las repercusiones sobre el lugar y a la falta de soluciones alternativas, debiera realizarse un plan o proyecto por razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas razones de índole social o económica, el Estado miembro tomará cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar que la coherencia global de Natura

2000 quede protegida. Dicho Estado miembro informará a la Comisión de las medidas compensatorias que haya adoptado. En el caso de que el lugar considerado albergue un tipo de hábitat y/o una especie prioritarios, únicamente se podrá alegar consideraciones relacionadas con la salud humana y la seguridad pública, o relativas a consecuencias positivas de primordial importancia para el medio ambiente, o bien, previa consulta a la Comisión, otras razones imperiosas de interés público de primer orden.”

Los apartados 3 y 4 del artículo 6 establecen un procedimiento por fases con respecto al examen de planes y proyectos:

a) La primera fase consiste en una evaluación previa de los efectos y está regulada por la primera frase del apartado 3 del artículo 6. Este mandato se ha transpuesto específicamente en la Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de evaluación de impacto ambiental. En su anexo I, incluye entre las actividades sometidas obligatoriamente a Impacto Ambiental determinados proyectos inicialmente no sometidos cuando se desarrollen en zonas especialmente sensibles, designadas en aplicación de la Directiva 79/409/CEE, del Consejo, de 2 de abril, relativa a la conservación de la aves silvestres, y de la Directiva 92/43/CEE, del Consejo, de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

La Ley 8/2001 de carreteras de Andalucía, que en su disposición final primera modifica la Ley de Protección de Impacto Ambiental en lo relativo al procedimiento de prevención aplicable a infraestructuras de transportes, se pronuncia en idéntico sentido, sometiendo a Evaluación de Impacto las actuaciones inicialmente sometidas solo a Informe Ambiental, si se desarrollan en Espacios Naturales Protegidos o en zonas propuestas para integrar la Red Natura 2000.

b) La segunda fase se rige por la segunda frase del apartado 3 del artículo 6 y se refiere a la decisión de las autoridades nacionales competentes. La palabra “nacional” se ha utilizado para marcar la diferencia con los términos “comunitario” o “internacional”. Se refiere, pues, no sólo a las autoridades de la administración

central sino también a las autoridades regionales, provinciales o municipales que deben autorizar a aprobar un plan proyecto. El mantenimiento de la “integridad del lugar”, como condición en la toma de decisiones, debe estar ineludiblemente vinculado a los objetivos de conservación de dicho lugar. Es posible que un plan o proyecto afecte negativamente a la integridad de un espacio sólo desde el punto de vista visual o únicamente con respecto a tipos de hábitats no incluidos en el anexo I o especies no incluidas en el anexo II. En esos casos, los efectos no se consideran negativos con arreglo a este artículo. Por otra parte, indica que se está insistiendo en un espacio concreto, por lo que no se justifica la destrucción de un lugar o parte de un lugar alegando que el estado de conservación de los tipos de hábitats y especies presentes sigue siendo favorable a escala nacional o comunitaria.

c) La tercera fase (prevista en el apartado 4 del artículo 6) se activa si, pese a una evaluación negativa, se propone no rechazar un plan o proyecto sino seguir estudiándolo, en cuyo caso existe una serie de etapas que deben seguirse en la sucesión prevista.

- La primera etapa consiste en estudiar la posibilidad de recurrir a otras soluciones que respeten mejor la integridad del lugar. Puede tratarse de ubicar el plan o proyecto en otro lugar (o de modificar el itinerario de un proyecto de infraestructura lineal), cambiar su envergadura o su diseño, o aplicar otros métodos. Debe también tenerse en cuenta la “opción cero”.

- A falta de soluciones de sustitución, la segunda etapa consiste en estudiar la existencia de razones imperiosas de interés público de primer orden, incluso de carácter social o económico, que exigen la realización del plan o proyecto. Los objetivos de conservación de la directiva sólo pueden sopesarse con intereses públicos, promovidos por entidades públicas o privadas. Por consiguiente, los proyectos que redundan únicamente en intereses privados no pueden considerarse incluidos en este concepto. Se citan, como ejemplos de tales razones, la salud humana y la seguridad pública, así como las consecuencias positivas de primordial importancia para el medio ambiente.

- Si se cumplen los requisitos, la tercera etapa será la adopción obligada de medidas compensatorias

Las posibilidades de aplicación del proceso y el grado en que se aplica dependen de varios factores; cada etapa, además, está condicionada por la anterior.

Por lo que se refiere al alcance geográfico, las disposiciones del apartado 3 del artículo 6 no se limitan sólo a planes y proyectos que se realizan en un espacio protegido sino también a los que, pese a estar situados fuera, pueden tener un impacto apreciable sobre él.

Por lo que se refiere a la condición "pueda afectar de forma apreciable a los citados lugares" las medidas establecidas en el artículo 6 se activan no cuando hay certeza sino probabilidad de efectos apreciables. Según el principio de cautela, por tanto, no puede admitirse, como justificación por no haber realizado una evaluación, el argumento de que no hay seguridad de que haya efectos apreciables.

#### 4. Las Medidas Compensatorias.

La Directiva Hábitats no ofrece una definición de "medidas compensatorias". Sin embargo, la experiencia en la aplicación de procedimientos de prevención ambiental y restauración permite establecer una distinción clara entre:

- Medidas correctoras y preventivas en sentido amplio, que tienen por objeto reducir e incluso suprimir los impactos negativos sobre el lugar en sí
- Medidas compensatorias, que son independientes del proyecto, y tienen por objeto compensar los efectos negativos de ese proyecto en un hábitat.

La adopción de medidas compensatorias no es sino la última fase en la toma de decisiones cuando un proyecto afecta directa o indirectamente a un espacio de la Red Natura 2000. El hecho de que la administración actuante proponga medidas compensatorias desde el principio no le exime de su obligación de cumplir de forma previa todas las etapas descritas, y en particular el estudio de las soluciones de sustitución y la evaluación comparativa del interés del plan o proyecto en relación con el valor natural del lugar. Las medidas compensatorias son medidas específicas de un plan o proyecto, adicionales a

las prácticas normales de aplicación de las directivas sobre naturaleza. Tienen por objeto compensar el impacto negativo de un proyecto y proporcionar una compensación que corresponda exactamente a los efectos negativos sobre la especie o el hábitat afectado. Las medidas compensatorias constituyen el "último recurso". Se utilizan únicamente cuando las demás disposiciones de la directiva resultan inútiles y se ha decidido considerar, pese a todo, la posibilidad de realizar un plan o proyecto que tiene un efecto negativo sobre un espacio de Natura 2000.

Interpretando los criterios generales que la Directiva Hábitats aplica para la creación de la Red Natura 2000, estas medidas compensatorias pueden consistir en:

- La creación de un hábitat en un lugar nuevo o ampliando uno existente, para su inclusión en la red Natura 2000.
- La valorización biológica de un hábitat ya incluido en la Red Natura 2000 que presenta un estado de conservación no favorable.
- La inclusión en la red Natura 2000 de un espacio existente que no se había considerado importante proponer con arreglo a la directiva cuando se elaboró la lista biogeográfica.

En general, el resultado de las medidas compensatorias tiene que haberse conseguido cuando los daños del proyecto son efectivos, salvo si puede demostrarse que esa simultaneidad no es necesaria para que el lugar contribuya a la red Natura 2000.

Las medidas compensatorias deben orientarse a garantizar que la coherencia global de Natura 2000 quede protegida. Deben, por tanto actuar, en proporciones comparables, sobre los mismos hábitats y especies afectados negativamente, o al menos referirse a la misma región biogeográfica en el mismo Estado miembro. La distancia entre el espacio inicial y el lugar en el que se adoptan las medidas compensatorias no constituye, pues, un obstáculo, siempre y cuando no afecte a las funciones del lugar ni a las razones que motivaron su selección inicial.

## 5. La aplicación de la Directiva Hábitats en la Autovía Jerez-Los Barrios.

En estas fases iniciales de la creación de la Red Natura 2000, se están aplicando las medidas de precaución y cautelares que la Directiva establece sobre los espacios integrados en la propuesta de Lugares de Interés Comunitario. En este sentido, en las Declaraciones de Impacto de grandes infraestructuras que afectan a espacios LIC de la comunidad autónoma se ha incluido la obligatoria adopción de medidas compensatorias.

Este es el caso de la Autovía A-381, entre Jerez de la Frontera y Algeciras. En esta actuación, el desdoblamiento de la actual carretera A-381 (antigua C-440) entre Jerez de la Frontera, Alcalá de los Gazules y Los Barrios, discurre próximo a la Reserva Natural de la Laguna de Medina, en el tramo cercano a Jerez, y afecta al Parque Natural de Los Alcornocales, en el tramo entre Alcalá de los Gazules y Los Barrios.

Estos dos espacios naturales protegidos por la normativa autonómica están propuestos para su incorporación a la Red Natura 2000 de la Unión Europea. La Laguna de Medina presenta una superficie de 110 ha, y destaca por su importancia como hábitats de aves silvestres. El Parque Natural de Los Alcornocales presenta una extensión superior a 170.000 Ha, con una enorme riqueza de fauna y vegetación, en la que destacan las extensas formaciones de alcornoques y las formaciones de "canutos", angostos valles donde se ubican formaciones vegetales relictas del terciario acantonadas en estos microclimas, y especies arbóreas propias de los bosques de laurisilva.

En aplicación de la Directiva Hábitats, y de su transposición a la legislación estatal mediante el Real Decreto 1997/1995, la Declaración de Impacto Ambiental emitida por el organismo ambiental, ante la ausencia de corredores alternativos que no afectaran a estos espacios, estableció en su condicionado undécimo la necesidad de acometer un Programa de Medidas Compensatorias, independiente de la ejecución de las distintas medidas preventivas y correctoras que se especificaban en el Estudio de Impacto

Ambiental del Estudio Informativo de la nueva Autovía.

### 5.1. El Parque Natural Los Alcornocales

Al sur de la Sierra de Grazalema, en dirección al Estrecho de Gibraltar, y a caballo entre las provincias de Cádiz y Málaga, se extienden las aproximadamente 170.025 Has. del Parque Natural Los Alcornocales.

A lo largo del mismo, el sustrato geológico está dominado por areniscas silíceas y formaciones de flysch características del Campo de Gibraltar, sobre cuyos materiales la orogenia alpina modeló un conjunto de sierras que, a pesar de su modesta altura (cota máxima 1.092 metros) su situación y orientación, le convierten en un factor determinante de las condiciones climáticas de la zona. En su conjunto éstas se caracterizan por ser extremadamente favorables para el desarrollo del tapiz vegetal: por un lado la proximidad del mar tiene un efecto suavizante sobre las temperaturas extremas, mientras que, por otro, la incidencia de las masas de aire oceánico, cargadas de humedad, generan fuertes lluvias y nieblas, que amortiguan los rigores estivales.

La incidencia de un clima suave y relativamente húmedo sobre un terreno de orografía compleja, la variabilidad edáfica, donde predominan los suelos silíceos, frente a unos entornos predominantemente calizos, y la particular historia paleoclimática, son factores que explican la riqueza botánica de este espacio. Dicha riqueza no solo se manifiesta en la extensión y exuberancia de las formaciones boscosas, entre las que predominan los alcornocales, y en menor medida quejigales, encinares y acebuchales, todos ellos acompañados de un profuso matorral (brezos, madroños, lentiscos, labiérnados, aulagas y helechales), sino también en el catálogo florístico, del que una notable proporción resultan taxones raros o endémicos. Así, existen especies exclusivas de este espacio, como el escobón (*Cytisus tribactolatus*) y una subespecie de avelanillo (*Frangula alnus* subsp. *baetica*), mientras lo son a nivel peninsular, el ojaranzo (*Rhododendrom ponticum* subsp. *baeticum*) y la robledilla (*Quercus fruticosa*). Igualmente se hallan elementos relictos de laurisilva terciaria que han sobrevivido a la extinción gracias a las peculiaridades microclimáticas que convergen en las gargantas

muy encojadas y umbrías, conocidas como "canutos", (*Davallia canariensis* y *Culcita macrocarpa*), que conviven junto a otras de origen eurosiberiano, como laureles (*Laurus nobilis*) y acebo (*Ilex aquifolium*), siendo las especies más características de estos microclimas.

La abundancia y variedad de formaciones vegetales que se suceden en estas sierras (pastizales, matorrales, alcornoques, quejigales, sotos, etc.) va acompañada de una rica fauna que explota esta diversidad de medios. Entre ellos cabría destacar la avifauna propia de masas de bosque, como arrendajos, agoteadores comunes, picos picapinos, pinzones, mosquiteros y páridos en general, así como aquellas pripias de los enclaves más húmedos próximos a los arroyos, como oropéndolas, picogordo, petirrojos, etc. Dentro de las rapaces resultan significativas las propias de masas arboladas, como el cárabo entre las nocturnas, y azor, gavián, águila calzada y culebrera entre las diurnas. Asociados a los costados de areniscas (localmente conocidos como "lajas") se encuentran colonias de buitres leonados nidificantes del halcón peregrino, águila perdicera y búho real. En las espesuras más intrincadas se esconden algunos carnívoros casi imposible de ver, como el gato montés, la garduña, y en mayor número, la gineta. Especialmente abundante resulta uno de los escasos mustélidos de hábitos diurnos, el meloncillo. Entre los grandes mamíferos destaca el ciervo común, el jabalí, éste último muy mermado por la peste africana, y el corzo, que alberga en las espesuras de estos montes la población más meridional de Europa.

La presencia humana en el Parque data de épocas remotas, como señalan las pinturas encontradas en las lajas de las serranías. Más tarde los colonizadores mediterráneos, fenicios y griegos, desembarcaron en estas costas estableciendo contactos comerciales con los indígenas. Los romanos transformaron los bosques y fundaron ciudades como Oboa (Jimena de la Frontera) y Lascuta (Alcalá de los Gazules). Ya en la Edad Moderna los bosques fueron preservados por los musulmanes que realizaron trabajos de conservación.

Entre los usos tradicionales en el Parque ligados a la explotación de sus recursos naturales destacan la saca del corcho y las monterías. La extracción del corcho es un recurso ancestral, que

aún hoy se realiza de forma muy similar. El período de descorche debe coincidir con la máxima actividad vegetativa para que el árbol se recupere lo más pronto posible. Es llevado a cabo por cuadrillas que viven en el monte mientras dura la operación. Obreros especializados realizan la "pela" y van apilando las "panas" que serán trasladadas mediante caballería para más tarde pesarlas y clasificarlas. Junto a este recurso se realiza la cría de cerdo en montanera, cabras, vacas y ganadería brava.

## **5.2. El programa básico de medidas compensatorias.**

En cumplimiento de la Declaración de Impacto, que establecía "con el fin de desarrollar las diferentes líneas de actuación, la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía realizará el correspondiente estudio científico, que deberá estar avalado por una Entidad de Carácter Científico", se firmó un convenio de colaboración con la Estación Biológica de Doñana (CSIC), para que un equipo de investigadores realizara los estudios y trabajos necesarios que permitieran identificar los objetivos y criterios de actuaciones a realizar.

Las conclusiones, recopiladas en una Memoria Final, bajo la denominación Programa Básico de Medidas Compensatorias, identifican que la construcción de la autovía generará unos impactos ambientales directos sobre el medio que deberán corregirse o minorarse a través de las oportunas medidas preventivas y correctoras. Pero además se generarán otros impactos o afecciones de carácter indirecto o difuso, que se irán desarrollando a lo largo del tiempo, que incrementen la fragilidad de los ecosistemas. Las medidas compensatorias deben dirigirse hacia estos impactos difusos, de manera que se definan actuaciones concretas para reforzar o fortalecer las partes y elementos más sensibles del ecosistema a los efectos de reducir su fragilidad y mejorar su capacidad de respuesta ante una acción perturbadora.

Para determinar los elementos y unidades receptores de las medidas compensatorias se seleccionaron los medios o hábitats que por su singularidad y por sus valores naturales podían identificarse como sensibles. Así mismo se seleccionaron las especies utilizadas como indicadores de la calidad del medio, y las especies

“paraguas”, utilizadas en estrategias de conservación mundial, ya que su protección supone la conservación de grandes proporciones de hábitats inalterados.

Teniendo en cuenta esta metodología y este criterio, el Proyecto Básico de Medidas Compensatorias propone actuaciones de mejora y conservación de hábitats y especies, actividades de divulgación de los valores naturales del Parque Natural, así como la realización de estudios de investigación sobre el medio y las especies sensibles que lo habitan, y de seguimiento de las actuaciones proyectadas. Este proyecto presenta la particularidad de no ceñirse sólo a la zona de afección de la autovía, definiéndose para el conjunto del espacio protegido.

### **5.3. Estudios.**

Los estudios, realizados por el C.S.I.C. y Universidades andaluzas, han permitido un mayor conocimiento de especies y hábitats de interés en el Parque Natural y su entorno. Estudios de investigación, cartografía, y seguimiento de las actuaciones sobre medios sensibles.

Estos estudios se han centrado en la investigación y propuesta de normativa de protección de los canutos, formaciones de ribera de los cursos altos de los arroyos de estas sierras. Las peculiaridades climáticas generales de la zona que confiere la proximidad al estrecho de Gibraltar, con precipitaciones importantes, junto a la alta humedad ambiental y a las suaves temperaturas, se acentúan en las gargantas de montaña confiriendo un microclima muy exclusivo que ha permitido que conviva un buen número de plantas de diversas procedencias. Una parte importante tiene sus orígenes en la flora de laurisilva que ocupaba el Mediterráneo durante el Terciario. Los estudios incluyen el Inventario y cartografía de pteridófitas (helechos) y briofitas (musgos), la biología y estructura genética de las poblaciones de árboles y arbustos, y un estudio de invertebrados y han sido realizados por equipos de investigación de universidades andaluzas. El mejor conocimiento de estos ecosistemas ha permitido sentar las bases para adoptar propuestas concretas de conservación y gestión. Los estudios para la caracterización de los invertebrados, realizados por la Universidad Pablo de Olavide, se han centrado en aquellos cursos

de agua identificados como canutos por la presencia como especie indicadora del ojaranzo. En ellos se ha inventariado la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, mediante recogida de muestras y determinación taxonómica. Como resultado de estos estudios, se tiene un mayor conocimiento de la estructura de estas poblaciones, se han determinado nuevas especies para la ciencia, y se han identificado 11 especies específicas de este ecosistema, así como poblaciones desconocidas en el sur peninsular, 7 endemismos de la región sur de Europa y norte de África, y 11 especies endémicas de la península. Los Estudios sobre la biología y estructura genética de las poblaciones de árboles y arbustos de los canutos realizado por la Universidad de Sevilla, han puesto de manifiesto una abundancia diferencial entre las especies que constituyen la flora propia de estos ecosistemas. Así, se constata que la reproducción del ojaranzo se realiza por multiplicación vegetativa, y su desarrollo está relacionado con las condiciones de requerimientos ecológicos que resultan diferenciales entre las plántulas y los individuos adultos. Por el contrario, el avellanillo presenta una elevada capacidad de germinación y no se propaga por reproducción vegetativa. Además, la regeneración de estas especies está muy condicionada por la presión que ejercen los herbívoros sobre estas zonas del Parque. Los datos obtenidos han permitido proponer un conjunto de directrices para su conservación, como la necesidad de proteger la vegetación adyacente, el mantenimiento de los caudales hídricos y su calidad, y el control de las poblaciones de herbívoros; finalmente se dan recomendaciones para las campañas de recolección de semilla de estas especies.

Estudios de investigación y seguimiento de las actuaciones a realizar sobre especies sensibles. Incluyen el censo de los murciélagos cavernícolas, estudio del hábitat de la nutria, estudio y zonación de la Calidad del Hábitat del conejo y del corzo, estudios de evolución de las poblaciones de águila perdicera, alimoche y milano real, y finalmente estudios de seguimiento de la reintroducción de Águila imperial y Águila pescadora en el entorno del Parque Natural de los Alcornocales. Todos ellos han sido desarrollados por grupos de investigación del Centro Superior de Investigaciones Científicas, Estación Biológica de Doñana. El estudio sobre el corzo morisco o andaluz, pretende identificar los requerimientos ecológicos

específicos que permitan el fortalecimiento de esta especie en el entorno del Parque Natural. Con este objetivo, se han elaborado mapas sobre la calidad del hábitat para el corzo en el Parque Natural y áreas limítrofes a los efectos de establecer áreas refugio y corredores de seguridad, identificando en una segunda fase zonas de alta calidad, media calidad y baja calidad para el corzo. Los estudios sobre la nutria analizan la presencia o ausencia de la nutria en arroyos, ríos y embalses del Parque Natural y su entorno, la calidad de los recursos tróficos y del hábitat en general, y los factores que afectan su distribución y reproducción.

Los estudios de seguimiento de la reintroducción de Águila imperial y Águila pescadora en el entorno del Parque Natural de los Alcornocales, desarrollan trabajos de investigación complementarios a las actuaciones que ejecuta directamente la Consejería de Medio Ambiente y otras entidades, con una duración de 5 años (2002-2006). Estos estudios incluyen técnicas de marcaje y radioseguimiento de los especímenes reintroducidos.

#### **5.4. Actuaciones.**

Las actuaciones que se realizan como medidas compensatorias parten de las medidas propuestas en el Programa Básico, y se orientan a algunas de las especies y hábitats identificadas en el mismo.

*Medidas relacionadas con la vegetación y la restauración de hábitats, e instalaciones de uso público.*

Incluye actuaciones diversas:

- Actuación 1: Transplante de especies vegetales afectadas por la construcción de la autovía. En fase previa al desbroce de la autovía, se han trasplantado un total de 1.000 ejemplares notables de especies arbóreas autóctonas, que han sido llevados a vivero y posteriormente plantados en otras zonas de acogida.
- Actuación 2: Restauración de vegetación de ribera El objetivo prioritario de esta actuación es la mejora de las condiciones ecológicas de las márgenes de los ríos Barbate, Álamo, Almodóvar, Rocinejo y Alberite, mediante la plantación de especies arbóreas y arbustivas. Ello ocasionará la mejora de la calidad de las aguas, el control de avenidas y sedimentos y la diversificación de

hábitats para la fauna piscícola y silvestre. Asimismo lleva implícito una mejora de la calidad paisajística.

- Actuación 3: Adecuación centro de cría El Picacho. Tiene como fin mejorar las instalaciones ya existentes en el centro de cría de El Picacho, implantando los equipamientos e infraestructuras necesarios para apoyar el desarrollo de líneas de investigación sobre la estrategia adaptativa del corzo, así como programas de reforzamiento o introducción de las poblaciones de corzos en las sierras andaluzas.
- Actuación 4: Instalación y equipamiento de áreas de educación ambiental. Pretende crear un cinturón periférico de instalaciones y áreas de educación ambiental que fomente la afluencia de visitantes hacia zonas ordenadas y controladas, disminuyendo así la presión antrópica sobre otras zonas más sensibles del P.N. de los Alcornocales.
- Actuación 5: Proyectos de recuperación ambiental y restauración de hábitats. Implica la realización de naturalizaciones y diversificaciones de las masas forestales, mediante la plantación de especies autóctonas.
- Actuación 6: Proyectos de restauración de sistemas lagunares. El ámbito de actuación se centra en la Laguna de Medina. Los objetivos perseguidos son por un lado dotar a la Laguna de infraestructuras de educación ambiental; y por otro realizar correcciones hidrológicas en ciertas áreas que lo requieren. Creación de un jardín botánico en Jimena de la Frontera. Dentro de las medidas propuestas con un claro objetivo de dotar al Parque Natural Los Alcornocales de una red de espacios de uso público y de centros de investigación, tiene especial importancia la creación en la finca El Risco, en Jimena de la Frontera (Cádiz), de un jardín etnobotánico. En él se combinarán actividades de conservación de las especies vegetales, estando dotado de las instalaciones necesarias para el desarrollo de estudios científicos centrados en la conservación genética de la flora, y actividades de divulgación científica, etnográfica e histórica. La finca tiene una superficie de 8,96 ha, y es colindante con la zona urbana. *Medidas compensatorias relacionadas con recursos hídricos.*

Se orientan principalmente a mejorar las condiciones del hábitat para favorecer la extensión de las poblaciones de nutrias. Incluye medidas diversas como:

- Pasos para nutrias en obras de drenaje de carreteras. Consiste en la construcción de pasos seguros en las obras de drenaje de las carreteras existentes que cruzan sobre ríos y arroyos donde se constata la presencia de nutrias. La finalidad que persigue esta actuación es reducir las muertes por atropello.
- Islas artificiales para nutrias. Son plataformas flotantes situadas en los embalses, a modo de islas ancladas al fondo, y sobre las que se sitúan elementos cuya funcionalidad es ofrecer refugios a la nutria. Se proyectan un total de quince islas artificiales, diez estarán ubicadas en el Embalse de Barbate y cinco en el Embalse del Celemín.
- Refugios para nutrias. Los refugios de nutria están destinados a proporcionar áreas de reposo en los pastizales que constituyen la orla que rodea los embalses. Consisten en la creación de majanos o amontonamiento de piedras. Entre las piedras se colocan tubos de hormigón huecos, de 35 cm. de diámetro. Se construirán en total quince refugios, diez de ellos en el Embalse de Barbate, y otros cinco en el del Celemín.
- Instalación de bebederos. Se construyen bebederos para el ganado, a los efectos de reducir la presión del ganado sobre los pequeños ríos y arroyos, evitando así la entrada de materia orgánica en el agua y mejorando con ello el hábitat para la nutria. Se ubicarán un total de diez de estos bebederos en montes de titularidad pública del Parque Natural de Los Alcornocales.
- Generación de sublagunas autoalimentadas en las colas del Embalse de Barbate. La actuación consiste básicamente en una regulación hídrica independiente de las colas de los embalses, con la creación de dos sublagunas como zonas potenciales de acogida para las aves acuáticas que frecuentan estos parajes. Medidas compensatorias relacionadas con los tendidos eléctricos y fauna. Estas medidas se orientan a actuar sobre otras especies sensibles del parque, como los murciélagos, el corzo y las aves rapaces. Las actuaciones se centran en crear nuevos refugios

de murciélagos, aislar tendidos eléctricos peligrosos, recuperar las poblaciones de conejo y adecuar el mallado cinegético en zonas de corzo.

El Plan de Protección de refugios de murciélagos define actuaciones concretas que se ejecutarán con el fin de mejorar las condiciones de algunos de los refugios existentes, y crear otros nuevos que puedan albergar poblaciones de murciélagos cavernícolas. Se actúa en minas, cuevas, conducciones abandonadas, polvorines y Bunkers militares.

Las actuaciones en tendidos eléctricos prevén el aislamiento de los conductores de las líneas tipificadas como peligrosas en el Proyecto Básico de Medidas Compensatorias, con el fin de evitar la electrocución de aves. Sobre las líneas tipificadas como peligrosas se realizan dos tipos de actuaciones: el aislamiento de conductores, y el cambio de posición de seccionadores en cabecera.

El Plan de Recuperación del Conejo actúa en tres parcelas situadas en terrenos públicos donde se efectúan labores de mejora del medio y se realizan sueltas controladas de conejos durante varios años.

El programa de Educación Ambiental desarrolla actividades diversas, como edición de folletos, póster, organización de cursos de educación ambiental, diseño de itinerarios guiados, publicaciones etc., con el fin de mejorar el conocimiento y la percepción que del parque tienen sus habitantes y visitantes.

### **5.5. Control y seguimiento.**

Actualmente (inicios del 2004) los estudios sobre hábitats y especies están finalizados o en sus últimas fases. Las distintas actuaciones se encuentran en fase de ejecución, con final previsto para el 2008. La totalidad de las medidas compensatorias están valoradas en más de 1.200.000.000 Ptas. (7.212.145,25 Euros). La ejecución del Proyecto de Medidas Compensatorias correspondiente a la A-381, Jerez de la Frontera-Los Barrios, está coordinada y supervisada por una Comisión Mixta de Seguimiento, con representación de las Consejerías de Obras Públicas y Transportes, y de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía,

**Jornadas Internacionales Sobre Infraestructuras viarias y Espacios Naturales Protegidos**

**Luis Ramajo Rodríguez**  
La Aplicación de la Directiva de Hábitats 92/43/CEE. Medidas Compensatorias en la Autopista A-381, Jerez-Los Barrios.

Ministerio de Fomento, Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A., y la Estación Biológica de Doñana (C.S.I.C.).

Entre las funciones asignadas a la Comisión Mixta de Seguimiento destaca el control y seguimiento

de las actuaciones, la elaboración de indicadores que permitan evaluar la aplicación de las medidas compensatorias sobre el medio, y determinar las posibles modificaciones y adiciones a las actuaciones propuestas.



**mirador**  
**Atajate**



8



**Diego Crespo Moreno**

Obras de Acondicionamiento de la Carretera A-455 Constantina - Lora del Río y  
Medidas Correctoras por su Afección a la Sierra Norte Sevillana

## Diego Crespo Moreno

Gerente de Obras de GIASA. Consejería de obras Públicas y Transportes.  
Junta de Andalucía

### \_Obras de Acondicionamiento de la Carretera A-455 Constantina - Lora del Río y Medidas Correctoras por su Afección a la Sierra Norte Sevillana

#### 1. ENTORNO DE LA ACTUACIÓN.

La carretera A-455 de Cazalla de la Sierra - Constantina - Lora del Río, conforma uno de los ejes básicos de comunicación entre los municipios de la Sierra Norte de Sevilla con el Valle del Guadalquivir y la Carretera Nacional IV, a través del itinerario de la A-431 entre Lora del Río, Villanueva del río y Minas y Cantillana.

Esta vía discurre en gran parte de su trazado por el Parque Natural de la Sierra Norte de Sevilla, lo que ha condicionado de manera especial las medidas de protección ambiental definidas tanto durante la redacción del proyecto como en la fase de ejecución de obra, coordinando estas

actuaciones medioambientales con la necesidad urgente de ejecutar la obra de acondicionamiento en el tramo Lora - Constantina.

Esta actuación está incluida dentro del Protocolo de Actuaciones en carreteras de la Sierra Norte de Sevilla que, en junio de 1997, firman la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía y la Mancomunidad de Municipios de la Sierra Norte de Sevilla.

Los 25 Km que separan Lora del Río de Constantina se han dividido en dos tramos a efectos de ejecución de la obra:

#### TRAMO I.

Desde Lora del Río hasta SE-197  
Longitud: 13 Km  
Inversión: 5,8 mill. Euros  
OBRA FINALIZADA Y EN SERVICIO.

**TOTAL INVERSIÓN: 11,4 mill. Euros**

#### TRAMO II

Desde SE-197 hasta Constantina  
Longitud: 12 Km  
Inversión: 5,6 mill. Euros  
OBRA EN EJECUCIÓN (enero-04)



### 3- DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.

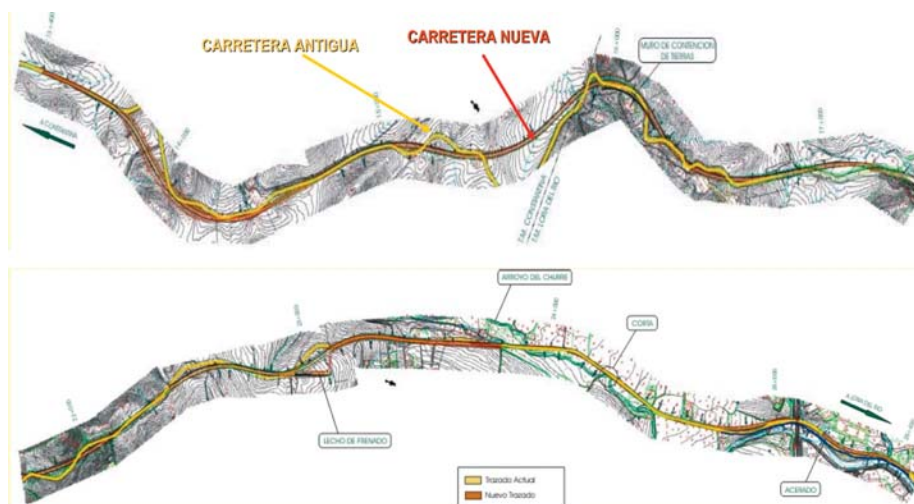
Con la obra de acondicionamiento proyectada se acometen las siguientes mejoras:

- Corrección de curvas y acondicionamiento del trazado en planta, eliminando puntos peligrosos de visibilidad reducida.
- Ampliación de la calzada que pasa de 5 m. de

ancho a 10 m., con dos carriles de 3,5 m. arcenes de 1 m. y bermas exteriores de 0,5m.

- Ejecución de nuevo paquete de firme.
- Nuevas obras de drenaje transversal para continuidad de cauces existentes.
- Instalación de nuevos elementos de señalización, balizamiento y defensa.

#### Descripción de la actuación



Corrección trazado en planta y alzado. Eliminación de curvas.  
Ampliación calzada (de 5 a 10 m)

### 4. MEDIDAS PARA REDUCCIÓN DE AFECCIONES MEDIOAMBIENTALES.

A continuación se desarrollan las medidas implantadas para lograr una disminución de las afecciones ambientales de la obra y aquellas destinadas a conseguir una mayor integración de esta infraestructura en el entorno de la Sierra Sevillana.

Estas medidas se han dividido en dos partes: las incluidas en el proyecto de construcción redactado y aquellas que definieron e implantaron en la fase de ejecución de la obra.

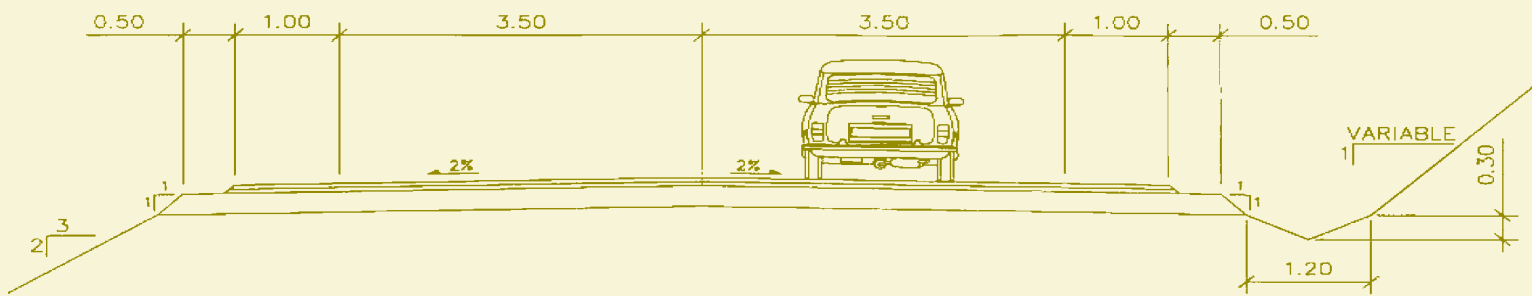
#### 4.1. Actuaciones proyectadas para reducción de afecciones.

##### 4.1.1. Reposición de Vía Pecuaria.

El proyecto del tramo II de la carretera de Lora a Constantina afecta a la Vía Pecuaria Cañada Real del Robledo (anchura de 75 m.), por lo que desde el primer momento se contempla la reposición de la vía pecuaria afectada expropiando una franja paralela al eje de la nueva vía que permite mantener la funcionalidad de la vía pecuaria.

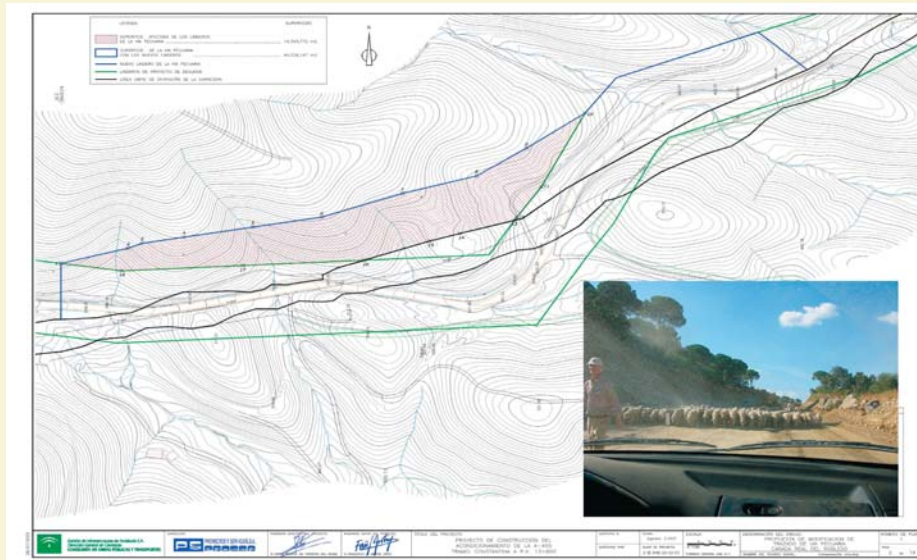


Sección tipo proyectada



SECCION TIPO EN RECTA

Reposición Vía Pecuaria



**4.1.2. Tratamiento en Arroyo del Churre.**

El Arroyo del Churre, a su llegada al Lora del Río, se ha protegido con piedra escollera y se han revegetado las márgenes con plantaciones autóctonas dentro de un contrato específico de

restauración paisajística para esta actuación. En la fotografía adjunta se acaba de ejecutar la obra de protección y está pendiente la revegetación de los márgenes.

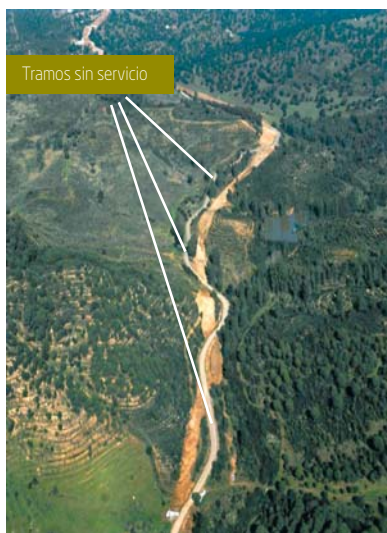
**Proteccion de margenes en arroyo del churre**



**4.1.3. Escarificado y revegetación de tramos sin servicio.**

Las correcciones en planta del trazado antiguo han dejado sin servicio algunos tramos de carretera. El proyecto contempla el escarificado de estos tramos, extendido de tierra vegetal y finalmente la revegetación de la zona para

conseguir una mayor integración paisajística. En estos casos es conveniente estudiar la posibilidad de habilitar algunos de estos tramos que quedan fuera de servicio como áreas de descanso o miradores, remarcando así el carácter integrador de la carretera en el medio ambiente.



#### 4.1.4. Otras actuaciones proyectadas.

Finalmente se han desarrollado las actuaciones típicas de un proyecto de estas características en lo referente al extendido de tierra vegetal en los taludes y posterior revegetación. Para ello la tierra vegetal debe acopiarse en caballones al inicio de las obras y debe tener un mantenimiento

continuado para que no pierda sus propiedades. El diseño de la obra a limitado la altura de los taludes a 12 m.

También se han repuesto casi medio kilómetro de muro de piedra rústica que se ha afectado por el nuevo trazado.

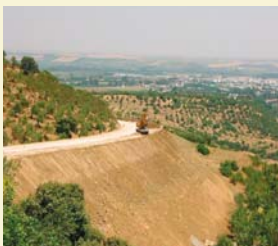
#### Reposición muros existentes



Longitud repuesta: 490 m.



#### Extendido de tierra vegetal en taludes



Máxima altura talud: 12 m.

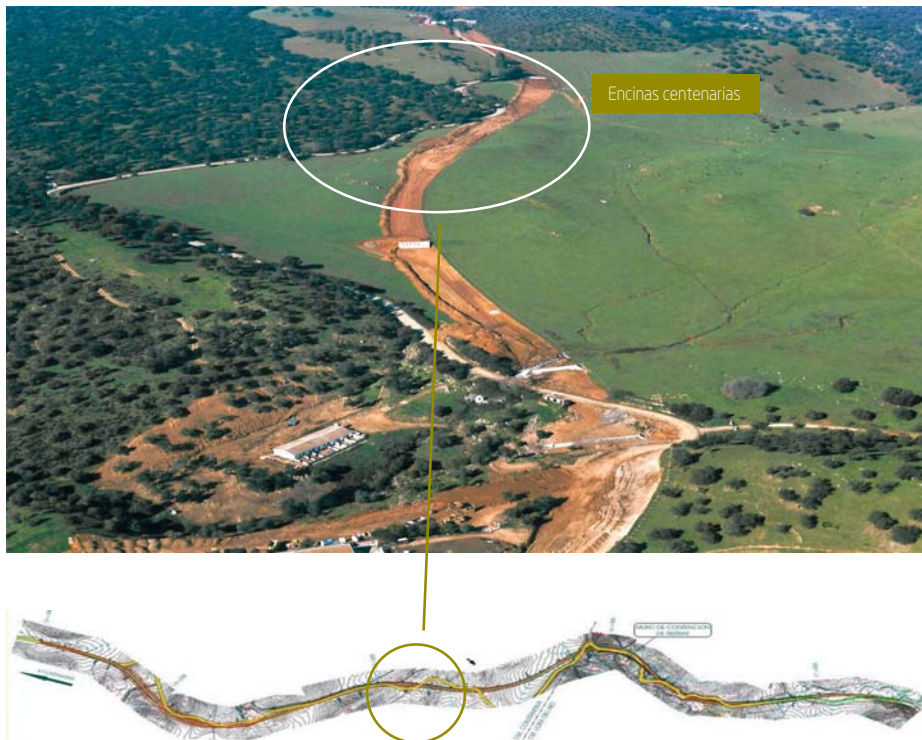
## 4.2. Medidas definidas durante la ejecución de las obras.

### 4.2.1. Modificaciones puntuales de trazado.

Replanteada la obra y definidos los límites de las afecciones al terreno natural, se observó que con ligeras variaciones en el trazado en planta se podría desafectar una masa de encinas centenarias de gran valor medioambiental.

En estos casos debe tenerse en cuenta que las variaciones de trazado pueden dar lugar a nuevas expropiaciones y/o afecciones a servicios no contemplados en proyecto, por lo que se requiere un estudio detenido de la modificación de trazado planteada. Por supuesto es necesario un estudio previo de la repercusión presupuestario y de plazo de estas modificaciones antes de ser aprobadas.

### Modificaciones puntuales de trazado





4.2.3. Escayolado y transplante de *quercíneas* y *matorral noble*.

Aunque el proyecto no contemplaba la actuación de trasplantes, siguiendo las directrices de los técnicos de la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente, se procedió a transplantar mediante escayolado las encinas y alcornoques que por sus características eran susceptibles de ser transplantadas.

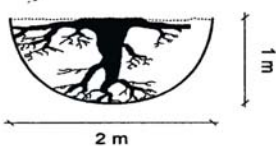
Previamente se señalan en campo las especies elegidas para transplante, posteriormente se realiza una poda de reducción respetando el ramaje estructural y un corte de las raíces laterales de la planta. Finalmente mediante excavación se forma el cepellón que se envuelve en una malla metálica para su posterior escayolado.

Escayolado quercíneas y transporte a vivero de san jeronimo

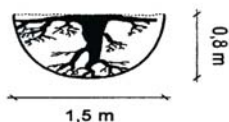


Fig. 1 Formación del cepellón

A) ENCEPELLONADO PARA PIES ARBÓREOS DE DIÁMETRO 20-25 cm



B) ENCEPELLONADO PARA PIES ARBÓREOS DE DIÁMETRO 15-20 cm



136 ud. encinas y alcornoques.  
200 ud. de matorral noble

## 5. CONCLUSIONES.

Las actuaciones realizadas en esta carretera a puesto de manifiesto tres aspectos a tener en cuenta en obras que afectan a espacios naturales protegidos:

- **FASE DE PROYECTO:** Durante la redacción del proyecto de construcción debemos ser capaces de “ver” la infraestructura implantada en el terreno. Sólo de esta manera podrán detectarse “afecciones reales” que, en la mayor parte de los casos, pueden evitarse con ligeras modificaciones durante la redacción del proyecto, lo que supondrá un menor sobrecoste posterior, además de evitar aumentos innecesarios en el plazo de ejecución de las obras.
- **FASE DE OBRA:** Las empresas implicadas (constructoras y dirección de obra) deben tener personal especializado que realicen el seguimiento de las actuaciones proyectadas en materia medioambiental y que propongan aquellas medidas que puedan suponer disminución de las afecciones que durante la obra se vayan detectando.
- **COLABORACIÓN:** La colaboración y el intercambio de información entre las distintas administraciones con competencias en materia medioambiental son imprescindibles para establecer unos criterios claros de actuaciones tendentes a reducir las afecciones medioambientales.



19



---

**P.A. AGUILERA, E. LÓPEZ Y M.F. SCHMITZ**

Relación infraestructuras viarias-invernaderos en la conservación de los  
Espacios Naturales Protegidos de Almería

## **P.A. AGUILERA**

Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Almería

## **E. LÓPEZ, M.F. SCHMITZ**

Departamento de Ecología. Universidad Complutense de Madrid

### **Relación infraestructuras viarias-invernaderos en la conservación de los Espacios Naturales Protegidos de Almería**

#### **Introducción: Aspectos conceptuales de la fragmentación.**

Desde una perspectiva de la ecología del paisaje, y teniendo en cuenta la escala de percepción, el medio natural se muestra como un mosaico de teselas interconectadas por corredores de información. Los patrones horizontales son el resultado de los intercambios de materia y energía a través de interconexiones de carácter físico como la escorrentía superficial o los flujos de aguas subterráneas, y de carácter biológico como los movimientos, a distintas escalas, de los organismos (Montes et al., 1998). Esta configuración espacial o mejor esta heterogeneidad espacial ha sido alterada,

destruida, fundamentalmente por la acción humana dando lugar a un paisaje fragmentado. En el proceso de fragmentación han tenido y tienen una gran importancia las infraestructuras viarias.

La fragmentación es un proceso dinámico por el cual una superficie grande y continua de territorio queda reducida progresivamente en área y dividida en fragmentos (Primack y Ros 2002).

Funcionalmente, la fragmentación supone una ruptura en la continuidad de los procesos ecológicos, una alteración de las interconexiones de carácter físico o biológico. Este proceso no hay que confundirlo con la transformación del medio

#### **FIGURA 1**

Imagen aérea de la Comarca del Poniente. Se observa la autovía, en la parte central, esencial para la salida de los productos y el laberinto de invernaderos y carreteras-caminos que configuran el paisaje de esta Comarca.



natural a lo largo de la historia, evolucionando desde un bosque primitivo hasta un mosaico de teselas con distinto grado de madurez, con un gran valor desde el punto de vista ecológico y de la conservación.

La fragmentación como proceso dinámico puede resumirse en tres fases (Tellería, 2000): a) Progresiva reducción en el tamaño de los fragmentos y pérdida neta en la disponibilidad de hábitat. b) La reducción del tamaño de los fragmentos produce un aumento de la relación perímetro-superficie favoreciendo el efecto borde, entendido como el resultado de la interacción de dos sistemas cuando sus fronteras son muy abruptas, aumentando la permeabilidad de los fragmentos a los efectos perniciosos de los hábitats periféricos) Un aumento de la distancia entre los fragmentos o un aislamiento de los fragmentos en una matriz modificada o degradada.

Un ejemplo puede ayudar a entender el proceso (Primack y Ros 2002, pág. 104). Consideremos un espacio natural de forma cuadrada de 1 Km de lado, completamente rodeado por tierras de uso humano. El área total es de 1 Km<sup>2</sup> (100 Ha), el perímetro es de 4000 m., y el centro del espacio protegido se encuentra a 500 m. del margen.

Suponiendo que los efectos de margen o borde penetrasen 100 m. en el espacio, el área interior disponible es de 64 Ha y el área de margen o borde es de 36 Ha.

Si se divide este espacio en 4 partes iguales por la construcción de dos infraestructuras viarias de 10 m., de ancho de norte a sur y de este a oeste, se puede pensar, simplificando el problema, que el efecto negativo de esta construcción se reduce a la pérdida de 2 Ha. Pero el espacio queda dividido en 4 partes de 495 m. de lado y el centro queda del margen a 246 m. La superficie de cada área disponible es de 8.7 Ha, con un total de 34.8 Ha. El perímetro de cada fragmento es de 1980 m., siendo el total de 7920 m. La relación perímetro/superficie en este caso es mucho mayor que en el espacio natural no fragmentado.

Este ejemplo ilustra las principales consecuencias del proceso de fragmentación, pero no hay que quedarse con la idea de que la fragmentación genera fragmentos tan simétricos. Dependiendo de la intensidad y el grado de alteración se producirán fragmentos de distinto tamaño y con diferentes formas. Desde el punto de vista de la conservación, los fragmentos no alterados, con mayor grado de naturalidad tienden a ser protegidos. De esta forma, los Espacios Naturales Protegidos forman un conjunto de teselas separadas, dispersas. Muchos Espacios Protegidos son demasiado pequeños para mantener la viabilidad de las poblaciones y de los procesos ecológicos (Bennet, 1998). Los procesos ecológicos no se paran en las fronteras, pero la gestión si. Otro factor importante es que los espacios Protegidos están rodeados por un territorio modificado, con diferentes usos y con infraestructuras viarias que alteran los procesos biofísicos (por ejemplo: los procesos de ladera).



## Infraestructuras viarias-invernaderos en la provincia de Almería.

Desde los años 70 la agricultura intensiva, bajo plástico, ha sido el factor clave para el crecimiento económico de la provincia de Almería. Los invernaderos se han desarrollado, fundamentalmente, en tres zonas: el Campo de Dalías o comarca del poniente (con una superficie bajo plástico, en torno, a 20.000 has), el bajo Andarax (con, aproximadamente, 2.000 has), y el campo de Níjar (con más de 3.000 has en el municipio que da nombre a la comarca). En los últimos años, por la saturación de invernaderos en el campo de Dalías se está produciendo un desplazamiento de la agricultura intensiva hacia el campo de Níjar.

El rápido crecimiento de la superficie bajo plástico, ha supuesto la creación de una red artificial compacta de invernaderos e infraestructuras viarias, que ha transformado y fragmentado el territorio (Mota et al., 1996). Se ha producido una especial 'simbiosis estructural' entre los invernaderos y las infraestructuras viarias (caminos y carreteras). En relación con los caminos, muchos se han adaptado a la estructura parcelaria laberíntica (Figura 1), llegando a crear caminos sobre ramblas, que posteriormente se transforman en carreteras. Los caminos han sido utilizados como zonas de deshecho de vertidos orgánicos y de plásticos, siendo zonas potenciales de contaminación. La amplitud de las carreteras es mínima, la necesaria tanto para la entrada de los elementos requeridos para los cultivos como para la salida del producto. Se puede decir que no existen zonas libres adyacentes a las carreteras, se busca, por tanto, maximizar la superficie ocupada por los invernaderos (ocupación de la zona de servidumbre de carreteras). Por otra parte, estas carreteras soportan un importante flujo de transporte, produciéndose una congestión y dificultad para la circulación de los vehículos (Gómez Orea, 2003).

Los principales problemas ambientales producidos por el desarrollo de la red de invernaderos-infraestructuras viarias han sido la sobreexplotación de los recursos naturales, la contaminación, y la ocupación y transformación del espacio, afectando a los espacios naturales protegidos. Así, en la comarca del poniente, la Reserva Natural de los Albuferas de Adra se

encuentra rodeada completamente por la red de invernaderos e infraestructuras viarias, siendo patente la pérdida de vegetación perlagunar y la eutrofización de sus aguas (Cruz-Pizarro et al., 2002). En esta comarca, la densidad de invernaderos e infraestructuras viarias asociadas es tan elevada que se ha producido la transformación completa del territorio, pudiendo hablar de un 'mar de plástico'.

En el campo de Níjar, se está produciendo una progresiva ocupación y transformación del territorio estepárico por redes de invernaderos e infraestructuras viarias, dando lugar a un proceso de fragmentación del territorio que afecta a la dinámica de las poblaciones de aves estepáricas, que no reconocen los límites administrativos del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. Una de las principales poblaciones afectadas es la formada por la alondra de Dupont (*Chersophilus duponti*).

En esta aportación a las Jornadas se comprueba la relación existente entre las infraestructuras viarias y los invernaderos, así como afectan estas estructuras a la alondra Dupont en el entorno del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar.

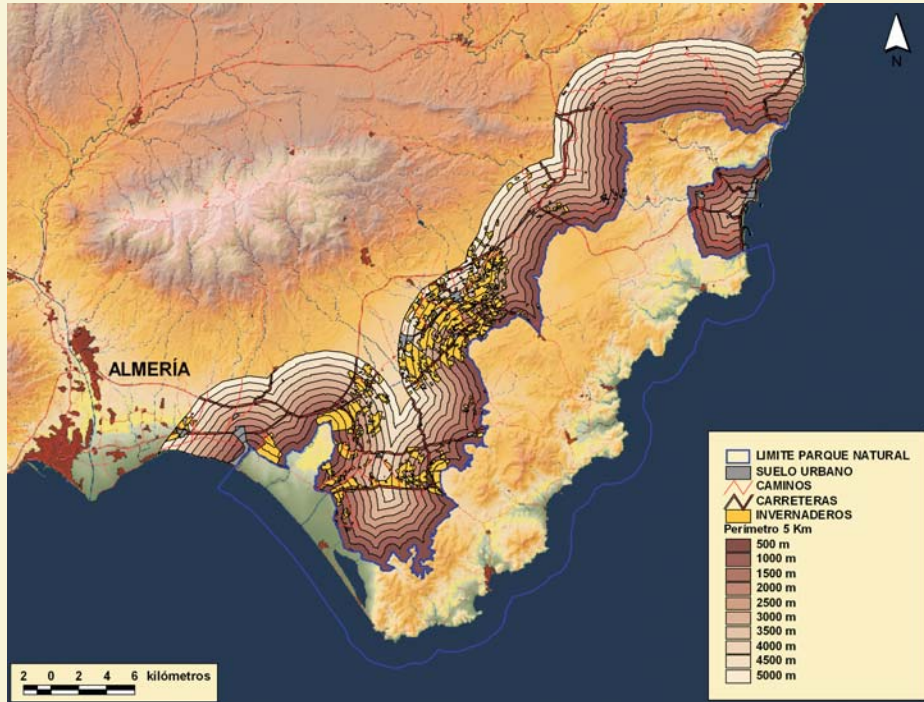
## Área de estudio: El Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar

El Parque Natural marítimo-terrestre de Cabo de Gata-Níjar se localiza en el extremo sureste de la bahía de Almería, incluyendo a tres municipios: Almería, Níjar y Carboneras (Figura 2). Cuenta con una superficie total de 49630 Ha de las cuales 37513 Ha corresponden al ámbito terrestre y 12117 Ha al medio marino. A grandes rasgos, este Espacio Natural Protegido presenta cuatro ecosistemas: la estepa litoral, las salinas, la sierra volcánica y la franja marina. La sierra del Cabo de Gata que constituye una de las formaciones volcánicas más importantes de Europa.

El espacio se encuentra bajo la influencia de un clima semiárido mediterráneo, caracterizado por la escasez de precipitaciones, ausencia de heladas y largos periodos estivales. El valor medio de precipitaciones se sitúa en 150 mm/año, con valores máximos que no llegan a superar los 300 mm y mínimos, más frecuentes, de hasta 40 mm. El clima y la actividad humana han influido notablemente sobre el espacio, proporcionándole

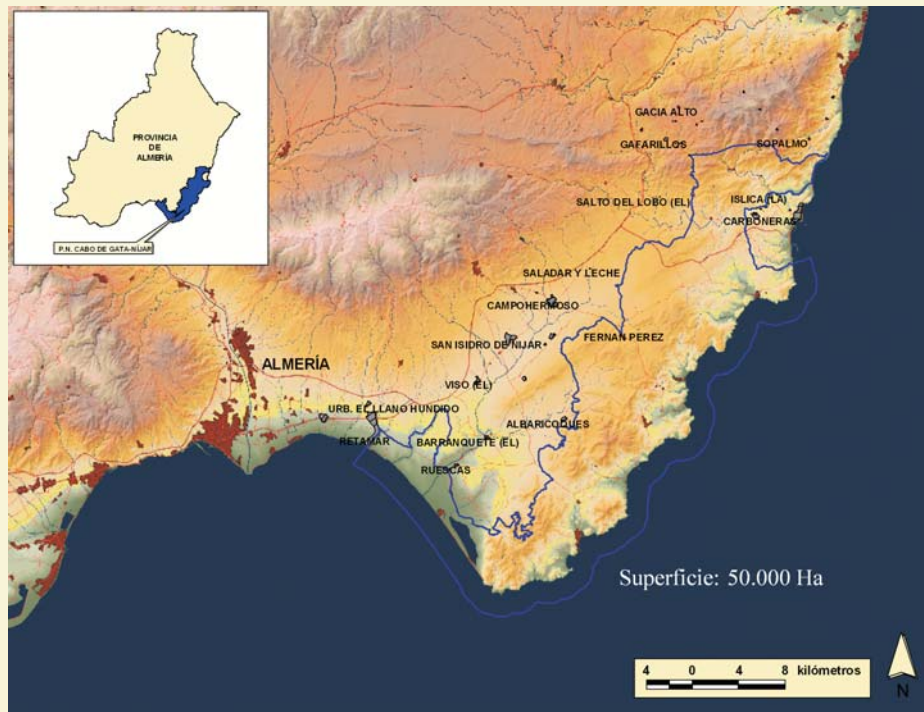
**FIGURA 3**

Delimitación de las bandas perimetrales



**FIGURA 2**

Localización del P.N. Cabo de Gata-Níjar



una marcada singularidad paisajística.

La urbanización de la zona oeste de la bahía de Almería, en los años 70, dejó virgen la costa de Cabo de Gata, que carecía entonces de infraestructuras y comunicaciones. El intento posterior, ya en la década de los 80, de urbanización del litoral volcánico se vio frustrado con la declaración del Parque Natural en diciembre de 1987.

Los valores ambientales de este Espacio Protegido han sido reconocidos por diversos foros tanto nacionales como internacionales: Zona de Especial Protección para las Aves, Zona Ramsar (salinas de Cabo de Gata), Lugar de Interés Comunitario y Reserva de Biosfera. Además, su interés geológico ha permitido su inclusión en la Red Europea de Geoparques (European Geoparks).

### Método de estudio

El análisis de las infraestructuras y aprovechamientos en el entorno del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar se ha realizado mediante el trazado de diez bandas perimetrales y concéntricas a partir del límite terrestre del Espacio Protegido con una amplitud de 500 m cada una, obteniéndose una franja total de 5 Km (Figura 3). En cada una de estas bandas se han registrado la longitud del trazado de carreteras y caminos públicos (Km) así como la superficie de suelo urbano e invernaderos (Ha.), usos más frecuentes del espacio. En este apartado solo se ha considerado el año 2003.

La evolución del área de distribución de la alondra de Dupont ha sido analizada mediante el estudio de las infraestructuras viarias, suelo urbano y superficie de invernaderos en los años 1986, 1994 y 2003. Se trazaron diez bandas de 500 m tomando como referencia el área de distribución de esta especie en 1986. En cada año de muestreo fueron registradas las variables descritas anteriormente.

Los datos de distribución de Alondra de Dupont (*Chersophilus duponti*) proceden de muestreos in situ, y posterior incorporación a GIS. Los muestreos se realizaron en primavera, anotando la posición de todos los contactos sobre cartografía. Dado que existe cierta cantidad de datos de distribución

de la especie desde 1986, se han utilizado aquellos muestreos que mejor se ajustan a fecha de realización de las ortoimágenes que sirven como referencia a la digitalización de instalaciones. Todos los datos muestran distribuciones normales por lo que no ha sido necesario proceder a su transformación para posteriores análisis estadísticos.

Para el levantamiento de las coberturas temáticas se han utilizado ortofotografías correspondientes a los años 1986 y 1994. La actualización a 2003 se ha realizado sobre la base de la ortoimagen digital de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente, 2003) y posterior digitalización de aquellas instalaciones que no aparecían en estas imágenes, mediante toma de datos con GPS. Toda la información ha sido digitalizada a escala 1:10.000 y tratada con Arcview 3.2a.

### Resultados del estudio

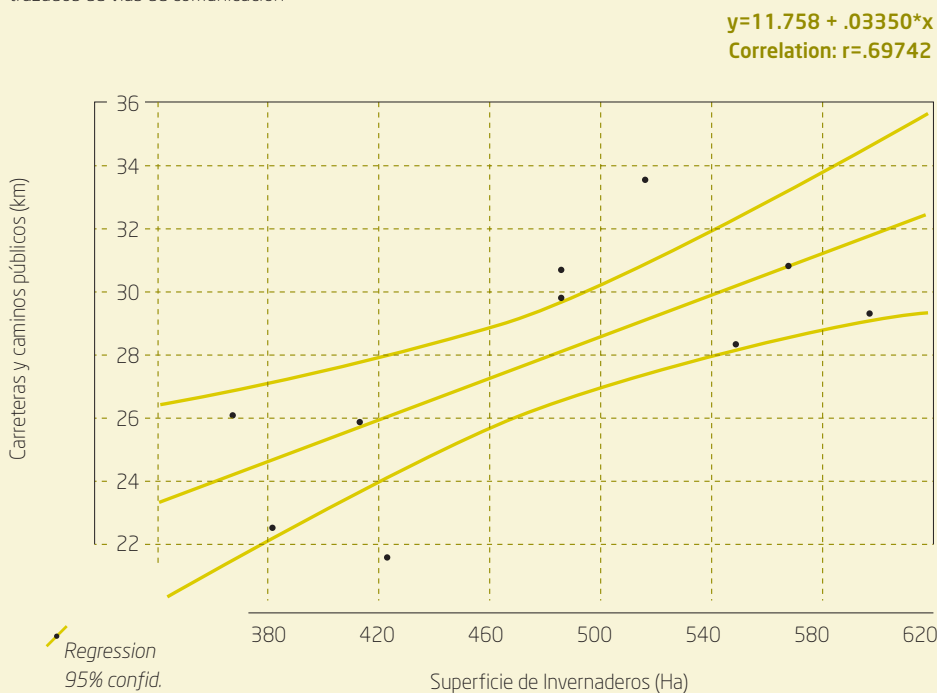
Las bandas perimetrales, en su conjunto ocupan, una superficie de 41414,34 Ha, de las cuales un 18,07% están transformadas bajo la forma de invernaderos, (11,57%) carreteras y caminos públicos (5,37%) o suelo urbano (1,14%). La superficie restante se encuentra salpicada de pequeños núcleos de población, cultivo de leñosas y principalmente como terreno forestal.

Se ha encontrado una correlación significativa ( $r = -0,66$ ,  $p = 0,038$ ) entre la superficie de invernaderos y la distancia al límite del Parque Natural (bandas perimetrales), lo que indica que las zonas próximas al Espacio Protegido han sido más transformadas por los invernaderos. Por otro lado, estos invernaderos e infraestructuras viarias muestran una correlación positiva ( $r = 0,69$ ,  $p > 0,05$ ), lo que resulta lógico para un rápido transporte de las materias de entrada y salida de las explotaciones (Figura 4).

El incremento que ha experimentado la agricultura intensiva en los últimos años ha repercutido positivamente sobre el nivel de renta de la población, pero la transformación de zonas próximas a cualquier Espacio Protegido no suele resultar beneficiosa para la conservación de los recursos naturales objeto de protección, y por el contrario contribuyen a la fragmentación del hábitat y de las poblaciones. Este hecho puede

**FIGURA 4**

Relación entre superficie de invernaderos y longitud de trazados de vías de comunicación



reconocerse en la evolución de la población de una especie notable en el ámbito del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar: la alondra de Dupont (*Chersophilus duponti*).

Este alúdidido presenta una distribución mundial relativamente reducida, limitada al norte de África y la Península Ibérica (Pinilla, 1997). En España su área de distribución más importante se localiza en el sistema ibérico, meseta norte y valle del Ebro, aunque existen otros núcleos de población menos importantes y más dispersos en algunos páramos burgaleses, La Mancha y Granada, además de Almería.

La pequeña población establecida en Almería se restringe a la estepa litoral de Cabo de Gata, falda de sierra Alhamilla y sierra de Gádor, esta última a 1650 metros sobre el nivel del mar.

En Cabo de Gata, su área de distribución abarcaba una extensión aproximada de 490 Ha en 1986 (Figura 5) que ocupaban la mayor parte de las 300 parejas reproductoras estimadas para el conjunto de la población almeriense (Garza & Suárez, 1990).

En 1987 se aprobó la declaración del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, que incluyó la mayor parte de la zona ocupada por esta especie. Sin embargo, los muestreos realizados en 1994 muestran como el área de distribución original se fragmentó en dos parches de 109 y 29 Ha respectivamente, ocupados por 80-86 parejas reproductoras. Finalmente, los muestreos realizados en el año 2003 indican que el área de distribución actual se restringe a un pequeño parche de 3 Ha, en el interior del Parque Natural, que podrían ocupar 1-3 parejas, cuya nidificación no ha podido ser constatada al no haberse encontrado nidos. Estos datos hacen pensar en una inminente extinción de la especie en el sureste de Almería.

Durante los últimos 17 años no se ha producido un incremento significativo del trazado de vías de comunicación en el entorno próximo al Parque Natural Cabo de Gata-Níjar. Sin embargo, si se ha producido un incremento notable de la superficie dedicada al cultivo intensivo en invernadero, junto con las infraestructuras viarias asociadas. En la franja de 5 Km, la superficie de cultivos bajo

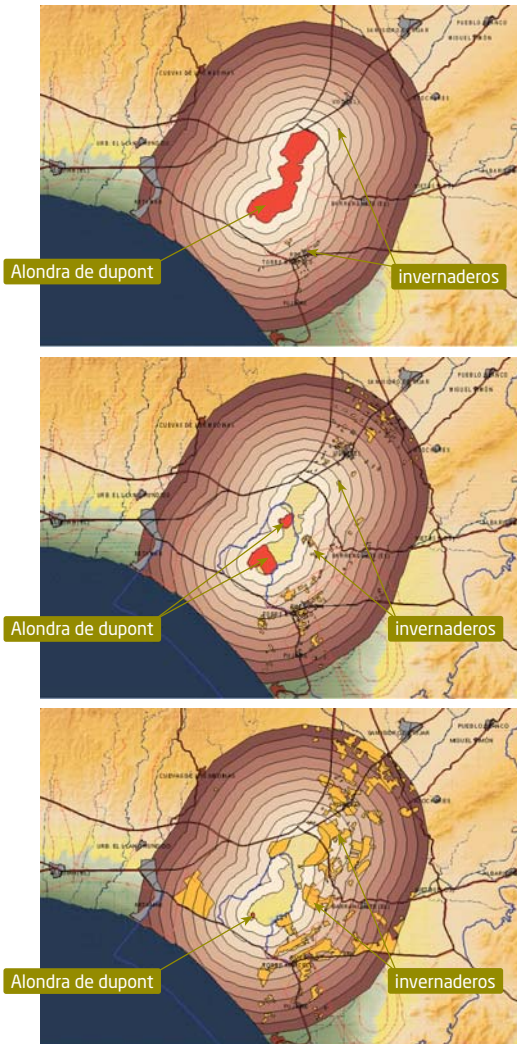
plástico en 1986 era de tan solo 16,09 Ha. (Figura 6), superficie que actualmente se eleva a 1407,35 Ha. La expansión de los invernaderos se ha producido desde sus núcleos de origen en Campohermoso, San Isidro de Níjar y el Viso en dirección suroeste hasta encontrarse físicamente con el Parque Natural que no dispone de franja de amortiguación.

La disminución de la población de Alondra de Dupont es sincrónica con la expansión descrita, aunque por el momento ambos hechos no pueden ser relacionados directamente. Podría estar relacionada con uno o varios factores que pueden presentar efectos independientes o sinérgicos: transformación del hábitat, fragmentación de las poblaciones y depredación de las puestas.

La selección de hábitat parece estar relacionada principalmente con la estructura de la vegetación (Garza & Suárez, 1990). Parte de su área de distribución original si ha sido transformada para el cultivo intensivo en invernadero, lo que explicaría la pérdida de la población original asentada en la zona afectada, pero no explica que en la zona protegida por el Parque Natural, donde el uso del suelo no ha sido modificado, se haya mantenido la reducción progresiva de sus efectivos. La fragmentación que sufre la población global podría ser otra explicación a los hechos descritos. Manrique et al, 1990 señalan que las poblaciones más escasas como la de Almería tienen una alta probabilidad de extinguirse, bien a causa de la endogamia, bien por sus fluctuaciones poblacionales. Sin embargo, zonas con poblaciones más pequeñas como las de sierra de Gádor, Sierra Alhamilla o las asentadas en las altiplanicies de Granada no han registrado variaciones tan acusadas como en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. Finalmente, la predación en nido que

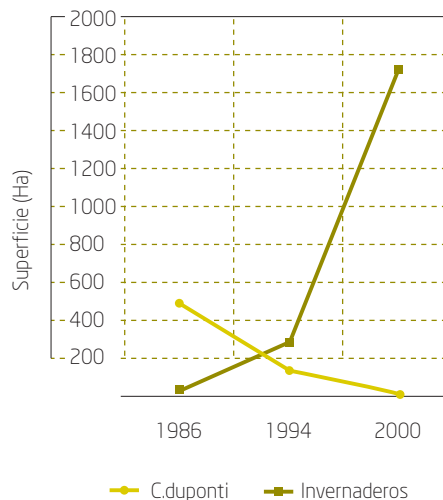
**FIGURA 5**

Evolución del área de distribución de Alondra de Dupont en la estepa litoral de Cabo de Gata. Arriba distribución original en 1986, en medio 1994 y abajo distribución actual en el año 2003.



**FIGURA 6**

Evolución de la superficie de invernaderos-infraestructuras viarias y área ocupada por la Alondra de Dupont en el periodo 1986-2003



sufrir las especies estepáricas es muy alta (Suárez et al. 1993; Yanes et al. 1996) y es debida principalmente a zorros y perros asilvestrados. Ya que la transformación del uso del suelo en el entorno del Parque Natural podría haber favorecido el incremento de la presión de estos mamíferos depredadores sobre las puestas, esta hipótesis sí podría explicar una disminución en la población de Alondra de Dupont como la descrita en la estepa de Cabo de Gata.

No obstante, se debe considerar también la posibilidad de que esta especie, de comportamiento muy escurridizo, mantenga un anillo de amortiguación frente a la influencia humana. Esto podría explicar que la disminución de la población haya sido inversa al crecimiento experimentado por la agricultura intensiva en la zona (ver Figura 5), y que esa reducción, estimada en el 37% de su hábitat original, haya producido la práctica desaparición de la especie.

## Conclusiones

Desde el punto de vista de la conservación de los espacios protegidos, la gestión del territorio debe de implicar la integración de los sistemas naturales y humanos, adquiriendo tanta importancia la matriz territorial como las áreas protegidas. Se debe de

evitar la construcción de invernaderos-infraestructuras viarias asociadas, en el entorno de los espacios protegidos y condicionar las infraestructuras viarias al flujo de vehículos y a las necesidades de conservación.

La conservación de los Espacios Naturales debe de tener en cuenta diferentes escalas. No sólo son importantes las grandes infraestructuras viarias que impiden la dinámica de los procesos biofísicos dentro y fuera del Espacio Protegido. También hay que tener en cuenta la relación de las infraestructuras viarias con otros elementos artificiales que incrementan el aislamiento de los espacios protegidos y la fragmentación del territorio.

Como se deduce del acuerdo de Sevilla sobre integración de redes de Infraestructuras Viarias y Espacios Naturales Protegidos se deben de fomentar planes y políticas de comunicación y educación reforzando la cultura de la sostenibilidad.

## Bibliografía

- > Bennet, A.F. 1998. *Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. IUCN, Gland.
- > Consejería de Medio Ambiente, 2003. *Ortofotografía digital de Andalucía (color)*. Vuelo fotogramétrico. 1:60.000 color (1998-1999). Resolución 1m. Junta de Andalucía.
- > Cruz-Pizarro, L., Amores, M.V., Fabián, D., de Vicente, I., Rodríguez-Paris, I., El Mabrouki, K., Rodríguez, M., Rodríguez da Silva, S.L. 2002. La eutrofización de las Albuferas de Adra. En: *Agricultura y Medio Ambiente en el entorno de las Albuferas de Adra*. (coord., Nevado, J.C., Paracuellos, M.), pp. 77-96. Consejería de Medio Ambiente.
- > Garza, V., Suárez, F. 1990. Distribución, población y selección de hábitat de la Alondra de Dupont (*Chersophilus duponti*) en la Península Ibérica. *Ardeola*, 37:3-12.
- > Gómez Orea, D. 2003. *La Horticultura de Almería. Bases para un Plan de Ordenación Territorial y Gestión Medioambiental*. Caja Rural Intermediterránea, Almería.
- > Manrique, J., Suárez, F., Garza, V. 1990. La Alondra de Dupont en España. *Quercus*, 57:6-11.
- > Montes, C., Borja, F., Bravo, M.A., Moreira, J.M. 1998. *Reconocimiento biofísico de Espacios Naturales Protegidos. Doñana: una aproximación ecosistémica*. Consejería de Medio Ambiente, Sevilla.
- > Mota, J.F., Peñas, J., Castro, H., Cabello, J., Guirado, J. 1996. Agricultural development vs biodiversity conservation: the Mediterranean semiarid vegetation in El Ejido (Almería, southeastern Spain). *Biodiversity and Conservation* 5: 1597-1617.
- > Pinilla, J. 1997. Alondra de Dupont (*Chersophilus duponti*). En: *Atlas de las aves de España (1975-1995)*. Purroy, J. (coord.), SEO-Bird-Life. Ed. Lynx. pp: 306-307.
- > Primack, R.B., Ros, J.D. 2002. *Introducción a la Biología de la Conservación*. Ariel Ciencia, Barcelona.
- > Suárez, F., Yanes, M., Herranz, J., Manrique, J. 1993. Nature reserves and the conservation Iberian shrubsteppe passerines: the paradox of nest predation. *Biological Conservation*, 64(1):77-81.
- > Tellería, J.L. 2000. Consecuencias ecológicas de la fragmentación del paisaje. *Medio Ambiente* 35:12-17
- > Yanes, M., Herranz, J., Suárez, F. 1996. Nest microhabitat selection in larks from European semi-arid shrub-steppe: the role of sunlight and predation. *Journal of Arid Environments*, 32:469-478.



ALGECIRAS ↑  
ALPANDERG  
FARAJAN  
JUZCAN ←

ALGECIRAS ↑

ALGECIRAS ↑

ALGECIRAS ↑

ALGECIRAS ↑

120



**JUAN ANTONIO DÍEZ DE DIOS**

Medidas Preventivas y Correctoras en la Autovía A-381, Jerez-Los Barrios

## JUAN ANTONIO DÍEZ DE DIOS

Departamento de Producción. Delegado Zona Occidental (GIASA).  
Consejería de Obras Públicas y Transportes. Junta de Andalucía

### Medidas Preventivas y Correctoras en la Autovía A-381, Jerez-Los Barrios

#### Antecedentes de la autovía A-381

En el Campo de Gibraltar confluyen factores que otorgan a la comarca una gran potencialidad de desarrollo en el ámbito autonómico, nacional, europeo e intercontinental. Su situación geoestratégica le otorga una importancia notable en la estructura general europea, como nexo de enlace con el Continente Africano, y como uno de los principales puntos de paso de mercancías y viajeros a escala mundial. El Puerto de la Bahía de Algeciras está considerado como un elemento estratégico en la organización territorial y en los sistemas de transportes y comunicaciones de Andalucía, a la vez que como primer puerto nacional, y uno de los más importantes en el ámbito Europeo.

Sin embargo, la potencialidad de esta comarca está condicionada por su situación geográfica periférica y por las deficiencias en el sistema de comunicaciones terrestres, lo que supone un aislamiento físico respecto del resto de comunidades, y contribuye a su caracterización

socioeconómica como una de las regiones más deprimidas de Andalucía.

Ante estos requerimientos de vertebración del Campo de Gibraltar con el exterior, los distintos Planes y Programas de Infraestructuras planifican la ordenación del territorio mediante intervenciones en infraestructuras de comunicación. Así, la configuración viaria se diseña básicamente mediante ejes de gran capacidad que posibiliten de una parte la conexión con la franja litoral mediterránea, y de otra la creación de una malla viaria para la conexión de la Bahía de Cádiz-Jerez y la Bahía de Algeciras sobre dos ejes, la A-381 y la N-340.

La Autovía A-381 y la N-340 conformarán por tanto la estructura viaria de articulación entre las aglomeraciones urbanas de la Bahía de Cádiz-Jerez y la Bahía de Algeciras, necesaria para la mejora de los accesos terrestres al Campo de Gibraltar, y particularmente al Puerto de Algeciras y a la conexión de Europea con África.



Actualmente la carretera A-381 está considerada como uno de los ejes viarios más importantes de la provincia de Cádiz, por ser la vía de comunicación natural de la Bahía de Algeciras con la Bahía de Cádiz-Jerez y con el Bajo Guadalquivir. Esta carretera presenta un volumen medio de tráfico elevado, que alcanza los 9.000 vehículos/día en las proximidades de los núcleos urbanos de Los Barrios-Algeciras y Jerez de la Frontera, donde se localizan las principales zonas de desarrollo, llegando a máximos de 15.000 vehículos/día en las variantes de Algeciras y Jerez. Pero lo más significativo de estos índices de tráfico es el importante volumen de vehículos pesados que seleccionan preferentemente esta ruta para el transporte de mercancías desde y hacia el Puerto de Algeciras. Esta circunstancia, combinada con las fuertes pendientes y la sinuosidad del trazado de la carretera, condiciona la elevada siniestralidad



FOTO  
QUE TIENE QUE  
MANDAR OSCAR

que se produce en esta vía, con más de 300 accidentes por año.

La transformación de la actual carretera en autovía es por tanto una actuación prioritaria desde el punto de vista de la ordenación del territorio, para transformarla en eje de gran capacidad. Sin embargo, presenta un importante condicionante de carácter medioambiental, puesto que su trazado discurre transversalmente por el Parque Natural de Los Alcornocales, uno de los espacios naturales de mayor riqueza ecológica y paisajística de Andalucía incluido además en la Red Natura 2000 de la Unión Europea.

### El parque natural Los Alcornocales

Al sur de la Sierra de Grazalema, en dirección al Estrecho de Gibraltar, y a caballo entre las provincias de Cádiz y Málaga, se extienden las aproximadamente 170.025 Has. del Parque Natural Los Alcornocales.

A lo largo del mismo, el sustrato geológico está dominado por areniscas silíceas y formaciones de flysch características del Campo de Gibraltar, sobre cuyos materiales la orogenia alpina modeló un conjunto de sierras que, a pesar de su modesta altura (cota máxima 1092 metros) su situación y orientación, le convierten en un factor determinante de las condiciones climáticas de la



FOTO  
QUE TIENE QUE  
MANDAR OSCAR



FOTO  
QUE TIENE QUE  
MANDAR OSCAR

zona. En su conjunto éstas se caracterizan por ser extremadamente favorables para el desarrollo del tapiz vegetal: por un lado la proximidad del mar tiene un efecto suavizante sobre las temperaturas extremas, mientras que, por otro, la incidencia de las masas de aire oceánico, cargadas de humedad, generan fuertes lluvias y nieblas, que amortiguan los rigores estivales.

La incidencia de un clima suave y relativamente húmedo sobre un terreno de orografía compleja, la variabilidad edáfica, donde predominan los suelos silíceos, frente a unos entornos predominantemente calizos, y la particular historia paleoclimática, son factores que explican la riqueza botánica de este espacio. Dicha riqueza no solo se manifiesta en la extensión y exuberancia de las formaciones boscosas, entre las que predominan los alcornoques, y en menor medida quejigales, encinares y acebuchales, todos ellos acompañados de un profuso matorral (brezos, madroños, lentiscos, labiérnados, aulagas y helechales), sino también en el catálogo florístico, del que una notable proporción resultan taxones raros o endémicos. Así, existen especies exclusivas de este espacio, como el escobón (*Cytisus tribacteoletus*) y una subespecie de avelanillo (*Frangula alnus* subsp. *baetica*), mientras lo son a nivel peninsular, el ojaranzo (*Rhododendrom ponticum* subsp. *baeticum*) y la robledilla (*Quercus fruticosa*). Igualmente se hallan elementos relictos de laurisilva terciaria que han sobrevivido a la extinción gracias a las peculiaridades microclimáticas que convergen en las gargantas muy encojadas y umbrías, conocidas como "canutos", (*Davallia canariensis* y *Culcita macrocarpa*), que conviven junto a otras de origen eurosiberiano,

como laureles (*Laurus nobilis*) y acebo (*Ilex aquifolium*), siendo las especies más características de estos microclimas.

La abundancia y variedad de formaciones vegetales que se suceden en estas sierras (pastizales, matorrales, alcornoques, quejigales, sotos, etc.) va acompañada de una rica fauna que explota esta diversidad de medios. Entre ellos cabría destacar la avifauna propia de masas de bosque, como arrendajos, agoteadores comunes, picos picapinos, pinzones, mosquiteros y páridos en general, así como aquellas propias de los enclaves más húmedos próximos a los arroyos, como oropéndolas, picogordo, petirrojos, etc.

Dentro de las rapaces resultan significativas las propias de masas arboladas, como el cárabo entre las nocturnas, y azor, gavilán, águila calzada y culebrera entre las diurnas. Asociados a los costados de areniscas (localmente conocidos como "lajas") se encuentran colonias de buitre leonado nidificantes del halcón peregrino, águila perdicera y búho real. En las espesuras más intrincadas se esconden algunos carnívoros casi imposible de ver, como el gato montés, la garduña, y en mayor número, la gineta. Especialmente abundante resulta uno de los escasos mustélidos de hábitos diurnos, el meloncillo. Entre los grandes mamíferos destaca el ciervo común, el jabalí, éste último muy mermado por la peste africana, y el corzo, que alberga en las espesuras de estos montes la población más meridional de Europa.

La presencia humana en el Parque data de épocas remotas, como señalan las pinturas encontradas en las lajas de las serranías. Más tarde los colonizadores mediterráneos, fenicios y griegos, desembarcaron en estas costas estableciendo contactos comerciales con los indígenas. Los romanos transformaron los bosques y fundaron ciudades como Oboa (Jimena de la Frontera) y Lascuta (Alcalá de los Gazules). Ya en la Edad Moderna los bosques fueron preservados por los musulmanes que realizaron trabajos de conservación.

Entre los usos tradicionales en el Parque ligados a la explotación de sus recursos naturales destacan la saca del corcho y las monterías. La extracción del corcho es un recurso ancestral, que



**FOTO  
QUE TIENE QUE  
MANDAR OSCAR**

aún hoy se realiza de forma muy similar. El período de descorche debe coincidir con la máxima actividad vegetativa para que el árbol se recupere lo más pronto posible. Es llevado a cabo por cuadrillas que viven en el monte mientras dura la operación. Obreros especializados realizan la «pela» y van apilando las «panas» que serán trasladadas mediante caballería para más tarde pesarlas y clasificarlas. Junto a este recurso se realiza la cría de cerdo en montanera, cabras, vacas y ganadería brava.

### **La variable ambiental en la autovía A-381**

El obligatorio trazado a través del Parque Natural, ya que la autovía se realiza mediante la duplicación y mejora de la carretera actual que atraviesa el Parque, establece condicionantes ambientales muy exigentes que se han tenido en consideración desde el inicio del proyecto.

La construcción de vías de transporte de gran capacidad en áreas sensibles con valores de conservación elevados es solo posible en la actualidad mediante la aplicación de una metodología y unos criterios técnicos que incorporan la variable ambiental como un elemento estructural y decisorio de primer orden, integrado desde las primeras fases de definición del proyecto hasta la ejecución y explotación de las obras.

La aplicación de esta metodología en la autovía Jerez-Los Barrios se inició ya en fase de definición de alternativas, y continúa en la actualidad, con la aplicación de medidas preventivas y correctoras en los tramos en obras, y el seguimiento ambiental de los tramos puestos en servicio.

En cumplimiento de la normativa vigente, la Consejería de Obras Públicas y Transportes sometió el proyecto de Desdoblamiento de la Carretera A-381, entre Jerez de la Frontera, Alcalá de Los Gazules y Los Barrios, al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental. Los estudios verificaron un total de 53 alternativas distintas de trazado, analizando los distintos grados de afección al medio natural, cultural y socioeconómico, para culminar con la selección de la alternativa que producía menor incidencia.

La solución propuesta presenta una longitud de 79,580 kilómetros, y en ella se distinguen dos tramos claramente diferenciados. El primer tramo, entre Jerez de la Frontera y Alcalá de Los Gazules, recorre mayoritariamente terrenos de campiña. Desde Alcalá de Los Gazules hasta Algeciras el trazado afecta al Parque Natural de Los Alcornocales, atravesando en su mayor parte formaciones arboladas y terrenos de orografía abrupta.

Tras la correspondiente Evaluación del Impacto

Ambiental e Información pública de la actuación propuesta, la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente de Cádiz, en ejercicio de las atribuciones conferidas por la Ley 7/1994, de Protección Ambiental, y los reglamentos que la desarrollan, formuló la Declaración de Impacto Ambiental favorable del corredor propuesto en el Estudio Informativo.

Considerando las características técnicas de la actuación proyectada y los valores naturales del medio afectado por las obras, la declaración de impacto ambiental establece un conjunto de prescripciones de obligado cumplimiento que han impuesto restricciones y condicionados técnicos sumamente exigentes para la definición y ejecución de las obras, a los efectos de proteger y conservar los valores y recursos naturales y culturales del medio. Así mismo, y en aplicación de la Directiva Hábitats, la declaración de impacto específica la necesidad de adoptar un programa de medidas compensatorias a los impactos generados por la actuación sobre las especies y los hábitats que se incluyen en la Red Natura 2000.

Tras la tramitación del procedimiento de prevención ambiental, la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía encargó la definición de los proyectos de construcción y la ejecución de las obras a la empresa pública Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A. (GIASA), adoptando procedimientos de gestión que incorporan la calidad ambiental como uno de los objetivos prioritarios. La variable ambiental se constituye como un elemento estructural que participa y condiciona la definición y ejecución de las obras, incorporándose desde las fases iniciales de la actuación, y desarrollándose con el nivel requerido para garantizar la ejecución de una infraestructura y su seguimiento en la fase de explotación con la calidad ambiental demandada.

La aplicación del modelo de gestión ambiental que se aplica en Andalucía está basada en la valoración previa de la incidencia ambiental de cada actuación, en la identificación de medidas preventivas y correctoras específicas, en la tramitación de los procedimientos de prevención ambiental y su estricto cumplimiento en proyectos y obras, y en la aplicación de los programas de

seguimiento ambiental. Sin embargo, cuando las características ambientales del territorio son excepcionales, como es el caso de un espacio protegido, la metodología debe implementarse con acciones preventivas que superan la propia normativa ambiental vigente. Este es el caso de la A-381.

En conjunto, el proceso metodológico que se ha aplicado en la identificación, definición y ejecución de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias del impacto ambiental de la Autovía A-381 se constituye actualmente como un referente en la aplicación de los modelos de desarrollo sostenible, extrapolable a otras actuaciones. La singularidad del proceso radica principalmente en el rigor técnico aplicado en la identificación y ejecución de las medidas preventivas y correctoras, y en la metodología de selección y definición de las medidas compensatorias.

Como principios básicos de esta metodología se identifican la prevención ambiental, un conocimiento medioambiental específico y detallado de las variables ambientales y de su capacidad de acogida ante las actuaciones proyectadas, y un seguimiento permanente y dinámico de las distintas fases de la actuación. En este sentido es destacable la participación coordinada y activa de las distintas entidades y organismos implicados en la definición y ejecución de las distintas medidas: Consejería de Obras Públicas y Transportes y Consejería de Medio Ambiente, así como sus respectivas Delegaciones Provinciales en Cádiz, GIASA, Parque Natural de Los Alcornocales, Estación Biológica de Doñana, etc.

### **Optimización ambiental del trazado**

Tomando como referencia el eje seleccionado en el Estudio de Impacto y en la Declaración de Impacto Ambiental de la A-381, los equipos técnicos contratados para la redacción de los distintos proyectos de construcción y de restauración paisajística en los que se ha tramificado la Autovía A-381 acometieron un proceso de optimización ambiental del trazado, con el objetivo de prevenir los principales impactos ambientales antes que intentar corregirlos con medidas costosas y de dudosa viabilidad. La

optimización del trazado implica la realización de estudios de caracterización del territorio, mediante personal especializado en medio ambiente, con una escala de trabajo muy detallada, y ha permitido identificar las variables ambientales existentes en cada tramo que actúan como condicionante y las incidencias generadas sobre éstas por las obras, a los efectos de adoptar las modificaciones del trazado para evitar su aparición en obra o reducir sus efectos.

Este proceso implica analizar a escala de detalle el medio afectado, mediante la utilización de cartografía y fotografía aérea, complementada con trabajos de campo. La identificación de áreas o elementos de valor singular permite prevenir eficazmente las afecciones de mayor importancia mediante modificaciones leves del trazado. Los impactos residuales se minoran posteriormente mediante la inclusión de medidas preventivas y correctoras que afectan a los procesos constructivos o a la definición técnica de los parámetros constructivos de la autovía.

### Medidas preventivas y correctoras

Una vez ajustado el trazado mediante la optimización ambiental, se procedió a la definición técnica de los parámetros constructivos de la autovía y de las medidas preventivas y correctoras requeridas en cada caso para aminorar o paliar las afecciones medioambientales que aun persistían tras la optimización. Estas medidas han sido identificadas por las asistencias técnicas especializadas en medio ambiente adscritas a los equipos redactores de los distintos proyectos, tomando como base los estudios de caracterización ambiental del territorio, y los condicionados identificados en el Estudio de Impacto Ambiental y en la Declaración de Impacto Ambiental.

Las actuaciones más significativas adoptadas en la Autovía A-381 pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

#### **Aumento de la permeabilidad transversal. Sobredimensionado de puentes y viaductos.**

Una de las principales afecciones que genera una autovía es el efecto barrera, ya que por sus características supone una separación efectiva entre poblaciones de la misma especie. Las

medidas diseñadas minimizarán este efecto, mediante el aumento de la longitud de puentes y viaductos, la construcción de falsos túneles, adecuación de obras de drenaje y ejecución de pasos de fauna específicos.

El aumento de la longitud de puentes y viaductos se concibe como una medida preventiva fundamental para evitar afecciones en zonas de elevado interés ligadas a los cauces y cursos de agua, así como a zonas de vaguada con densa vegetación, disminuyendo además el efecto barrera que supone la autovía para la fauna al permitir la existencia de una orilla seca o pasillo junto a los cursos de agua.

Esta medida ha sido aplicada principalmente en los tramos que discurren a través del Parque Natural, donde se localizan los pasillos faunísticos y las zonas de mayor valor ecológico, y ha permitido, en combinación con los pasos específicos y las obras de drenaje, mantener la continuidad de los corredores de fauna entre los dos márgenes de la autovía y preservar las zonas de mayor diversidad.

Además del criterio de prevención hay que resaltar la prescripción de la Declaración de Impacto



ambiental que obligaba a la ubicación de viaductos y estructuras cuando los terraplenes del proyecto superasen los 15 metros de altura. Esta prescripción, destinada a garantizar una mayor integración paisajística de la vía y la mejora de la permeabilidad transversal para la fauna, ha motivado la incorporación al trazado de 24 viaductos, con una longitud total de 4.641 m., dispuestos principalmente en el Parque Natural en función de su orografía y la presencia de numerosos cauces y vaguadas.

#### **Ubicación de túneles y falsos túneles**

La Declaración de impacto determina que los desmontes no deben superar los 10 metros de altura en todo el Parque Natural. Ello ha obligado a construir falsos túneles, consistentes en generar los desmontes, realizar un túnel mediante elementos prefabricados, y posteriormente cubrir con tierra el túnel restituyendo la topografía original.

Con este condicionado, en el trazado de la autovía se han incluido finalmente 6 falsos túneles de los que 5 están en Parque Natural, con una longitud

total de 1.393 m., lo que incrementa sustancialmente la permeabilidad a la fauna, facilita la integración de la autovía en el entorno y disminuye la superficie finalmente afectada

#### **Localización de pasos de fauna**

La Declaración de impacto establecía la necesidad de acometer los estudios faunísticos que permitieran identificar los pasos de fauna necesarios para garantizar la continuidad transversal de estos pasillos, indicando como prescripción la ubicación de un paso de fauna o estructura similar al menos cada 500 metros en la zona de influencia del Parque Natural.

Los estudios específicos de caracterización de las unidades faunísticas afectadas por el trazado de la autovía han sido realizados por personal especializado. Con los datos obtenidos en este inventario faunístico se determinó la imposibilidad de dar cumplimiento a la prescripción de ubicación de pasos en función de la distancia, entendiéndose que los corredores faunísticos se localizan en espacios territoriales definidos por sus características naturales y no por parámetros



métricos. De esta manera se han identificado los corredores y se han localizado posteriormente los pasos, estructuras, viaductos y obras de drenaje modificadas para eliminar el efecto barrera que genera sobre la fauna una infraestructura provista de cerramiento longitudinal que limita los desplazamientos transversales.

En total, la Autovía A-381 dispone de 17 pasos de fauna específicos, y numerosas obras de drenaje y pasos superiores e inferiores que han sido modificadas para posibilitar su utilización por la fauna. A estos pasos deben añadirse los 24 viaductos y 5 falsos túneles, así como las estructuras y obras de drenaje sobredimensionadas que se han dispuesto en el trazado del Parque Natural y su entorno, lo que implica que este trazado de la autovía sea permeable para la fauna en un 13,66% de su longitud, es decir, 6.200 m.

#### Resumen de pasos de fauna en Tramos del Parque Natural

Falsos Túneles	5
Viaductos	24
Pasos superiores	8
Pasos inferiores	20
Drenajes y marcos modificados	83

Por lo que respecta a los tramos localizados fuera del Parque Natural, la ausencia de fauna silvestre en estas zonas y la presencia por el contrario de importantes fincas con vocación ganadera ha motivado la inclusión de pasos destinados a dar continuidad a los usos ganaderos y a la reposición de las vías pecuarias existentes.

#### Equilibrio de masas

La compensación de tierras buscando el equilibrio entre material sobrante de excavación y requerimientos de suelos seleccionados y préstamos se estableció como uno de los objetivos prioritarios, considerando de una parte la imposibilidad de realizar extracciones de material y depósitos en vertedero de sobrantes en el espacio protegido y en áreas sensibles del entorno de la carretera, y de otra las deficitarias características constructivas del material dominante en estos parajes, las arcillas expansivas.

Con esta medida se ha conseguido disminuir o

evitar la generación de vertederos, y restringir la utilización de zonas de préstamo o canteras exclusivamente a localizaciones autorizadas.

Aun cuando esta medida ha sido aplicada con carácter general en todos los tramos, las mayores repercusiones se han producido en el ámbito del espacio protegido, reduciendo sensiblemente los volúmenes de tierra previstos inicialmente en más de 3 millones de metros cúbicos, si bien se han aumentado considerablemente los costes de la obra por incremento de las distancias de transporte.

En los tramos en los que el balance de tierras quedaba descompensado se ha acometido la estabilización con cal de las arcillas expansivas existentes en el territorio, lo que ha posibilitado la utilización de este material en los procesos constructivos. El volumen total de material estabilizado asciende a 4.500.000 m<sup>3</sup>.

#### Prohibición de establecimiento de instalaciones auxiliares en zonas sensibles

La Declaración de Impacto Ambiental establecía como prescripción la prohibición de establecimiento de áreas de descanso, instalaciones auxiliares, parques de maquinaria, acopios de materiales, y zonas de vertedero y préstamos en las áreas restringidas, ya sea por tratarse del espacio protegido, o de zonas de recarga de acuíferos, cauces, formaciones de vegetación singular o enclaves con una cuenca paisajística especial.

Esta medida ha obligado a disponer las instalaciones auxiliares del proceso constructivo en las zonas autorizadas, excluyendo por definición la totalidad del Parque Natural, lo que ha incrementado sustancialmente las distancias de transporte de los materiales de construcción como son los excedentes de tierra, préstamos y suelo seleccionado, hormigón, betunes asfálticos, etc., afectando incluso a los acopios de tierra vegetal previamente decapada y ubicada en cordones laterales del trazado.

#### Medidas para minorar la contaminación acústica y atmosférica

La incidencia de la autovía en relación con la contaminación acústica ha sido uno de los factores que se ha abordado con mayor profundidad, tanto

durante el diseño de trazado como en la ejecución de las obras y en la explotación de la carretera.

Así, aun cuando la traza de la infraestructura discurre a una distancia importante de los principales núcleos de población, la existencia de viviendas aisladas junto al trazado y las perturbaciones que pueden generarse sobre las poblaciones faunísticas existentes en el entorno, han motivado la realización de los estudios de contaminación acústica para todos los proyectos de la Autovía A-381, adoptando las medidas preventivas y correctoras oportunas.

En los proyectos se establecieron un conjunto de medidas preventivas relacionadas con prescripciones aplicables a las características técnicas de la maquinaria en obra y los periodos de ejecución, y la utilización de capa de rodadura con absorción acústica. Seguidamente, en la fase de optimización, se acometió el desplazamiento del trazado en puntos donde se identificaron parámetros acústicos superiores a los permitidos. En los casos en los que no fue posible desplazar el trazado o no se reducían los parámetros de contaminación acústica, se definieron las pantallas antirruído necesarias para aminorar la contaminación generada por el tráfico rodado en la fase de explotación. Las soluciones adoptadas varían desde pantallas vegetales en coronación de muros de tierra hasta pantallas prefabricadas adaptadas al paisaje.

De otro punto, en relación con la contaminación atmosférica las medidas adoptadas pueden considerarse como normales, consistentes en el riego periódico de los viales de obra para evitar el levantamiento de polvo en suspensión, la limitación de los procesos de estabilización con cal a días sin viento, y la instalación de zonas auxiliares de obra en zonas alejadas de los núcleos de población.

#### **Medidas relacionadas con la protección del sistema hidrológico**

Entre estas actuaciones destacan la instalación de cunetas en cabecera y pie de talud, la colocación de bajantes y drenajes que garanticen la adecuada evacuación del agua hacia los cursos naturales, la instalación de fosas de limpieza en los parques de maquinaria, o la colocación de señales informativas en las obras para prevenir

riesgos medioambientales sobre el cauces y vegetación asociada.

Así mismo se ha aplicado con carácter general la prescripción establecida en la Declaración de Impacto relativa a la prohibición de reunir cauces en una o varias estructuras de drenaje.

#### **Transplante de las especies vegetales afectadas por el trazado de la autovía**

Con anterioridad al inicio de los trabajos de desbroce del trazado se procedió a la selección de los ejemplares de alcornoque, quejigo, acebuches y otros elementos vegetales existentes en la traza de la autovía que eran aptos técnicamente para ser transplantados, desarrollándose seguidamente a la extracción de 1.000 pies de planta que fueron ubicados en una parcela de aviveramiento. Las especies transplantadas han sido reimplantadas posteriormente en superficies neoformadas de la propia autovía, en municipios del Parque Natural de Los Alcornocales, y en otros espacios protegidos de la provincia de Cádiz, así como en la Reserva Biológica de Doñana.

#### **Reducción de las pendientes de los taludes para evitar la erosión y favorecer la integración paisajística**

En el diseño de la autovía se han contemplado pendientes de taludes suaves que permiten la aplicación de distintas técnicas de revegetación sobre su superficie, incluyendo el aporte de la tierra vegetal previamente decapada en las fases iniciales de la obra. Estas pendientes han sido calculadas tomando como referente los estudios geológicos y geotécnicos, y adoptando en cada caso las medidas específicas de protección, a los efectos de garantizar la estabilidad de los taludes.

#### **Actuaciones de restauración paisajística**

Una de las acciones que se han adoptado con carácter general en el modelo de gestión de las obras de infraestructura en el territorio andaluz es la elaboración de los Proyectos de Restauración Paisajística, donde se incluyen las actuaciones de plantaciones, siembras, hidrosiembras y demás medidas relacionadas con la recuperación de la cubierta vegetal, la integración paisajística de la vía y la corrección de procesos erosivos superficiales. Se trata de proyectos complementarios a los proyectos de construcción de la obra civil, pero independizados de éstos para



tramitar su ejecución específica con empresas especializadas en este sector.

La realización de estos trabajos se realiza de forma coordinada con los Proyectos de Construcción de la infraestructura, incorporando tras su ejecución la aplicación de un periodo de conservación y mantenimiento de los trabajos durante 24 meses, en el que se incluyen los riegos, abonados y demás actuaciones necesarias para garantizar la viabilidad de la revegetación, incluyendo la reposición continuada de las unidades marradas durante este periodo.

El importe total de los Proyectos de Restauración Paisajística de la Autovía A-381, asciende a 8.666.595,11 euros, utilizándose como unidades básicas de restauración 809.864 elementos vegetales para plantación, y 1.335.685 m<sup>2</sup> de siembra o hidrosiembra, además de otras técnicas de corrección de procesos erosivos.

Estos proyectos presentan como particularidad la utilización de especies vegetales autóctonas o naturalizadas, que en los tramos que afectan al Parque Natural han sido y están siendo generadas con material biológico procedente de este espacio.

### **Otras medidas de protección de la vegetación**

Complementariamente con las medidas de restauración paisajística se han adoptado otras acciones de carácter preventivo para posibilitar la conservación de las especies vegetales y

formaciones singulares existentes junto a la traza, entre las que destacan el balizamiento de las zonas de obra para impedir el acceso a zonas adyacentes, el marcaje de elementos vegetales singulares, la adopción de planes específicos contra incendios, y la implantación de señalización interna de obra y cursos de formación medioambiental a los operarios que desarrollan su trabajo en las obras.

### **Disminución de la superficie de ocupación en el parque natural**

Se ha reducido el ancho de la mediana a 6 metros en los tramos que discurren a través del Parque Natural de Los Alcornocales para aminorar la banda de ocupación de la infraestructura en el espacio protegido.

Las medidas de balizamiento previo de la zona de obras evitan afecciones por intrusión de maquinaria de obras en las zonas adyacentes. Además, sobre el trazado y proyecto original se han eliminado enlaces y algunas vías de servicio.

### **Protección del patrimonio histórico**

En la fase de proyecto se ha realizado la prospección previa del territorio y la tramitación de las consultas oportuna a la Consejería de Cultura para verificar la presencia de yacimientos arqueológicos y bienes histórico-culturales que pudieran verse afectados por la actuación.

Posteriormente durante la ejecución de las obras se han acometido distintos estudios, sondeos y





Posteriormente durante la ejecución de las obras se han acometido distintos estudios, sondeos y excavaciones arqueológicas sobre los yacimientos y restos localizados, acometiendo las medidas necesarias para garantizar su conservación y protección. Parte de estos yacimientos y bienes culturales quedarán integrados en la propia autovía.

#### **Asistencias técnicas medioambientales en proyectos y en obras**

La calidad ambiental de los proyectos no puede por sí misma garantizar la correcta ejecución medioambiental de las obras, por lo que se ha incorporado una dirección ambiental en la fase de obras para verificar la aplicación de las distintas medidas proyectadas, y supervisar cumplimiento a los programas de vigilancia ambiental aprobados para cada actuación.

Esta dirección de obra ambiental queda complementada con la supervisión dinámica de las distintas fases de la actuación que desarrolla el personal especializado de GIASA, manteniendo la coordinación necesaria con los organismos y entidades implicados en el seguimiento de las

obras de la Autovía A-381.

#### **Costes de las medidas correctoras y preventivas**

Este conjunto de medidas de carácter ambiental ha supuesto un coste adicional sobre los presupuestos previstos inicialmente para la construcción de la autovía, si bien se trata de un incremento absolutamente requerido por las características particulares del entorno afectado por las obras, y por la aplicación de métodos de gestión modernos orientados por el desarrollo sostenible.

Establecer una valoración económica para estas medidas preventivas y correctoras es complejo, por cuanto existen acciones o medidas que no tienen cuantificación posible, no disponen de un reflejo presupuestario directo en los Proyectos de Construcción y Proyectos de Restauración Paisajística, o bien quedan adscritas a unidades de obra de difícil descomposición o desglose. De forma estimativa puede establecerse la cuantificación de las principales medidas preventivas y correctoras adoptadas en los distintos proyectos de la autovía definidos hasta

	Medidas Correctoras	Proyectos Restauración	Importe Proyecto Construcción	Importe Total Actuación (Euros)	Medidas Correctoras/Proyecto de Construcción (%)
Tramo I	1.508.540,38	522.880,53	11.088.673,33	11.611.553,86	17,49
Tramo II	2.788.696,16	613.032,35	23.637.806,07	24.250.838,42	14,03
Tramo III	3.359.657,66	865.457,43	27.977.113,46	28.842.570,89	14,65
Tramo IV	23.469.522,68	2.211.724,54	85.178.104,87	87.389.829,41	29,39
Tramo V	36.216.989,41	2.848.797,37	89.931.932,42	92.780.729,79	42,11
Tramo VI	19.148.245,65	1.604.702,32	67.024.454,74	68.629.157,06	30,24
	<b>86.491.652</b>	<b>8.666.595</b>	<b>304.838.085</b>	<b>313.504.679</b>	<b>30%</b>

la fecha, con una longitud de 71,8 Km. En esta estimación se excluye el Tramo O de la Autovía A-381, comprendido entre el Pk. 7+500 del estudio informativo y el enlace con la Circunvalación de Jerez de la Frontera, por encontrarse actualmente en fase de redacción de proyecto.

El análisis de los datos obtenidos en la estimación económica permite identificar como las medidas protectoras y correctoras de la Autovía A-381 se distribuyen en porcentajes variables sobre la inversión global siguiendo un patrón territorial. De esta manera, los tres tramos localizados en un ámbito territorial de la campiña de Jerez, de orografía suave y con vocación agrícola-ganadera, presentan un porcentaje asignado a medidas correctoras que oscila entre el 11% y el 15% de la inversión total por tramo. Por el contrario, en los trazados que afectan al Parque Natural de los Alcornocales, el importe estimado se eleva hasta un 35% de media, lo que refleja el importante condicionante que supone el elevado valor ecológico y paisajístico de los recursos naturales presentes en el entorno y las dificultades orográficas del territorio. En estas estimaciones

destaca el Tramo V de la Autovía A-381, con un porcentaje del 45%, por cuanto en este proyecto confluyen los condicionantes ambientales y orográficos más significativos, siendo además el único tramo que discurre íntegramente por el espacio protegido.

La inversión media estimada para actuaciones medioambientales en el conjunto de los tramos de la autovía alcanza una asignación económica próxima a 100 millones de euros, lo que supone un 30%, sobre la inversión prevista para la Autovía A-381, que es de 313 millones de euros.

### Conclusion

Como conclusión puede afirmarse que la definición y aplicación del modelo de gestión ambiental sobre una actuación tan compleja desde el punto de vista ambiental como es la Autovía A-381, puede y debe considerarse como una experiencia práctica de la conciliación del desarrollo económico y social con la protección ambiental, es decir, una verdadera puesta en práctica del concepto de desarrollo sostenible.





---

**RENATO HERRERA CABRERIZO**

Propuesta metodológica para la definición y ejecución de infraestructuras viarias en espacios protegidos

## RENATO HERRERA CABRERIZO

Especialista en Medio Ambiente

(GIASA). Consejería de Obras Públicas y Transportes. Junta de Andalucía

### Propuesta metodológica para la definición y ejecución de infraestructuras viarias en espacios protegidos

#### Introducción

El medio ambiente se constituye actualmente como uno de los pilares básicos de nuestra sociedad. La incorporación de los aspectos medioambientales en los procesos de desarrollo económico y social, así como en la planificación sectorial y territorial, se está acometiendo a través de distintas estrategias y políticas que persiguen un objetivo común conducente a reconsiderar las pautas de producción, distribución y consumo para hacerlas sustentables en el tiempo.

Se trata, por consiguiente, de crear un modelo de desarrollo que permita la viabilidad demográfica, económica, social y cultural de las regiones, preservando los recursos y valores del medio y potenciándolos para generaciones futuras. Es decir, el Desarrollo Sostenible.

Estas políticas medioambientales tienen su principal reflejo en la definición e implantación de la legislación orientada por las estrategias de sostenibilidad, lo que a su vez ha permitido la incorporación de los mecanismos de prevención y control de los recursos del territorio en relación con el conjunto de actividades humanas que se desarrollan sobre él. Sin embargo, la aplicación de la normativa ambiental y cultural, y de los instrumentos de prevención y protección que la desarrollan, no puede por sí misma garantizar la culminación de los objetivos vinculados con la sostenibilidad, y requiere de la adecuación sectorial del sistema de planificación y producción, y de la implantación de nuevas tecnologías que minimicen las incidencias sobre el medio.

El objetivo del desarrollo sostenible en el sector específico de las obras de infraestructuras, comunicaciones y servicios, tanto públicas y privadas, adquiere una relevancia especial. Las infraestructuras tienen una clara vocación social, puesto que se definen para dar un servicio a la

sociedad y para posibilitar la cohesión territorial, actuando como elementos estructurales básicos para fomentar el crecimiento económico y el desarrollo social de las regiones. Sin embargo, las infraestructuras se realizan sobre un medio caracterizado por unos valores medioambientales y socioculturales y por unos recursos naturales, que pueden resultar afectados en mayor o menor medida por la planificación, diseño y posterior ejecución y explotación de la infraestructura.

#### El desarrollo sostenible en el territorio andaluz

La adecuación de los criterios ambientales adquiere una significación y magnitud especial en Andalucía. El territorio andaluz se caracteriza por su riqueza y variabilidad ecológica en factores tan diversos como son el clima, la geología, los usos tradicionales del suelo, la biodiversidad de flora y fauna, el sistema paisajístico, los espacios naturales protegidos y el patrimonio sociocultural.

La Comunidad Autónoma andaluza está considerada como uno de los enclaves mejor conservados y de mayor riqueza y biodiversidad del conjunto de la Unión Europea. Esta riqueza ecológica tiene su representación directa en la superficie que queda incluida en la red de espacios naturales protegidos, superior al 18% de la superficie de la comunidad autónoma, y que se verá sustancialmente ampliada hasta el 30% con la definitiva implantación de la Red Natura 2000 de la Unión Europea y la incorporación de los Lugares de Interés Comunitario.

La potencialidad de desarrollo del territorio andaluz es sumamente elevada, y está orientada por la utilización sostenible de sus recursos y valores culturales y naturales. Sin embargo, los condicionantes físicos que impone el territorio y su situación periférica respecto al resto de España

y Europa, conjuntamente con las limitaciones y carencias que presenta en materia de infraestructuras y servicios, actúan como factores limitantes de su crecimiento.

Por consiguiente, se hace imprescindible abordar un importante esfuerzo inversor y una adecuada planificación territorial para acometer la vertebración de Andalucía y garantizar sus conexiones con los principales ejes de desarrollo del estado español y del conjunto de la Unión Europea a través de un sistema de comunicaciones intermodales, adaptado al medio sobre el que se define y que cumpla con los objetivos funcionales de desarrollo económico y social.

En esta planificación, definición y ejecución de actuaciones juega un papel prioritario el propio medio receptor de la infraestructura, en relación directa con su capacidad de acogida, con sus valores, y con su vulnerabilidad.

Para garantizar la incorporación de estas variables en los procesos de ordenación territorial se ha instrumentado un completo desarrollo normativo relacionado con la protección y conservación de sus recursos naturales y culturales. La legislación medioambiental y cultural andaluza puede y debe considerarse como uno de los desarrollos normativos más restrictivos en relación directa con la caracterización de sus valores y la riqueza del medio. A diferencia de la normativa estatal y europea de evaluación del impacto ambiental, en Andalucía existen tres procedimientos de prevención regulados por la Ley 7/1994, de Protección Ambiental, y sus reglamentos de desarrollo, aglutinando mayor número de actividades que quedan sujetas a los mecanismos de prevención ambiental. Esta ley, y sus posteriores modificaciones, se erige como el marco normativo básico en el que deben articularse las actividades productivas y de consumo de la región, estableciéndose en ella las normas básicas que permitan responder a la doble componente de la tutela ambiental y de asignación de objetivos de calidad del medio ambiente.

La normativa de protección ambiental sobre las actividades humanas se complementa con la legislación de protección y conservación de los espacios naturales, de los hábitats y de la fauna

y flora silvestre, así como de los valores histórico-culturales.

La aplicación de la normativa vigente se constituye, por consiguiente, como la herramienta básica para organizar y acometer la mejora en el sistema de comunicaciones y garantizar la conservación del medio en el marco del desarrollo sostenible. Sin embargo, no se trata únicamente de dar cumplimiento a la normativa, sino de establecer las directrices que permitan la adecuación de los parámetros y criterios técnicos de planificación, definición y ejecución de las obras de infraestructuras y servicios, para conseguir que la actuación quede plenamente adaptada al medio y que actúe incluso como elemento de divulgación y protección de los valores del entorno.

Para dar respuesta a esta demanda social, la Junta de Andalucía, en colaboración con otras instituciones y organismos, están acometiendo la adecuación de los criterios y bases técnicas para la planificación, diseño y ejecución de sistemas viarios, considerando la variable medioambiental como un elemento estructural y como indicador de la calidad final de las obras.

Esta adecuación queda integrada en los modernos procesos de gestión de la obra pública que aplica la Consejería de Obras Públicas y Transportes a través de la empresa pública Gestión de Infraestructuras de Andalucía S.A. (GIASA), estableciéndose cinco objetivos básicos en los procesos de gestión, definición y ejecución de las infraestructuras: calidad, precio, plazo, medio ambiente y seguridad. En aplicación de este modelo de gestión se han desarrollado distintos procedimientos específicos, entre los que destacan la gestión medioambiental de infraestructuras y la aplicación de los Proyectos de Restauración Paisajística de las obras lineales. La implantación de estos procedimientos y criterios ha permitido mejorar los procesos de gestión en relación con el medio ambiente, posibilitando además el establecimiento de medidas adicionales de prevención y protección de los valores naturales, paisajísticos, culturales y socioeconómicos de territorio andaluz.

Se trata, en todo caso, de un modelo de gestión dinámico, sujeto a un proceso evolutivo de mejora en función de las experiencias acumuladas en los

primeros años de aplicación y de la identificación de determinados procesos susceptibles de mejora. Y fruto de este proceso de adecuación surge la necesidad de establecer una metodología para la definición y ejecución de infraestructuras viarias en los espacios naturales protegidos.

### Bases de la propuesta metodológica

El importante esfuerzo realizado en los últimos años en Andalucía para mejorar la vertebración territorial y equiparar la dotación de infraestructuras y servicios de la Comunidad Autónoma con el resto del estado ha permitido, entre otras actuaciones, mejorar la red viaria, destacando especialmente la dotación en infraestructuras de gran capacidad. Por lo general, la red de autovías, autopistas y vías rápidas se diseñan a través de los corredores naturales utilizados históricamente para la organización del sistema de comunicaciones andaluz, y salvo excepciones, estos corredores se localizan fuera de los ámbitos territoriales correspondientes a estos espacios.

Las infraestructuras viarias que organizan el amplio territorio que cuenta con figuras de protección en Andalucía pertenecen principalmente a la Red Provincial, y en menor medida en la Intercomarcal y Complementaria de la Red Autonómica. Y es justamente esta red la que requiere ahora de una reforma y adecuación para ajustarla a las nuevas demandas del desarrollo.

Considerando la incidencia que una intervención de adecuación o modificación del trazado de una carretera puede tener sobre el medio que actúa como soporte, y la existencia de valores y recursos singulares en estos espacios naturales, resulta imprescindible adoptar un conjunto de criterios preventivos y conservacionistas para realizar la planificación, definición, ejecución y conservación de estas obras públicas que se realizan en el ámbito de los espacios protegidos.

Se trataría, en todo caso, de aplicar el modelo de gestión de infraestructuras, ajustando los parámetros de definición y ejecución de las obras a las particulares condiciones del medio.

Esta metodología plantea unas líneas de actuación básicas, entre las que destacan:

a) Conocimiento específico del territorio afectado, ajustando la actuación proyectada a sus características, y no a la inversa. La estrategia para planificar, definir y ejecutar sistemas viarios en medios sensibles pasa inexcusablemente por un adecuado conocimiento del medio receptor de la infraestructura y de las incidencias que ésta puede ocasionar. Este conocimiento y adecuación implica un análisis detallado de:

- Factores socio-económicos: funcionalidad y objetivos, coste-beneficio.
- Factores territoriales (naturales y paisajísticos, culturales...): capacidad de acogida
- Factores técnicos: capacidad de respuesta. Infraestructuras de calidad.

b) La variable medioambiental adquiere un carácter estructural, actuando como condicionante de primer orden y participando activamente en la toma de decisiones.

c) Su aplicación es integral, desde el inicio de los estudios de planeamiento hasta la fase de explotación y puesta en servicio de las obras.

d) Debe aportar una visión global e integradora sobre la capacidad de acogida del medio y sobre la capacidad de respuesta de la actuación, por lo que requiere de un conocimiento específico sectorial que deberá obtenerse mediante la participación de equipos multidisciplinares.

e) La planificación, definición, ejecución y explotación de la infraestructura quedará integrada en un proceso de participación y consenso de las partes implicadas, por lo que deben adoptarse mecanismos de coordinación de los organismos, instituciones y personas físicas.

Todas estas líneas de actuación quedan orientadas por el Principio de Prevención, aplicable a cada una de las fases. Y en este sentido hay que erradicar antiguos dogmas y creencias que vinculaban la calidad ambiental de unas obras en relación proporcional con el gasto consignado para las medidas de protección y corrección. Nada más lejos de la realidad; la mejor infraestructura desde el punto de vista medioambiental no es aquella que invierte más presupuesto y esfuerzos en medidas correctoras, sino aquella actuación que invirtiendo las cuantías requeridas en la corrección o minoración de impactos ha conseguido

previamente paliar parte de sus posibles efectos negativos mediante la aplicación de medidas preventivas.

### Planificación territorial

El planeamiento de una infraestructura, tanto al nivel de nuevo trazado como de acondicionamiento de carreteras existentes, se constituye como uno de los procesos básicos para garantizar una adecuada definición de los parámetros técnicos de un sistema viario, adaptando la tipología de la carretera al medio por el que deberá discurrir y ajustado en su funcionalidad a los requeridos de la sociedad a la que dará servicio.

En la planificación territorial adquiere especial significación la evaluación ambiental estratégica de planes y programas de infraestructuras que posibilita la participación de los distintos organismos, garantizando con ello una visión global de los diversos factores y condicionantes que intervienen en la decisión de realizar una actuación y en la delimitación de sus características.

Además, la planificación de estas intervenciones que afectan a espacios naturales debe realizarse con una perspectiva de futuro que permitirá adecuar la actuación a los requerimientos previstos a largo plazo, consiguiendo con ello minimizar la perturbación que se genera sobre el medio por reiteradas actuaciones.

### Estudios y Proyectos

La realización de cualquier estudio y proyecto de obras de infraestructuras requiere de la participación de equipos multidisciplinares con cualificación suficiente para aportar esa visión detallada e integrada de las distintas variables que participan en la definición de la actuación. Estas asistencias técnicas tendrán que delimitar en primer lugar "por donde pasar", para culminar la definición del proyecto estableciendo "como pasar".

Para poder establecer las alternativas que resultan técnicamente viables resulta imprescindible la realización de un análisis exhaustivo del territorio y de la vulnerabilidad de los factores que confluyen en él, determinando así la capacidad de acogida del medio y la coordinación con otras estrategias

y políticas de planificación territorial. Este estudio de caracterización permite la aplicación del principio de prevención, a los efectos de intentar evitar o aminorar las afecciones detectadas, y posteriormente definir las medidas correctoras específicas que sean requeridas.

La secuencia que se propone en el modelo desarrolla las siguientes etapas:

- Estudios de caracterización.
- Definición básica de la actuación.
- Establecimiento de medidas preventivas concretas. Optimización ambiental del trazado.
- Selección de alternativas viables.
- Definición constructiva de las infraestructuras. Identificación de medidas correctoras.
- Redacción del estudio y/o proyecto con coherencia en todos sus documentos.

El desarrollo metodológico propuesto se aparta sustancialmente de la dinámica utilizada hasta ahora. Habitualmente, la definición de los estudios y proyectos implicaba, como primera fase del estudio de una infraestructura el diseño de los trazados, llegando posteriormente hasta la definición al nivel constructivo de la actuación. La participación de los especialistas (medio ambiente, geotecnia, etc.) se iniciaba, en el mejor de los casos con el establecimiento de condicionantes específicos detectados en el medio, y pasaba posteriormente al análisis de los trazados definidos al nivel constructivo y de sus afecciones al medio, proponiendo las medidas de corrección. Sin embargo este proceso desvirtúa la aplicación de medidas preventivas, centrándose exclusivamente en la corrección de los problemas. En primer lugar deben analizarse las características del territorio (medio ambiente, geología y geotecnia, hidrología, etc.) y después efectuar la definición básica del trazado, evitando los condicionantes detectados, y ajustando la funcionalidad y tipología de la vía a las características del territorio, y no al contrario.

Esta caracterización territorial debe aportar una visión coordinada de las distintas variables. No se trata, tal y como se ha venido realizando en épocas pasadas, de identificar los condicionantes (geotécnicos, hidrológicos, medioambientales y culturales) e integrarlos en el estudio como factores aislados o como anejos independientes del estudio y/o proyecto. Por el contrario, se deberá efectuar la caracterización de las distintas

variables del medio, considerando sus interacciones, para poder determinar el comportamiento dinámico del medio y su capacidad de acogida y respuesta ante los factores perturbadores que puede inducir la actuación. Y esta visión global sólo puede aportarse con la participación de un equipo pluridisciplinar, capaz de interpretar las variables y de promover acciones coordinadas de interpretación pluriespecífica. Todo aquello que seamos capaces de resolver o planificar en las primeras fases de los estudios significará un avance o mejora para las fases sucesivas. Por el contrario, las improvisaciones en las últimas fases generarán irrevocablemente la desprogramación de las actuaciones, y su mayor coste y duración.

Al nivel de diseño, los distintos especialistas que participan en la definición de la infraestructura deberán interpretar el territorio, y colaborar en la definición básica de la actuación estableciendo los parámetros estructurales de la especialidad correspondiente. Tras este estudio de caracterización se realizará la definición básica de la actuación y posteriormente se identificarán las distintas alternativas que cumplen con los objetivos perseguidos, adoptando seguidamente un proceso de ajustes y de optimización ambiental de las alternativas mediante la aplicación de medidas preventivas concretas.

La selección de alternativas utilizará como criterio prevalente el grado de afección al medio y sus recursos, seleccionando motivadamente aquellas que menor afección o incidencia generen, para pasar seguidamente al desarrollo constructivo de

la infraestructura, identificando las soluciones técnicas que se adoptan para garantizar la funcionalidad y la tipología de la obra proyectada. Es en esta fase cuando deben identificarse ya las medidas correctoras que son necesarias para subsanar o aminorar los impactos ambientales que no han podido evitarse en la fase de optimización, aportando ya una definición al nivel constructivo y con la coherencia y detalle necesario en los distintos documentos del estudio y/o proyecto. Y será esta caracterización específica del territorio la que posibilitará la adopción de las medidas correctoras específicas.

El desarrollo metodológico propuesto se aparta sustancialmente de la dinámica utilizada hasta ahora. Habitualmente, la definición de los estudios y proyectos implicaba, como primera fase del estudio de una infraestructura el diseño de los trazados, llegando posteriormente hasta la definición al nivel constructivo de la actuación. La participación de los especialistas (medio ambiente, geotecnia, etc.) se iniciaba, en el mejor de los casos con el establecimiento de condicionantes específicos detectados en el medio, y pasaba posteriormente al análisis de los trazados definidos al nivel constructivo y de sus afecciones al medio, proponiendo las medidas de corrección. Sin embargo este proceso desvirtúa la aplicación de medidas preventivas, centrándose exclusivamente en la corrección de los problemas. En primer lugar deben analizarse las características del territorio (medio ambiente, geología y geotecnia, hidrología, etc.) y después efectuar la definición básica del trazado, evitando los condicionantes detectados, y ajustando la funcionalidad y tipología de la vía

### GRÁFICO 1

Metodología para estudios y proyectos



PROCEDIMIENTO DE PREVENCIÓN O CONSERVACIÓN

a las características del territorio, y no al contrario.

Esta caracterización territorial debe aportar una visión coordinada de las distintas variables. No se trata, tal y como se ha venido realizando en épocas pasadas, de identificar los condicionantes (geotécnicos, hidrológicos, medioambientales y culturales) e integrarlos en el estudio como factores aislados o como anejos independientes del estudio y/o proyecto. Por el contrario, se deberá efectuar la caracterización de las distintas variables del medio, considerando sus interacciones, para poder determinar el comportamiento dinámico del medio y su capacidad de acogida y respuesta ante los factores perturbadores que puede inducir la actuación. Y esta visión global sólo puede aportarse con la participación de un equipo pluridisciplinar, capaz de interpretar las variables y de promover acciones coordinadas de interpretación pluriespecífica. Todo aquello que seamos capaces de resolver o planificar en las primeras fases de los estudios significará un avance o mejora para las fases sucesivas. Por el contrario, las improvisaciones en las últimas fases generarán irrevocablemente la desprogramación de las actuaciones, y su mayor coste y duración.

Al nivel de diseño, los distintos especialistas que participan en la definición de la infraestructura deberán interpretar el territorio, y colaborar en la definición básica de la actuación estableciendo los parámetros estructurales de la especialidad correspondiente. Tras este estudio de caracterización se realizará la definición básica de la actuación y posteriormente se identificarán las distintas alternativas que cumplen con los objetivos perseguidos, adoptando seguidamente un proceso de ajustes y de optimización ambiental de las alternativas mediante la aplicación de medidas preventivas concretas.

La selección de alternativas utilizará como criterio prevalente el grado de afección al medio y sus recursos, seleccionando motivadamente aquellas que menor afección o incidencia generen, para pasar seguidamente al desarrollo constructivo de la infraestructura, identificando las soluciones técnicas que se adoptan para garantizar la funcionalidad y la tipología de la obra proyectada. Es en esta fase cuando deben identificarse ya las medidas correctoras que son necesarias para

subsanan o aminorar los impactos ambientales que no han podido evitarse en la fase de optimización, aportando ya una definición al nivel constructivo y con la coherencia y detalle necesario en los distintos documentos del estudio y/o proyecto. Y será esta caracterización específica del territorio la que posibilitará la adopción de las medidas correctoras específicas.

Todo ello, en conjunto, permite garantizar la calidad ambiental de las obras en la fase de estudios previos y proyectos.

En este proceso metodológico hay que diferenciar el nivel de detalle y definición que podrá aportar un estudio medioambiental realizado para un Estudio Informativo o Estudio de Viabilidad, y el que debe exigirse en un Proyecto de Construcción, que deberá ser muy superior puesto que la escala de trabajo se aproxima bastante a la realidad física del entorno, y el alcance final de la actuación queda mucho más delimitado. En cualquier caso, debe erradicarse la tendencia generalista de aportar datos básicos que no llegan a caracterizar la realidad del entorno y su relación intrínseca con la infraestructura proyectada.

Todo el proceso descrito requiere de una participación dinámica de las partes implicadas (equipo multidisciplinar redactor del estudio, personal técnico del órgano sustantivo, ambiental, cultural, resto de administraciones, organismos y personas), coordinado por el ente de gestión con personal especializado encargado de la supervisión.

### Ejecución de las obras

Una vez el proyecto de la actuación ha quedado plenamente definido y se han tramitado los distintos procedimientos de prevención ambiental y de conservación aplicables a la infraestructura en función de su magnitud y de los recursos que pueden resultar afectados, es el momento de ejecutar las unidades de obra proyectadas, llevándolas hasta una escala real, y aplicando particularmente las medidas preventivas y correctoras establecidas en el proyecto, así como las prescripciones establecidas en el pronunciamiento vinculante de los organismos competentes en materia medioambiental y cultural.

Partiendo de la base de que las medidas han sido

definidas en el Proyecto de Construcción y en el Proyecto de Restauración Paisajística con la calidad medioambiental y con el nivel de detalle requerido para su correcta ejecución, esta es la fase en la que deberá afrontarse la ejecución de las obras con la calidad prescrita y con la coordinación y programación necesaria para garantizar el respeto por los valores del entorno y su protección y puesta en valor.

En la fase de ejecución confluyen distintas actuaciones que deberán, en conjunto, garantizar el correcto desarrollo de los trabajos: de una parte las acciones de ejecución que realiza la empresa constructora y la empresa de restauración, correspondiendo a estas empresas la responsabilidad directa de afrontar la ejecución con rigor técnico, con calidad y en los plazos previstos; de otra, los trabajos de vigilancia ambiental y seguimiento de los procesos constructivos y de revegetación que acomete la Dirección Técnica de las Obras a través de su personal cualificado.

Cuando el medio intervenido por la ejecución de las obras presenta unos valores singulares por su vulnerabilidad y por su riqueza, el proceso constructivo adquiere una relevancia especial y deben extremarse al máximo las precauciones

para evitar incidencias no deseadas. La función del equipo de Dirección de Obra, consistente en la supervisión y control del conjunto de acciones constructivas directas como indirectas, debe particularizar en el seguimiento específico sobre la aplicación de las medidas preventivas y correctoras, el cumplimiento de todas las directrices ambientales, y la corrección o minoración de posibles incidencias no previstas que pudieran aparecer durante la ejecución.

Toda esta actividad de seguimiento y ejecución debe quedar perfectamente documentada con su correspondiente soporte gráfico en los informes de seguimiento mensual de obras, que serán remitidos por el órgano sustantivo al órgano ambiental para su conocimiento y efectos, en aplicación del programa de vigilancia ambiental.

Por su parte la administración deberá complementar estos trabajos de ejecución y dirección mediante la aplicación de supervisión y auditoría de obras, verificando su incidencia en el medio con personal especializado.

Si bien la figura del Director Ambiental de obras o del Asesor ambiental de obras está integrada en el modelo de gestión ambiental de infraestructuras, su aplicación efectiva muestra actualmente algunas carencias relacionadas con la dedicación del personal especializado al seguimiento ambiental y cultural de las obras, o el nivel de conocimiento sesgado de la dinámica de las obras y de sus procesos constructivos.

La propuesta metodológica para infraestructuras viarias que se desarrolla en el ámbito de espacios protegidos incide en la necesidad de contar con equipos pluriespecíficos para realizar la Dirección Técnica de las obras, con una dedicación mayor que permita el seguimiento y conocimiento real de los procesos constructivos, de manera que puedan aportarse datos específicos relativos a la aplicación de las distintas medidas preventivas y correctoras, anticipando incluso la aparición de circunstancias imprevistas que pueden ocasionar desviaciones sobre la programación y presupuesto de las obras.

La figura del Asesor ambiental en este tipo de obras debe además actuar como interlocutor ante el órgano competente en la gestión del espacio



protegido, elaborando la documentación y los informes que sean requeridos por la empresa de gestión y por el órgano con competencia sustantiva.

Entre las actuaciones que deberán quedar sujetas al control y vigilancia ambiental durante la fase de ejecución de obras se incluirán:

- Replanteo de las principales medidas preventivas, correctoras y complementarias.
- Balizamiento y delimitación de las zonas de actuación.
- Gestión de la tierra vegetal.
- Ajustes en la morfología de terraplenes y desmontes.
- Ubicación de zonas de vertedero, canteras y préstamo.
- Ajustes en la ubicación y diseño de los pasos de fauna en función de los estudios de detalle.
- Acabado de drenajes para su utilización como pasos de fauna.
- Desarrollo de medidas contra el ruido.
- Medidas de protección del sistema hidrológico.
- Aplicación de medidas contra la erosión, recuperación ambiental y paisajística. Coordinación con la obra civil y los trabajos de restauración.
- Protección del patrimonio arqueológico.
- Control de la reposición de servicios afectados y vías pecuarias.
- Ubicación de señalización informativa y divulgativa, de zonas de recreo, miradores, observatorios, etc.

La vigilancia durante la fase de ejecución de las obras por parte de los equipos especializados encargados de la Dirección Técnica así como los procesos de ejecución de obras y de restauración quedarán sujetos a mecanismos de control mediante la aplicación de auditorías ambientales de obra por la empresa de gestión y por la administración.

## Fase de explotación de las obras

Una vez finalizada la construcción de la infraestructura, procede la aplicación de los Programas de Vigilancia Ambiental de la carretera, a los efectos de comprobar la viabilidad y funcionalidad de las medidas preventivas y correctoras proyectadas y ejecutadas, y la respuesta del propio medio receptor y sus variables ante la presencia de la carretera.

Esta herramienta permite evaluar el cumplimiento de los objetivos ambientales de las obras y determinar la aparición de posibles incidencias no previstas. Así mismo garantiza la obtención de la experiencia requerida para posibilitar el efecto Feed-Back o de retroalimentación y mejora del conocimiento específico para futuras actuaciones.

La aplicación de este seguimiento ambiental durante la fase de explotación de la infraestructura, con los datos obtenidos las fases anteriores de proyectos y ejecución de obras, requiere al igual que los casos anteriores de la participación de equipos multidisciplinarios que puedan aportar una perspectiva amplia sobre las acciones propias de la fase de explotación, sobre la evolución de las medidas ejecutadas y sobre los nuevos requerimientos.

Sin embargo, en la actualidad su aplicación no está generalizada y queda orientada principalmente por la propia conservación de la infraestructura viaria, sin llegar a evaluar las repercusiones de la infraestructura sobre el medio receptor.

Ante esta situación la adecuación del modelo incide en la imperiosa necesidad de acometer estos programas de seguimiento, lo que finalmente permitirá una evolución en la calidad de los proyectos y obras de infraestructura, especialmente cuando afectan a espacios protegidos, como aplicación real de los modelos



122



---

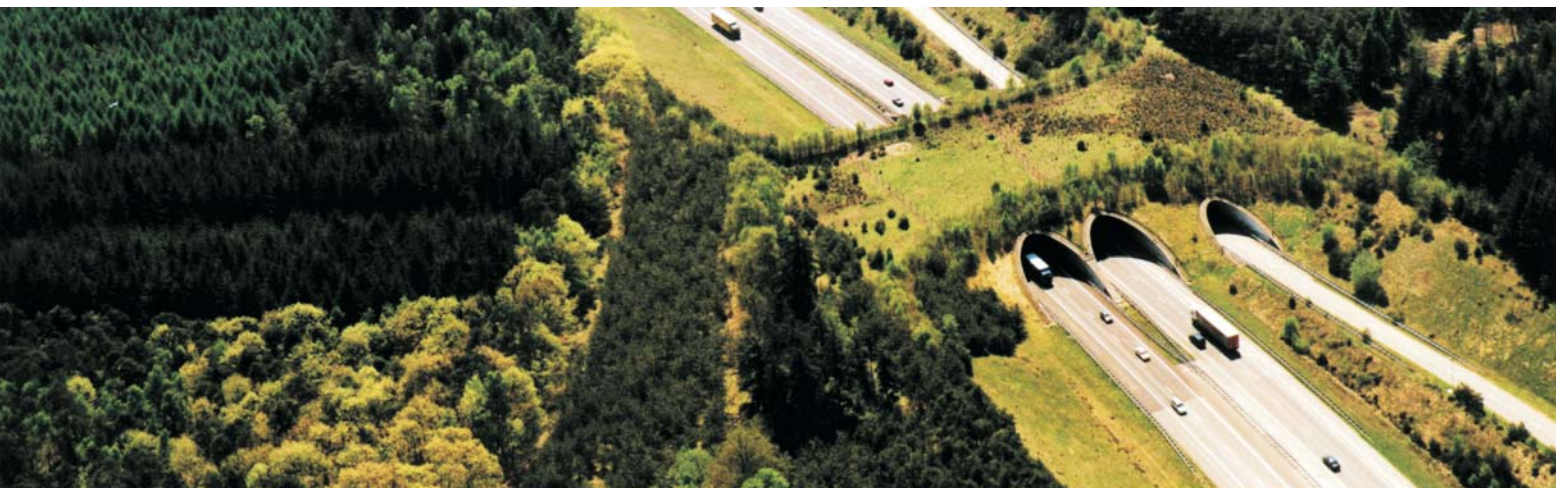
**MARGUERITE TROCME**

Informe sobre la Fragmentación de Medios Naturales por las Infraestructuras de Transporte en Europa: Resultado de la Acción COST 341

## MARGUERITE TROCMÉ

Delegada suiza en el Grupo de Trabajo de la Acción COST 341  
Oficina Federal de Medio Ambiente, Bosques y Paisaje (Berna)

Informe sobre la Fragmentación de Medios Naturales por las  
Infraestructuras de Transporte en Europa:  
Resultado de la Acción COST 341



### Expansión de la red de transportes en Europa: las herramientas del programa COST 341 para limitar los impactos

El desarrollo de las redes de transporte conoce actualmente un auge importante a través de todo el continente europeo. En el marco de la red transeuropea de transporte (Decisión 1692/96/CE23.7) más de 12.000 Km. de nuevas carreteras están previstos hasta el año 2010. Entre 1990 y 1996 una superficie nueva de 25.000 Ha. fue ocupada por infraestructuras de transporte dentro de la Unión Europea (UE). Con la extensión de la red, los últimos grandes espacios restantes poco parcelados hasta el momento, se verán a su vez fragmentados. La fragmentación de los espacios naturales por la urbanización y las redes de transporte a través del continente europeo se ha convertido en un problema prioritario para la protección de la naturaleza.

Frente a esta expansión cada vez más rápida de las redes de transporte, la Unión europea lanzó en 1998, dentro del marco de la Cooperación europea en el área de la investigación Científica

y Técnica (COST), la Acción 341 sobre la fragmentación de los medios naturales causada por las infraestructuras de transporte. Se trataba de reunir los conocimientos, las competencias y las experiencias existentes en Europa a fin de elaborar las herramientas que permitan limitar al máximo cualquier nueva fragmentación o minimizar su impacto.

La Acción COST 341 ha reunido a 14 países, incluidos Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Gran Bretaña, Irlanda, Noruega, Países Bajos, Portugal Rumanía, la República Checa, Suecia y Suiza. Finalizó en el año 2003 con la publicación de 2 informes principales y el establecimiento de un banco de donaciones europeo en la página <http://www.iene.info>:

- Trocmé, M. Et al. (Eds.) 2002, COST 341 - Habitat Fragmentation due to transport infrastructure: The European Review. 251 pág. Oficina de Publicaciones oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo, EUR 20721 ISBN 92894 5591 8.

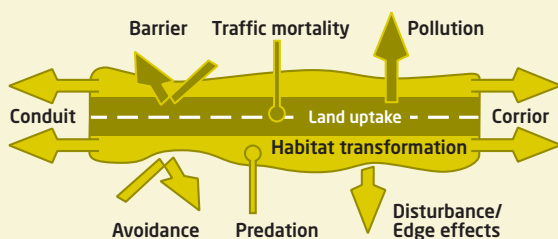
Esta recopilación de los conocimientos actuales se basa en los informes nacionales publicados por los países participantes.

- Luell, B. et al. (Eds.) 2003, Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. Publicaciones KNNV. ISBN 90 5011 186 6.

El manual ofrece recomendaciones técnicas precisas sobre las medidas que permiten evitar o limitar la fragmentación, con los tipos de pasos de fauna, su eficacia y su descripción técnica.

El programa COST 341 se integra dentro de los objetivos de la Estrategia Paneuropea de Diversidad Biológica y Paisajística (Estrategia): la Estrategia exige, entre otras cosas, la integración de las consideraciones en materia de conservación de la diversidad biológica y paisajística en las políticas de los sectores socioeconómicos, entre los que se encuentran los transportes y la gestión de las infraestructuras.

### Impactos de la fragmentación: visión panorámica de la situación europea



Esta imagen (según Van der Zande et al., 1980) muestra que la fragmentación es la suma de los efectos combinados de la pérdida del hábitat natural, la mortalidad, el corte que reduce la conectividad de los hábitats, las perturbaciones y una nueva canalización de los movimientos a lo largo de las infraestructuras. Las infraestructuras influyen en los espacios que atraviesan en un radio importante.

La fragmentación causada por las infraestructuras de transporte ya tiene incidencias significativas sobre las diferentes poblaciones animales en toda Europa, sobre su viabilidad y sobre su capacidad de migración. En general, los batracios pagan el tributo más alto a causa de las carreteras: poblaciones enteras han desaparecido en la mayor parte de los países. Así, en Dinamarca hay estimaciones que indican una mortalidad del orden

de los 250.000 a los 3.086.000 batracios muertos al año en las carreteras (Hansen, 1982 ; Thompsen, 1992 ; Bruun-Schmidt, 1994). Esto no concierne sólo a los países con alta densidad de infraestructuras como los Países Bajos o Bélgica (4,8 Km/Km<sup>2</sup>). También en Suecia, con densidades de 0,3 Km/Km<sup>2</sup>, especies como la nutria (*Lutra lutra*) se ven afectadas por la mortalidad en las carreteras. La red de carreteras secundarias en sus intersecciones con la red hidrográfica es a menudo mortal, los obras de fábrica que encauzan los arroyos no están generalmente adaptados al paso de la fauna pequeña y mediana (OFEFP, 1997). Por otra parte, todas las especies que tienen grandes dominios vitales o que efectúan migraciones estacionales son particularmente sensibles. En Suiza las carreteras son responsables del 51% de la mortalidad de los corzos (*Capreolus capreolus*).

La influencia de la fragmentación de los medios naturales parece no lineal. Existe en general un tamaño crítico para el mantenimiento de una población. No obstante, más allá de esas constataciones, la Acción ha resaltado la escasez de indicadores y modelos que permitan comprender mejor los efectos de la fragmentación y puedan servir de herramientas para el estudio del impacto.

### Minimizar la fragmentación: las soluciones preconizadas

El Manual publicado por la Acción COST 341 recuerda que la primera prioridad debe ser evitar los nuevos cortes en los espacios naturales. El esquema incluido abajo, procedente de una publicación suiza (Kägi, 2002), hace una síntesis de la jerarquía de los enfoques. Esquema

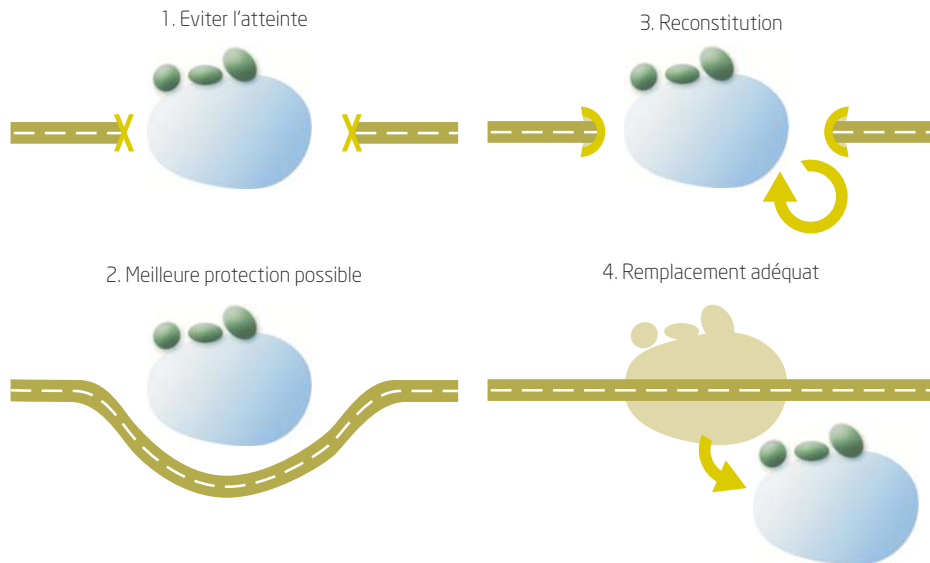
El Manual europeo ofrece un catálogo de medidas que permiten reducir la mortalidad de la fauna a causa de las carreteras y reconstituir la conectividad interrumpida de los espacios.

Los pasos superiores son el blanco de especies exigentes como la liebre, el corzo, el ciervo, que temen el efecto túnel de los pasos inferiores. Las dimensiones varían en función de la topografía, pero a partir de los resultados decepcionantes de los primeros pasos estrechos concebidos en

Ejemplo de un cierre de fauna concebido para el jabalí, el corzo y, en la zona baja, para los batracios. Este cierre impide a los animales acceder a la calzada y los canaliza hacia un paso de fauna (foto de M. Trocmé).



Los pasos inferiores están adaptados especialmente para el mantenimiento de los corredores ecológicos a lo largo de los cursos de agua.



Ejemplo de paso de fauna superior (foto Albert Rohrer)



Francia a finales de los años 70, la mayoría de los países tienden a inclinarse por los pasos de más de 40 metros de largo, cuya efectividad está probada. La Acción COST 341 ha contabilizado más de 120 pasos superiores específicos en Europa.

### Perspectivas

La fragmentación de los espacios naturales está reconocida en toda Europa como un problema prioritario. Es reconfortante constatar que los países de la Europa del Este ya están aplicando las recomendaciones de la Acción COST 341. Los pasos de fauna se integran en los nuevos proyectos de construcción de carreteras.

Otros países, bajo el impulso de la Estrategia paneuropea, desarrollan planes de acción para sanear los cortes actuales. En los Países Bajos, Bélgica, Estonia, Hungría, como en Suiza, los puntos de interferencia entre la red ecológica nacional y las infraestructuras de transporte han sido identificados. Bélgica, los Países Bajos y Suiza han puesto en pie verdaderos programas de defragmentación, previendo la construcción de pasos de fauna en los puntos clave de la red de transporte existente. Se reservan presupuestos especiales cada año para esta cuestión.

El análisis de la situación europea ha delimitado temas y problemas prioritarios en los que se debe profundizar. El mantenimiento de las redes ecológicas funcionales debe convertirse en una

prioridad dentro de cualquier planificación. Los especialistas en fauna deben estar integrados en los proyectos de infraestructuras desde los estudios de las primeras variables. La colaboración multidisciplinar es esencial.

Los impactos secundarios de nuevas infraestructuras de transporte están a menudo subestimados. El desarrollo urbano y la transformación de la agricultura que sobrevienen después de la apertura de un nuevo eje tienen a menudo un impacto tan importante sobre los ecosistemas como la propia infraestructura. Estos aspectos deben ser integrados en los estudios de impacto y con más razón en los estudios de impacto estratégicos, sobre cuya base se hará la elección del modo de transporte o del corredor de desarrollo. Se trata de garantizar a largo plazo la conectividad del paisaje y la perennidad de los corredores de fauna.

Falta un seguimiento sistemático de las medidas tomadas para restablecer la conectividad a lo largo de las infraestructuras de transporte. A veces los pasos se vuelven ineficaces a causa de los depósitos intempestivos o por una utilización inapropiada. Cuando se realizan controles, los resultados son raramente publicados, lo que tiene como consecuencia que se repitan los mismos errores inútilmente antes de ser corregidos.

## Bibliografía

> Bruun-Schmidt J. (1994) *Trafikdræbte dyr*. Specialerapport. Odense Universitet.

> Hansen, L. (1982) Road kills in Denmark (en danés con una síntesis en inglés). *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift* 76, 97-110.

> Harwood, R., Hilbourne, S., et al. (1992) *Ever Increasing Circles: The impact and effectiveness of the M25 plan*. RSNL, The Wildlife Trusts Partnership

> Kägi, B.; Stalder, A.; Thommen, M. (2002) *Reconstitution et remplacement en protection de la nature et du paysage*. Guide de l'environnement No 11, Office fédéral de l'environnement des forêts et du paysage, Berne.

> OFEFP (1997) *Idée No 23 Voutâges adaptés aux besoins de la faune dans Cahier de l'environnement No 281 Idées spécifiques pour la nature et le paysage: 1ère série, textes intégraux*. 300 p. OCFIM 310.131f

> Thomsen, K. (1992) *Projekt vildtregistrering. Rapport udarbejdet for Falck*. Danmark.

> Trocmé, M. et al. (Eds.) 2002. *COST 341 -Habitat Fragmentation due to transport infrastructure: The European Review*. 251 pp. Office for official Publications of the European Communities, Luxembourg, EUR 20721

> Van der Zande, A.N., Ter Keurs, W.J and Van der Weiden, W.J. (1980) *The impact of roads on the densities of four bird species in open field habitats - evidence of a long-distance effect*. *Biol.Conserv.* 18, 229-321



123



---

**CRISTOFOL JORDÀ I SANUY**

Problemática actual en la eficacia de las medidas correctoras  
en proyectos de obras lineales

## CRISTOFOL JORDÁ I SANUY

Asesor del Director General de IBERINSA en temas ambientales

### Problemática actual en la eficacia de las medidas correctoras en proyectos de obras lineales

En un principio, y por indicación de Santiago Hernández, pensé en exponer en estas Jornadas un ejemplo de medidas correctoras y su actual problemática relacionada con una carretera que atraviesa un espacio natural metropolitano en el área de Barcelona: la Sierra de Coixerola – los accesos al túnel de Vallvidriera, concretamente. La virtud de esta obra es que se terminó, se inauguró y entró en funcionamiento en el año 91 y que, por lo tanto, la eficacia o el fracaso de sus medidas correctoras se puede observar con una distancia que ya permite sacar conclusiones a medio plazo. Sin embargo, hablando con Santiago y viendo que ya había en el programa una importante cantidad de muy buenos ejemplos de carreteras que atraviesan espacios naturales y que, por una parte, todos ellos tenían un denominador común de medidas comunes, siendo a la vez muy interesante observar los matices y las particularidades de cada uno, decidimos que era preferible que mi comunicación versara sobre una serie de puntos en común que he ido detectando y que evitan el adecuado funcionamiento de las técnicas aplicadas para la disminución del impacto ambiental de las obras públicas lineales en espacios naturales y fuera de ellos.

Desde que entró en vigor la normativa sobre impacto ambiental, venimos hablando de una serie de conceptos con mucha fluidez, pero no nos hemos parado a hacer una reflexión a medio plazo de hasta qué punto estamos teniendo un feedback correcto de cuáles están funcionando, de cuáles no y por qué.

Actualmente yo trabajo en una empresa privada, pero aclararé que a lo largo de estos años he tenido la ventaja de haberme podido colocar en muchos de los sitios de esta mesa. He estado en la administración autonómica medioambiental, he estado en el Ministerio de Fomento, en la empresa pública y ahora en la empresa privada.

Hace poco tiempo, cometí por ignorancia el error de felicitar a un amigo que es aviador militar por su ascenso a coronel, y él rápidamente me corrigió diciendo que un coronel es un cadete que no se muere y que no se pasa a Iberia. Pues aquí ocurre algo parecido, si desde el año 88 trabajo en este campo, he podido ser testigo de su evolución, así pues me voy a limitar a comentar cuáles son los problemas que, desgraciadamente, siguen perdurando.

Si el objetivo es la disminución del impacto ambiental de la obra lineal, de las infraestructuras, todos estamos de acuerdo en que hay una secuencia lógica para evitar que éste se produzca mediante la aplicación de medidas preventivas, y para corregirlo o compensarlo a posteriori. Sin embargo, si tuviéramos que ponernos de acuerdo en qué porcentaje de eficacia atribuir a cada una de estas fases, yo diría que las tres cuartas partes de esa eficacia están en la mesa del trazadista o en la toma de decisiones políticas. Del 25% restante, un 20% quedaría en la fase de replanteo de la obra, es decir, antes de que el contratista empiece a tocar nada, y un 5% en la ejecución y en las medidas correctoras. Esto puede parecer exagerado, pero sólo lo es moderadamente y me explicaré.

El 75% de la eficacia que yo atribuyo a la fase de proyecto está relacionado con la posibilidad de evitar el paso de la obra por zonas sensibles. Antes comentaba con buen criterio un compañero de mesa que debemos tomar una serie de medidas muy especiales cuando estamos atravesando un espacio natural, pero la primera es intentar no atravesar aquello que no es imprescindible atravesar, y esto es algo muy obvio pero que no siempre sucede. En el caso de grandes espacios naturales tiene que haber una necesidad realmente muy constatada para poder pasar a través de ellos, pero en el de pequeños espacios,

sobre todo si no tienen aún un reconocimiento real, evidentemente existen muchos ejemplos de que se cruzan pudiéndose evitar.

El tema del replanteo es un tema al que se da relativamente poca importancia pero que permite incidir en multitud de impactos para que no lleguen a producirse. Y lo cierto es que el conjunto de técnicos, tanto de empresas que nos dedicamos a esto como de administraciones ambientales o de gente responsable de cuestiones ambientales en administraciones que se dedican a la construcción de infraestructuras, tiene una capacidad de incidencia desgraciadamente muy reducida en la primera y la segunda etapa. Hoy contamos con varios ejemplos en los que sí se da una gran incidencia, una gran capacidad de intervención de los técnicos, porque se están atravesando espacios naturales emblemáticos, pero esto no es habitual en el resto del territorio. Esta poca capacidad de influencia nos lleva a concentrar nuestros esfuerzos en las medidas correctoras y, como veíamos antes, esto provoca serios problemas en el resultado final.

Uno de los principales problemas que tenemos para incidir en estos puntos es que no existe un consenso, ni siquiera a nivel europeo, sobre la metodología de evaluación. Llevamos muchos años evaluando impactos y ni siquiera dentro de una misma empresa encontraremos opiniones concordantes acerca de muchos aspectos de este trabajo. Más que una metodología lo que encontramos en muchos sitios es una relación de puntos que se deben tocar a la hora de realizar la evaluación, pero de ahí raramente se pasa. El no poder ponernos de acuerdo sobre a qué dar más importancia o sobre cómo valorar los impactos, nos lleva también muchas veces a focalizar el esfuerzo en las medidas que se han de aplicar y en hacer lo que sabemos hacer muy bien muchos técnicos, que es inventar, proyectar, mover metros cúbicos de tierra vegetal de un lado para otro, hacer unos presupuestos muy bien hechos, con una serie de unidades de plantación, pero a la hora de la verdad, cuando hay que evaluar y decidir el trazado de la carretera, resulta muy difícil no teniendo una metodología ampliamente consensuada. Tampoco existe desgraciadamente tradición en el control del replanteo al que antes aludía.

¿Por qué es tan importante? Bueno, pues sabed que en muchas obras se contrata la asistencia técnica ambiental, o la dirección ambiental de obra según la terminología del Ministerio de Medio Ambiente, cuando la obra acaba de empezar, y los responsables piensan que no tiene importancia, porque "para las plantaciones aún falta mucho...". Esto es una muestra de la ignorancia general porque realmente lo más importante es recorrer el trazado con el contratista y con el director de obra, con todo el equipo de dirección de obra, y estudiar por dónde va a acceder el contratista, dónde va a montar sus parques de maquinaria, sus acopios, dónde va a obtener los préstamos de materiales, si la obra es deficitaria, o dónde instalará los vertederos, si la obra es excedentaria, y todo esto no viene casi nunca reflejado en el proyecto. Una vez replanteado todo ello, nos podemos encontrar con que las medidas correctoras realmente sean muy sencillas.

Para poner un ejemplo de hasta qué punto esto es importante, podríamos hablar de una obra grande.

La línea de alta velocidad a su paso por los Monegros tiene una tasa de afección del territorio de 1 a 4, esto significa que, para cada metro de plataforma, contando la plataforma de vía y balasto más desmontes y terraplenes, afectaríamos tres metros más. Y ¿por qué? Porque hay caminos de servicio para todo, porque es una zona con unas características geotécnicas malísimas que hacen que muchos o casi todos los materiales que se excavan y que tienen un alto contenido en yeso, no se puedan utilizar para los terraplenes y haya que buscar vertederos, y paralelamente haya que buscar una serie de puntos donde extraer material apto para el terraplenado. Al final, si echamos la cuenta vemos que de 4 metros de afección del territorio, 3 van en lo que no tiene importancia o en lo que nadie ha pensado en replantar o que como mucho te encuentras alguna partida alzada.

Respecto a la aplicación de medidas correctoras ya existe una cierta tradición, si bien lo que nos faltaría, o en lo que habría que poner más el acento, en mi opinión, es en el seguimiento de su funcionamiento que permita obtener un feedback, una retroalimentación que nos informe de cuáles de ellas han sido eficientes a parte de eficaces. Hoy en día la técnica permite conseguir la

implantación de capas de herbosas prácticamente hasta en una bionda, si nos empeñamos y pagamos lo suficiente. Y entonces hay que ver si estas replantaciones tienen la eficiencia adecuada o si lo que falla es la propia eficacia, es decir, si conseguimos o no que las medidas correctoras tengan un funcionamiento correcto. Cuando la obra – la carretera, el ferrocarril, el canal – entra en servicio, hay un mantenimiento de la obra, pero no suele haber un mantenimiento de las medidas correctoras. Como mucho, puede haber conteos de atropellos en carreteras en casos muy esporádicos, pero si los pasos de fauna al cabo de tres años están aterrados porque ha habido una mayor escorrentía, o si se ha dado una mortandad de las plantaciones que se han hecho y no se ha realizado una reposición, eso normalmente no es habitual observarlo. Las medidas correctoras se repiten monótonamente en las declaraciones de impacto y muy pocas veces se lleva a cabo un ejercicio de pensar cuál es realmente el nivel de adecuación de esa medida correctora que estamos señalando a las necesidades de la obra.

Hay declaraciones de impacto que contemplan aspectos que, quince años después, se comprueba que no sirven para nada. Pondré un ejemplo: muchas veces se hace hincapié en que las pilas, los montones de tierra vegetal, no superen una determinada altura. Esto, en el caso de una tierra vegetal con una riqueza en materia orgánica importante o que podamos extraerla manteniendo una cierta estructura, está muy bien agrónomicamente hablando. Pero las condiciones de obra casi nunca permiten estas florituras y hay ejemplos de taludes en los que ha funcionado muy bien la revegetación, con tierra vegetal que se había acopiado en montones de 10 metros de altura sin que ocurriera nada. Sin embargo, muchas veces se siguen más estas cuestiones porque son fácilmente visibles y cuantificables que otras en las que ya entraríamos en el ámbito de la discusión.

Esta falta de feedback también nos lleva a lo complicado que es a veces adaptar los proyectos de integración ambiental a la aparición de las nuevas tecnologías. La discusión sobre cómo deben ser en un proyecto las tolerancias en cuanto a pendientes, desmontes, terraplenes, ha tenido en cuenta durante muchos años una serie de

parámetros. Las carreteras se construyen de una forma variable pero, realmente, cada vez más los requerimientos, tanto en carreteras como en ferrocarriles, van en aumento y cuando hablamos ya con una facilidad pasmosa de radios no de 40 metros sino de 4.000 o de 7.000 o de 8.000 metros, muchas de las cosas que estamos acostumbrados a hacer resultan imposibles o no sirven y nos obligan a desarrollar entre todos ese espíritu de colaboración entre el especialista, el ingeniero que está trabajando en su carretera o en su vía ferroviaria y el especialista en medio ambiente. Si nos limitamos a hacer el “corta y pega” realmente el fracaso está casi asegurado.

Con todo esto, ¿qué se puede hacer? Una cosa bastante interesante, no por novedosa sino porque mucha gente está empezando a planteárselo como una necesidad desde las administraciones que ejecutan obras públicas, es la elaboración de protocolos de criterios ambientales que se puedan consensuar entre la administración ambiental y la administración sustantiva. Es decir, preguntarnos cómo nos planteamos que van a ser nuestras carreteras a partir de mañana desde el punto de vista del medio ambiente, y esto redactarlo, consensuarlo, después de las aproximaciones necesarias, y colgarlo en la red, de tal manera que a nadie se le ocurra ya plantear una solución a un problema de infraestructuras que no encaje con esa especie de estándar medioambiental de la comunidad autónoma o el estado en cuestión.

Este tipo de mecanismo contribuye a superar un problema que tenemos en medio ambiente: la falta de historia a largo plazo. En una obra pública, la parte medioambiental tiene sana envidia del que trabaja en la parte constructiva, porque el que está en la parte constructiva tiene muchas herramientas a su alcance que nadie le discute. Cuando un director de obra recibe un terraplén, no discute con el contratista, manda a un señor a hacer un determinado ensayo que desde hace años se hace siempre de la misma manera. El señor va con su taburete, hace su proptor y si el resultado no es el necesario, se le exige al contratista que vuelva a compactar, que riegue y se acaba la discusión. Ante una hidrosiembra las discusiones pueden ser bizantinas y durar una semana y al final se solucionan a base de trueques: yo pago esto, tú rehaces aquello. Y al



final uno se pregunta qué ensayos tenemos a nuestra disposición, aceptados por todo el mundo, para poder decidir si se acepta como buena una hidrosiembra o no. La verdad es que poquísimos, hay muy poquita experiencia y ésta es una de las realidades que es interesante cambiar, sobre todo desde las administraciones ambientales. Hace falta este cambio, avanzar en las metodologías, evitar las ambigüedades y los términos valorativos.

Se dice que la Directiva de Hábitats refleja muy bien cuándo hay que adoptar medidas compensatorias. Pues de entrada dice que sólo se puede afectar un LIC si se trata de una obra que se realiza por razones imperiosas de interés público de primer orden. ¿Cómo sé yo si mi obra es de primer orden o de segundo o de tercero, o si las razones son imperiosas o semi-imperiosas? Esto acaba siendo siempre una imposición del estado, si toma una postura de fuerza, y si no, acaba siendo una discusión sobre medidas compensatorias ya por las buenas. Hay situaciones y situaciones y hay obras de propiedad privada que no tienen ningún interés público pero sobre las que existe mucho interés político por que se realicen y acaban realizándose, dentro o fuera de

un LIC. En cuanto a los términos valorativos, aún arrastramos indefiniciones como la que dice que un ferrocarril debe realizar valoración de impacto cuando sea de largo recorrido y en el caso de una presa cuando sea una gran presa. El reglamento de obras hidráulicas especifica que de 14 metros para arriba es una gran presa, de 14 metros para abajo no, pero un ferrocarril de largo recorrido puede ser a partir de 1 amstrong de distancia hasta 1 año luz. En este punto el técnico de medio ambiente no suele tener una gran posibilidad de incidir.

Para terminar, comentar que todo esto que he repasado muy sucinta y muy rápidamente nos lleva a la necesidad de celebrar Jornadas como éstas. Me gustaría asistir a la celebración de las Segundas, Terceras, Cuartas Jornadas sobre este tema, y que en ellas se incluyeran no sólo ejemplos de que cuando de verdad se quiere las cosas se pueden hacer bien, sino también casos de verdaderos desastres, para analizar por qué en ellos no se hizo como en Constantina o en cualquier otro sitio. Creo que sería también una forma muy interesante de aprender desde la otra vertiente.



14



---

**RAFAEL HERNÁNDEZ MANCHA**

Análisis de las Afecciones de la Autovía Ruta de la Plata al Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche y sus medidas compensatorias

## RAFAEL HERNÁNDEZ MANCHA

Director Conservador del Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía

### Análisis de las Afecciones de la Autovía Ruta de la Plata al Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche y sus medidas compensatorias

#### 1.- Presentación

La Vía o Ruta de la Plata es un itinerario que discurre Norte - Sur por el tercio oeste de la Península Ibérica que desde antiguo conecta el Mar Cantábrico con el Río Guadalquivir, único río navegable de la Península.

Muchas son las teorías y las explicaciones que podemos encontrar sobre el significado y la etimología del término "La Plata" que prosigue al nombre de "Vía", "Calzada" o "Ruta". Lo que parece claro es que el término "Plata" nada tiene que ver con el preciado metal. Modernas investigaciones se inclinan por una etimología latina (platea = vía pública) o griega (platys = ancho). Más ajustada a la realidad, sin embargo, parece ser la raíz árabe del término, la expresión "balata", camino empedrado, el origen del nombre actual, al que se ha llegado por evolución fonética (D.E.L.C. COROMINAS, 1957).

El itinerario original de la Ruta de la Plata parece relacionado con las migraciones estacionales norte-sur de la fauna silvestre y posteriormente del ganado trashumante. El itinerario se afianzó con la construcción de la calzada romana (s. II a. C.), constituyendo desde ese momento la principal vía de comunicaciones de las regiones por las que transcurre hasta bien entrado el s. XIX. De época romana perduran a lo largo de lo que fuera la calzada, numerosos restos como empedrados del pavimento, miliarios (rollos graníticos que indican las millas) y mansíos (lugares para el descanso de los viajeros), algunos de los cuales han dado lugar a poblaciones (tal vez sea el caso de Santa Olalla del Cala en el PNSAPA).

La Vía de la Plata se utilizó también masivamente por musulmanes y cristianos en la Edad Media, tanto para comerciar como durante las luchas por las tierras de la meseta.

Durante el período de apogeo de la Mesta, la Cañada Real de la Plata (o La Vizana) se situó parcialmente sobre la propia calzada romana, siendo utilizada masivamente para el traslado de ganado, hasta la aparición del ferrocarril y la carretera.

La actual Carretera Nacional 630 apenas dista del trazado que siguiera la calzada romana, cuya funcionalidad para las regiones del centro oeste peninsular se ha mantenido hasta nuestros días.

Con esta ponencia en las Jornadas Internacionales sobre Infraestructuras Viarias en Espacios Naturales Protegidos, se pretenden exponer en detalle las obras de la Autovía Ruta de la Plata a su paso por el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche, y el modo en que afectarán a sus ecosistemas naturales, además de proponer medidas compensatorias de carácter medio ambiental que contrarresten el daño causado.

En el extremo Occidental de Sierra Morena, el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche (PNSAPA) actúa como nexo y continuidad natural del corredor ecológico formado por las dehesas de Sierra Morena en dirección este-oeste, y como límite administrativo y frontera entre el Valle del Guadalquivir y la submeseta extremeña en dirección norte-sur.

Mientras que desde el punto de vista ecológico el PNSAPA es un corredor natural o una vía verde, para las comunicaciones viarias es obstáculo, una dificultad que debe ser salvada para facilitar la conexión por carretera N-S, en paralelo con la Frontera Portuguesa.

La Autovía Ruta de la Plata que tiene por objeto vertebrar el territorio Occidental de España y dar salida con puerto de mar a Extremadura, está obligada a atravesar el Parque Natural Sierra de

Aracena y Picos de Aroche en un tramo de algo más de 20 km. en el término municipal de Santa Olalla del Cala. Pero la obra humana, transformación de la actual Carretera Nacional 630 en Autovía, puede llegar a romper el corredor natural o vía verde de los sistemas ecológicos de Sierra Morena, declarados Reserva de la Biosfera por la UNESCO en 2002.

La transposición al Estado Español de la Directiva Hábitat, a través del Real Decreto 97/95, pretende evitar que las mejoras en infraestructuras rompan los sistemas ecológicos naturales existentes en el territorio a través de la puesta en marcha de una serie de medidas encuadradas en dos categorías: medidas correctoras y medidas compensatorias.

Las Medidas Correctoras de la Autovía Ruta de la Plata se encuentran incluidas en la Declaración de Impacto Ambiental de dicha autovía publicada mediante Resolución de 8 de Abril de 1997 (BOE nº 150 de 24 Junio 1997). No así las Medidas Compensatorias, que no aparecen hasta la fecha en ninguna resolución oficial.

## 2.- Metodología

La metodología desarrollada para la elaboración de las Análisis de las Afecciones de la Autovía Ruta de la Plata al Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche y sus Medidas Compensatorias hace referencia al conjunto de herramientas y procedimientos que se han utilizado para la adquisición de conocimientos sobre la situación actual de los diferentes recursos del Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche, del trazado de la Autovía de Ruta de la Plata, de la generación de información cartográfica y del análisis de sus afecciones al PNSAPA.

El primer paso seguido metodológicamente ha consistido en la elaboración de una caracterización sobre la situación actual de los sistemas naturales del PNSAPA, que permite obtener una idea muy aproximada de la afección de la obra de la Autovía sobre el PNSAPA.

La metodología adoptada para la elaboración del presente trabajo se ha basado en los diferentes enfoques y multidisciplinariedad que caracteriza

el Análisis Geográfico Regional, tanto por los distintos tipos de elementos, sistemas territoriales y metodología de representación cartográfica, como por la gran diversidad de fuentes utilizadas y la apertura hacia novedosos tratamientos de la información para poder conseguir los fines marcados.

La metodología diseñada para la elaboración del diagnóstico tiene una doble vertiente: metodología genérica y metodología específica.

### Metodología genérica

La metodología general está basada en aquellas herramientas básicas que han servido para la recopilación de información sectorial y que corresponden a una primera fase del trabajo, abarcando tanto aquellas fuentes de carácter documental y bibliográfico, como aquella otra información de carácter cualitativo, extraída a partir del conocimiento sobre la gestión del Parque Natural así como de los diversos colectivos sociales implicados en su uso y gestión.

Fuentes documentales:

- Censos, inventarios, guías y catálogos.
- Bibliografía y bases de datos.
- Planos, cartografía y fotografías.
- Declaración de Impacto Ambiental, legislación sectorial.
- Actas y diagnósticos desarrollados por los diferentes agentes que intervienen en el Parque.
- Estadísticas elaboradas por organismos con competencias sectoriales.
- Otros Planes, como son los Planes de Desarrollo Rural, de ordenación territorial, planeamiento urbano, turístico y agroganadero, Planes estratégicos de desarrollo económico, Memorias anuales de la Junta Rectora del Parque Natural, etc.
- Legislación sectorial que afecta a los diferentes recursos del territorio.

### Metodología específica

Para el análisis y valoración de la situación real del Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche, así como de las afecciones e impacto ambiental de la infraestructura de referencia, se ha desarrollado una metodología específica consistente en la recopilación de una serie de datos sobre los recursos naturales del mismo, los

cuales proporcionan información suficiente como para obtener criterios de la afección al territorio.

La recopilación de toda la información pasa por su captura, almacenamiento y organización dentro de un Sistema de Información Geográfica (S.I.G.); así como la generación, a partir de este S.I.G., de nuevas fuentes de información.

En este apartado se realiza la descripción de la metodología seguida, en la cual se exponen los procedimientos para las operaciones de toma de información, almacenamiento y organización de la misma y generación de nuevas fuentes de información. Estas operaciones se dividen de la siguiente forma:

- Digitalización de la información geográfica.
- Almacenamiento de la información temática en formato digital.
- Generación de información no disponible.
- Composición y organización de la información digital generada en un S.I.G.

#### **Fuentes de información primaria o fuentes de partida**

La representación de la superficie terrestre ha sido abordada en el presente documento a partir de la Ortofoto Digital de España del Sistema de Información Geográfica del Olivar del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, (SIG Oleícola del MAPYA, [http://w3.mapya.es/dinatierra\\_v3/](http://w3.mapya.es/dinatierra_v3/)).

La delimitación cartográfica del Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche, se ha obtenido a partir del Modelo Digital de Elevaciones de Andalucía de resolución 20 m. (Dirección General de Planificación. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 1998) así como los límites del Parque Natural digitalizado, corregido y vectorizado.

Los planos digitalizados de las obras proyectadas para la Autovía Ruta de la Plata se han obtenido a partir de las aportaciones realizadas por las consultorías adjudicatarias del Estudio de Impacto Ambiental: Planos digitalizados de las obras del Proyecto de construcción de la Autovía Ruta de la Plata, CN-630 de Gijón a Sevilla, tramo Límite Provincial de Badajoz- Venta del Alto, subtramo Santa Olalla Sur - Límite Provincial de Sevilla (GETINSA), y subtramo Santa Olalla Norte - Límite

Provincial de Badajoz (GINPROSA).

Para el análisis de las afecciones a los sistemas de vegetación, se ha utilizado el Mapa de vegetación del Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche (Dirección General de Planificación. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía); en dicho trabajo se delimitaron una serie de unidades cartográficas de vegetación en función de las comunidades vegetales diferenciadas, así como las Series de Vegetación que se habían reconocido en el tramo del Parque Natural afectado por las obras. A partir de este trabajo, se ha realizado una reclasificación de estas unidades partiendo de las unidades de vegetación establecidas en el Mapa Forestal de España (Ruiz de la Torre J., 1990) en el II Inventario Forestal Nacional, definidas en el Anejo 2 de vegetación. Esta reclasificación se ha basado en las series de vegetación descritas para cada unidad cartográfica, comunidades vegetales diferenciadas, grado de cobertura de cada estrato, así como la fracción de cabida cubierta (fcc) calculada para cada unidad o tesela de vegetación a partir de la ortofoto pancromática, calculada esta fcc mediante el módulo GRID de ARC/INFO.

#### **Generación de nueva información cartográfica**

A partir de las entradas descritas, se ha generado en ARC/INFO otro modelo digital con coordenadas correctas, consistente en la superposición georreferenciada de los planos de las obras proyectadas sobre la ortofoto digital y sobre el mapa de vegetación del PNSAPA, lo que ha permitido la obtención de la información cartográfica precisa acerca de las afecciones de la obra a los sistemas naturales, así como la obtención de las mediciones que a continuación se exponen y sus diferentes análisis.

La obtención de la medición de la superficie afectada se ha realizado mediante el marcaje de las líneas exteriores de taludes y obras de explanación de la obra de la autovía y la inclusión en una de sus versiones de un área de influencia externa de 250 m, a partir de los planos digitales antes descritos.

El recuento de los ejemplares de quercíneas afectados por las obras se ha realizado de modo manual colocando un punto de referencia sobre

los ejemplares incluidos en la demarcación de la obra proyectada en el formato de superposición digital de los planos del trazado sobre la ortofoto digital.

### 3.- Vertebración Territorial y Ruptura del Corredor Natural de Sierra Morena

#### 3.1.- La Autovía Ruta de la Plata en la Red Viaria Nacional

La función que desempeña la propuesta de conversión de la Carretera N-630 en Autovía es la conexión estratégica por medio de una vía rápida de todo el oeste peninsular en una línea intermedia entre la costa portuguesa y el eje N-S que atraviesa España por Madrid.

La Autovía Ruta de la Plata representa un eje fundamental para el desarrollo del oeste español, territorios ocupados por zonas periféricas dentro de la Unión Europea, fronteras con Portugal y con índices de desarrollo medios o bajo,

pertenecientes a cuatro comunidades autónomas españolas: Andalucía, Extremadura, Castilla-León y Asturias.

La Autovía Ruta de la Plata tiene un recorrido total previsto de 657,8 Km., de los que se encuentran finalizados (11/07/02) sólo 32,2 Km. en el tramo Almendralejo- Zafra. Están en obra 193,2 km. y en 432,4 km. no han comenzado las obras. Si bien la previsión estima que la obra pueda estar finalizada para finales de la presente década, parece difícil que ello pueda ser así.

El Ministerio de Fomento, en su Plan de Carreteras prevé la creación de una Red de Carreteras de Gran Capacidad para el Siglo XXI, incluyendo en su página web:

“España dispondrá de una completa Red de Vías de Gran Capacidad que pasará de los 8.000 kilómetros actuales a más de 13.000 kilómetros, convirtiéndose en una de las más modernas de



toda Europa hacia el umbral del 2010. El objetivo es completar el mallado de la red de gran capacidad de manera que todas las capitales de provincia y las principales poblaciones queden insertas en la misma, con el fin de conseguir un mayor equilibrio y una mejor distribución territorial. El programa plantea las siguientes prioridades:

- Actuación sobre los tramos de cierre de la red de autopistas y autovías existentes.
- Intervención en tramos con elevada intensidad de tráfico.
- Desarrollo de nuevos itinerarios que doten a la red de carreteras con una estructura más mallada y que contribuya a su integración en la red de carreteras transeuropeas.

Entre las principales actuaciones previstas en las Vías de Gran Capacidad destacan la Autovía del Cantábrico, Villaviciosa-Oviedo-Salas, de la Plata, Sagunto-Aragón, Cantabria-La Meseta, la del Mediterráneo, de Castilla, Bailén-Motril, Ciudad Real, Castilla-La Mancha, Córdoba-Antequera, del Duero, Transversal de Cataluña, Palencia-Benavente y Ávila-Salamanca.

Además entre el periodo 2000-2010 está previsto actuar sobre los siguientes ejes: Huesca-Pamplona, Pamplona-Logroño, Ciudad Real-Badajoz, Cuenca-Teruel, Font de la Higuera (A3)-Murcia, Orense-Lugo y su conexión con Santiago de Compostela. Junto a estas actuaciones se acometerán las conexiones con Portugal a través de Zamora y Sevilla y las de Francia por Viella, Somport, Navarra y Puymaurin-Cadí. " (<http://www.mfom.es/> 2002)

La Autovía Ruta de la Plata tiene una longitud prevista de 530,7 Km. y un presupuesto de 1.300 Millones de Euros (215.381 millones ptas.), lo que la coloca en la de mayor longitud y presupuesto de las previstas en Red de Carreteras de Gran Capacidad 2000-07.

La falta de estructura y coherencia del sistema relacional español en su mitad oeste resulta fácil de comprobar:

La configuración de la malla viaria española se muestra con claridad descompensada a su paso por el Centro Oeste peninsular, en especial por Extremadura, a pesar de su extenso territorio. En

la actualidad sólo existe una vía rápida que atraviese a la región Extremeña: la Autovía Madrid-Lisboa, diseñada para comunicar las capitales nacionales de la Península Ibérica, que además comunica la capital autonómica (Mérida) con la capital provincial y principal núcleo de población de la región (Badajoz).

La línea de Ferrocarril Zafra-Huelva es la única alternativa posible dentro del Estado Español, para el transporte de mercancías hasta un puerto de mar desde Extremadura. Pero se trata de una línea obsoleta, sin la mínima inversión en mejora de trazado y estructuras ferroviarias. La línea férrea Zafra-Huelva es más una reliquia histórica de medios de transportes del pasado, que una alternativa a la salida de mercancías de Extremadura por la N-630, debido a la falta de voluntad política de los gobiernos estatales por apostar por la renovación de este medio de transporte.

El déficit histórico y la ausencia de alternativas al transporte marítimo desde Extremadura (salvo la línea antes mencionada), se manifiestan aún hoy en un intenso tráfico de mercancías por carretera a través de la N-630, único eje de articulación viaria de la región.

En el Título XII del Tratado de Maastricht se definen las Redes Transeuropeas, como "aquellas Carreteras de Gran Capacidad que conectarán territorios aislados de la Unión Europea". La Autovía Ruta de la Plata tiene por objeto sacar de su aislamiento y dar cohesión económica y territorial a las regiones de la mitad oeste de España. La Autovía Ruta de la Plata posee dos tramos bien diferenciados: El tramo norte que conectará el interior de Castilla-León con Gijón y el Mar Cantábrico, y el tramo sur, sobre el que nos centraremos, que conectará Extremadura con Sevilla. El enlace a partir de Sevilla con otras Vías Rápidas y Carreteras de Gran Capacidad servirá para que los elementos del sistema urbano-territorial del suroeste peninsular queden conectados al resto del sistema viario europeo y a otros sistemas de transporte como el marítimo (Puerto de Sevilla y Algeciras) y aéreo (Aeropuertos de Sevilla o Málaga), además de su conexión con el sistema ferroviario en Sevilla en especial con el tren de Alta Velocidad (AVE).



### 3.2.- El corredor natural de Sierra Morena

La cordillera de Sierra Morena está formada por una unidad geomorfológica de media montaña de gran homogeneidad paisajística debido a la combinación de sus características geográficas y del aprovechamiento de la dehesa como recurso productivo.

El Comité M & B de la UNESCO ha declarado en su reunión París de Noviembre de 2002 la Reserva de la Biosfera de las Dehesas de Sierra Morena, tomando precisamente como referente la unidad de su medio físico y del aprovechamiento de los recursos naturales a través de la Dehesa.

La Dehesa es por tanto el elemento sistémico natural sobre el que analizar la importancia del corredor ecológico de Sierra Morena.

Del mismo modo que las Carreteras de Gran Capacidad sirven para el transporte de personas y mercancías en el Sistema Urbano Relacional, las dehesas de Sierra Morena representan la vía de conexión para las especies naturales que con su riqueza y biodiversidad han dado sentido a la declaración del Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche en Huelva, al Parque Natural

Sierra Norte en Sevilla y a la propuesta de Reserva de la Biosfera de las Dehesas de Sierra Morena, que además de incluir a los anteriores, abarca al Parque Natural Sierra de Hornachuelos.

No debemos caer en la simpleza de pensar que Sierra Morena sólo ocupa los espacios naturales protegidos de Andalucía y que el Corredor Natural de Sierra Morena lo forman únicamente dichos espacios protegidos. Sierra Morena se extiende tanto en Castilla-La Mancha como en Extremadura, suponiendo un complemento importante para este corredor natural al norte. Sin embargo, la inexistencia de figuras de protección en estas comunidades y sobre todo en el tramo de la Autovía Ruta de la Plata en su área de Sierra Morena en Extremadura, restringe la existencia de medidas compensatorias al Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche, que actúa como garante de la permeabilidad de todo el corredor hacia occidente.

La importancia del Corredor Natural de Sierra Morena es significativa en el caso de las especies de fauna vertebrada amenazada, que más tarde se describirán en la caracterización del PNSAPA.

## 4.- El parque natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche

### 4.1.- Caracterización

El Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche se localiza al norte de la provincia de Huelva, limita al Norte con Badajoz, con Sevilla al Este y con Portugal al Oeste. Con sus 186.884 has. de superficie (+ del 20 % de la superficie provincial) es en extensión el segundo Parque Natural de Andalucía tras el Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas y uno de los mayores de España y Europa. Fue declarado Espacio Natural Protegido mediante la Ley 2/ 89, y Reserva de la Biosfera de Las Dehesas de Sierra Morena por el Comité M&B de la UNESCO el 7 de Noviembre de 2002, junto a los Parques Naturales de Sierra Norte en Sevilla y Hornachuelos en Córdoba.

Las altitudes oscilan entre los 500 y los 700 m. El Castañar domina en la parte central y sur en las áreas de mayor altitud, mientras que la dehesa es el paisaje dominante en los extremos oriental y occidental.

El PNSAPA abarca 28 términos municipales, de los cuales 20 se incluyen totalmente en el Parque Natural y 8 quedan integrados parcialmente. Estos términos municipales, junto con el porcentaje incluido en este espacio protegido y su significado respecto del total de tierras bajo el régimen de protección del Parque Natural quedan reflejados en la siguiente tabla:

**TABLA 1**

Porcentajes de superficie por municipios

Municipios	Superficie aproximada en el Parque Natural (ha)	% incluido en el Parque Natural	% sobre el total del Parque Natural
Alájar	4.123	100	2,230
Almonaster la Real	2.496	6.31	1,350
Aracena	10.557	57.8	5,710
Aroche	15.032	30.5	8,130
Arroyomolinos de León	8.635	100	4,670
Cala	8412	100	4,550
Cañaveral de León	3.550	100	1,920
Castaño del Robledo	1.276	100	0,690
Corteconcepción	4.890	100	2,650
Cortegana	4.290	24.9	2,320
Cortelazor	4.012	100	2,170
Cumbres de Enmedio	1.350	100	0,730
Cumbres de San Bartolomé	14.440	100	7,810
Cumbres Mayores	12.184	100	6,590
Encinasola	17.750	100	9,600
Fuenteheridos	1.091	100	0,590
Galaroza	2.200	100	1,190
Higuera de la Sierra	1.535	65.0	0,830
Hinojales	2.662	100	1,440
Jabugo	2.460	100	1,330
La Nava	6.157	100	3,330
Linares de la Sierra	2.662	92.8	1,440
Los Marines	1.017	100	0,550
Puerto Moral	1.960	100	1,060
Santa Ana la Real	1.960	73.9	1,060
Santa Olalla del Cala	19.136	100	10,350
Valdelarco	1.462	100	0,790
Zufre	27.585	80.9	14,920

## 4.2.- Clima

La climatología de este espacio presenta valores relativamente suaves dentro de los límites del mismo, como corresponde a la zona geográfica donde se ubica. Y esto es así por su cercanía al océano Atlántico, lo cual influye en el régimen de temperaturas y precipitaciones.

Además, el extenso territorio que ocupa el área, hace que a nivel mesoclimático se puedan encontrar diferencias o variaciones entre los distintos puntos del mismo, pudiéndose distinguir una zona central de temperaturas más suaves y mayores precipitaciones y el resto del Parque Natural, con temperaturas más contrastadas y menores precipitaciones, generando una diferenciación climática dentro de este espacio protegido.

De la red de estaciones que existen en el área de estudio, se han seleccionado las que se consideran más representativas, que son las que se muestran a continuación:

**TABLA 2**

Estaciones meteorológicas P. N. Sierra de Aracena y Picos de Aroche

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología

Estación	Código	Longitud	Latitud	Altitud	Tipos de datos	Serie de datos
Alájar	4560	6°39'53"	37°52'26"	577	Temperatura-Precipitación	1970-2000 para las dos variables
Galaroza	4515	6°42'37"	37°55'22"	554	Temperatura-Precipitación	1970-2000 para las dos variables
Aracena	4558A	6°33'42"	37°53'35"	730	Temperatura-Precipitación	1970-2000 para las dos variables
Santa Olalla del Cala	5771 A	6°13'50"	37°54'25"	515	Temperatura-Precipitación	1977-2000 para las dos variables
Almonaster la Real	4563	6°47'13"	37°52'18"	610	Temperatura-Precipitación	1989-2000 para las dos variables
Aroche	4527E	6°58'37"	37°58'50"	260	Temperatura-Precipitación	1971-2000 para las dos variables

Los datos más importantes registrados en las estaciones del Parque Natural quedan reflejados en la siguiente tabla:

**TABLA 3**

Datos de temperatura y precipitación PN Sierra de Aracena y Picos de Aroche

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología

Estación	Temperatura ( ° C )			Precipitación acumulada (mm)
	media mes	media máx. mes	media mín. mes	
Aroche	14,64	23,27	7,54	750,63
Santa Olalla del Cala	17,24	23,51	10,97	698,55
Almonaster	16,22	22,16	10,27	1.106,34
Aracena	15,97	21,32	10,62	958,49
Galaroza	14,44	21,33	7,54	991,57
Alájar	15,40	21,29	9,52	1.163,21

El Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche se caracteriza por tener una orografía suave. Está caracterizado por un paisaje ondulado de moderada altitud, oscilando entre los 160 m y los 1043 m, encontrándose las mayores altitudes en las sierras centrales del Parque Natural. Con respecto a los rangos de pendientes y superficies ocupadas del Parque Natural se han obtenido los siguientes resultados (tabla 7 y figura 4).

**TABLA 4**  
Rangos de pendiente y superficie ocupada en el Parque Natural

Rangos de pendiente	Denominación	Superficie (ha)	% de superficie
De 0 a 0,6 %	Depresión	2.555,20	1,38
De 0,6 a 4,5 %	Plano suave	28.069,32	15,13
De 4,5 a 10,5, %	Plano inclinado	43.918,72	23,67
De 10,5, a 17,5 %	Ondulado suave	39.754,08	21,42
De 17,5, a 34,5, %	Ondulado inclinado	49.233,36	26,53
De 34,5 a 47,5 %	Cerro suave	13.384,12	7,21
De 47,5, a 66,5 %	Cerro inclinado	6.490,44	3,50
De 66,5 a 99,5, %	Montano suave	1.893,08	1,02
Mayor de 95,5 %	Montano inclinado	281,20	0,15

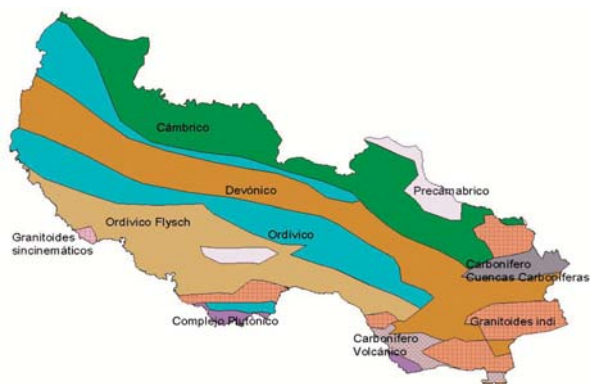
#### 4.3.- Caracterización geológica y litológica

El Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche se encuentra enmarcado dentro de Sierra Morena, al igual que el Parque Natural Sierra Norte de Sevilla y el Parque Natural Sierra de Hornachuelos.

En la "Zona Ossa-Morena" perteneciente al sector meridional del Macizo Hespérico.

#### MAPA 3

Unidades geológicas en el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche.  
Fuente: Mapa digital de Andalucía (1/100.000) Instituto Cartográfico de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Transportes



Al final del Paleozoico, durante el periodo Carbonífero esta zona se vio afectada por la orogenia herciniana, que plegó los sedimentos marinos del extremo septentrional del Macizo Hespérico y permitió la emergencia del fondo del mar lo que actualmente se conoce como Sierra Morena. Durante la era Cenozoica (Terciario) se produjeron nuevas fracturas del Macizo Hespérico y su hundimiento en el Valle del Guadalquivir, además de la exposición a los agentes erosivos de los bloques fracturados y elevados, así como de los sedimentos marinos acumulados al sur de este macizo y creándose el relieve apalachense que caracteriza las formaciones de Sierra Morena. Este borde meridional fue intensamente erosionado por los ríos, principalmente siguiendo los ejes de fractura, y fue modelándose, mediante depósitos de sedimentos en el fondo de la cuenca marina que se abrió entre Morena y las cordilleras Béticas, y se convirtió en el Valle del Guadalquivir.

La región occidental de Sierra Morena, y por tanto el Parque Natural, no resultó tan fracturada como la central, y fue fundamentalmente flexionada. Las fallas más importantes del Parque Natural, que siguen en dirección este-oeste, pertenecen mayoritariamente a los sistemas Beja-Valdelarco y Ficallo-Almonaster, y son responsables en buena parte de su abrupta orografía, junto con otras

fallas secundarias y de orientación perpendicular, como la que va de Zufre a Santa Olalla del Cala.

Los materiales más importantes que conforman el Parque Natural pertenecen al Devónico y Ordovícico, seguidos en orden de importancia los pertenecientes al Cámbrico, Precámbrico y Carbonífero, con afloraciones de granitoides hercínicos indiferenciados (figura 5). Como resumen sobre estos materiales y la era a que corresponden se puede citar:

- Devónico: Pizarras, grauvacas y cuarcitas.
- Carbonífero: Pizarras y grauvacas.
- Cámbrico: Esquistos, pizarras y filitas, dioritas y sideritas, areniscas y grauvacas, calizas con intercalaciones de cenizas.
- Rocas ácidas: Granitos, sienitas, dioritas y gabros.

Con respecto a su caracterización litológica, el mayor porcentaje de la superficie del Parque Natural se corresponde con rocas de origen

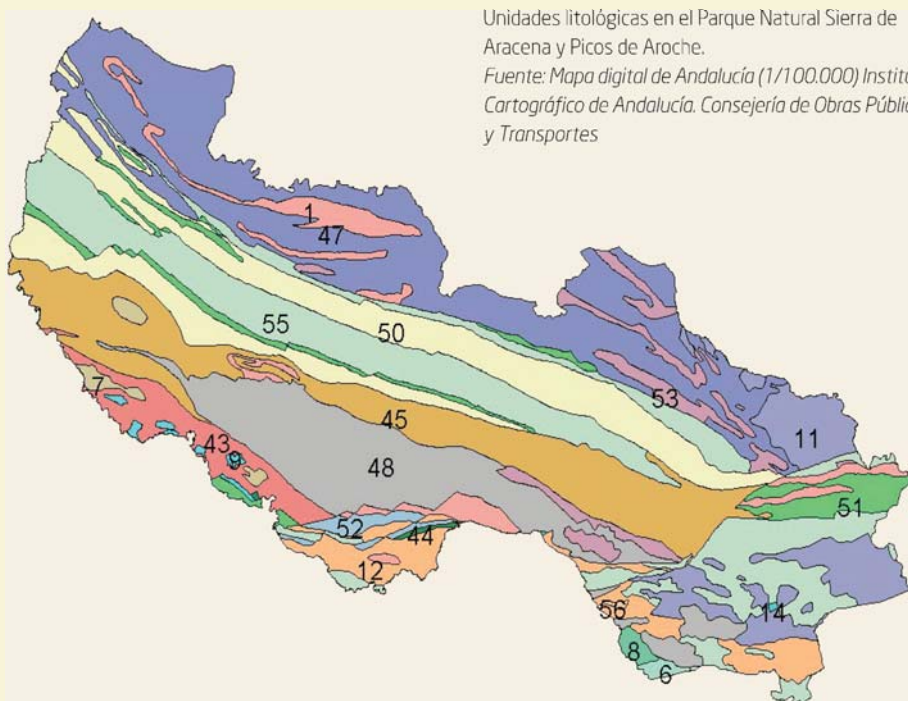
metamórfico (aproximadamente 117.000 ha), que ocupan las laderas, con una alineación noroeste-sudeste. Le siguen en orden de magnitud las rocas de origen sedimentario (aproximadamente 39.000 ha) ocupando los fondos de valles principalmente, siguiendo la misma orientación anteriormente citada. Las rocas plutónicas con 22.000 ha aproximadamente, se encuentran en la periferia del Parque Natural, formando grandes bloques. Las rocas volcánicas (7.000 ha) forman cordones con la dirección dominante en toda esta Sierra, ocupando al igual que las plutónicas principalmente los bordes del Parque Natural. Las rocas volcánicas y plutónicas forman el grupo de las rocas ígneas.

A continuación se muestra gráficamente (figura 6) la distribución de las unidades litológicas, seguida de una tabla (tabla 8) donde se expresa el orden de importancia de cada unidad, en función a la superficie.

#### MAPA 4

Unidades litológicas en el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche.

Fuente: Mapa digital de Andalucía (1/100.000) Instituto Cartográfico de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y Transportes



**TABLA 5**

Descripción de Unidades litológicas por importancia en superficie en el Parque Natural

Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.

Número de Unidad	Tipo de rocas	Rocas representativas de la Unidad litológica
47	Metamórfica	Pizarras, grauvacas y calizas
55	Sedimentaria	Calizas, calcoesquistos, pizarras, cuarcitas y conglomerados
45	Metamórfica	Filitas, cuarzoilitas y metabasitas
50	Metamórfica	Pizarras, esquistos, grauvacas y, principalmente, cuarcitas
48	Metamórfica	Materiales volcanosedimentarios. Rocas volcánicas ácidas, básicas e intermedias, lávicas y piroclásticas
11	Plutónicas	Granodioritas
12	Plutónicas	Granitos biotíticos
1	Volcánicas	Rocas volcánicas y subvolcánicas básicas. Doleritas, diabasas y basaltos
51	Metamórfica	Afibolitas, pizarras, pizarras ampelíticas, filitas, areniscas y cuarcitas. Anfibolitas de Acebuche
53	Sedimentaria	Calizas y dolomias
43	Metamórfica	Esquistos y cuarzoesquistos con intercalaciones de cuarcitas negras. Localmente gneises y anfibolitas
52	Metamórfica	Pizarras, esquistos y cuarcitas
7	Plutónicas	Dioritas
9	Plutónicas	Rocas plutónicas básicas indiferenciadas
8	Plutónicas	Tonalitas y cuarzodioritas
6	Plutónicas	Gabros
44	Metamórfica	Pizarras y esquistos carbonosos. Conglomerados
56	Sedimentaria	Conglomerados, lutitas, areniscas, calizas y volcanitas ácidas y básicas
14	Plutónicas	Rocas plutónicas ácidas indiferenciadas

Con respecto a su relieve, mayoritariamente abrupto, cabe destacar algunas de las sierras en las que se sitúan los picos más importantes del Parque Natural. A continuación se citan las Sierras con sus correspondientes picos:

- Solana de los Bonales, Ladera sureste de Tentudía, 1015 m. la cota de mayor altitud del Parque Natural.
- Sierra de Aracena: Pico del Cerro del Castaño 959,7 m, pico de San Ginés (869,4 m) y Sierra de Linares (890,2 m).
- Sierra del Santo: Pico del Cerro de San Cristóbal (Almonaster) 912,7 m.
- Sierra del Viento: Pico del Viento 847,4 m.
- Sierra de Santa Bárbara: Pico de Santa Bárbara (871,2 m).

También hay que señalar la presencia de grutas y cuevas, asociadas al origen kárstico de algunas áreas del Parque Natural, entre las que destacan la Gruta de la Maravillas en Aracena, y varios grupos kársticos en Alájar, sobre todo la Peña de Arias Montano, siendo importantes tanto desde el punto de vista geológico, de la fauna (refugio de quirópteros), como del uso público.

#### 4.4.- Hidrología

El Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche vierte sus aguas a tres Cuencas Hidrológicas diferentes: la del Guadalquivir, la del Guadiana y la del Odiel. A nivel de subcuencas se pueden diferenciar tres diferentes, que se analizan de forma independiente.

- A la Cuenca Hidrológica del Guadiana vierten los ríos y arroyos que recorren el Parque Natural en dirección SE-NO, para derramar sus aguas en el Río Guadiana en la frontera con Portugal. Esta red recorre las sierras más occidentales del Parque Natural. Los principales cursos de agua son el río Múrtigas y el Ribera del Chanza, que presentan múltiples arroyos afluentes, con un número próximo a cincuenta, que surcan y configuran el aspecto de este espacio. Los que vierten al río Múrtigas lo hacen por su margen derecha e izquierda, mientras que en el Ribera del Chanza sólo vierten por la margen derecha, puesto que este río sirve de límite en la parte sudoeste del Parque Natural. De todos los afluentes cabe destacar como importante el Arroyo de Silo, afluente del río Múrtigas.

- En las sierras de la parte oriental, los ríos Ribera del Cala y Ribera de Huelva vierten sus aguas a la Cuenca Hidrológica del Guadalquivir, siguiendo la dirección dominante NO-SE. Éstos están acompañados de numerosos afluentes, en torno a setenta; que vierten sus aguas a la margen derecha e izquierda del río Ribera de Huelva, aunque es más importante el aporte por esta última margen. Al río Ribera del Cala sólo le llega agua de sus afluentes por el margen derecho, sirviendo este río también como límite del Parque Natural por su parte noroeste. Los principales afluentes de estos ríos son Ribera de Hierro, Ribera de Hinojales, Arroyo del Rey y Ribera de Montemayor.

- Las sierras de la parte sur están drenadas por diversos cursos de agua que se convierten, a la salida del espacio ocupado por el Parque Natural, en afluentes del río Odiel fundamentalmente, siendo escasos en número y en superficie de drenaje; el principal curso de agua es el Barranco de Aguas Blancas.

A continuación se muestra una tabla (tabla 10) con los datos más relevantes para cada uno de los ríos más importantes.

**TABLA 10**

Características de los principales cursos de agua del Parque Natural

	Superficie de cuenca (Km <sup>2</sup> )	Longitud (Km)	Longitud en el P.N. (Km)	Desnivel (m)	Pendiente media (%)
Chanza	1.480,30	112,50	10,23	520	0,46
Múrtigas	745,20	55	0,027	620	1,13
Ribera de Cala	644,50	82	22,43	800	0,98
Ribera de Huelva	2.019	126,50	0,056	590	0,47
Arroyo del Rey	106,30	13,80	15,95	1000	7,25
Ribera de Hierro	93,50	25,70	19,96	-	-
Ribera de Hinojales	72,70	17	17,61	-	-
Ribera de Montemayor	151	24,40	14,05	-	-
Arroyo de Silo	-	30,57	24,16	-	-
B. de Aguas Blancas	-	8,78	3,60	-	-

#### 4.5.- Fauna del Pnsapa

El Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche conforma, junto con los de Sierra Norte de Sevilla y Sierra de Hornachuelos, en Córdoba, conforman los ecosistemas naturales de la Sierra Morena Occidental de Andalucía. Estos espacios en general, y el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche en particular, presentan un gran interés faunístico.

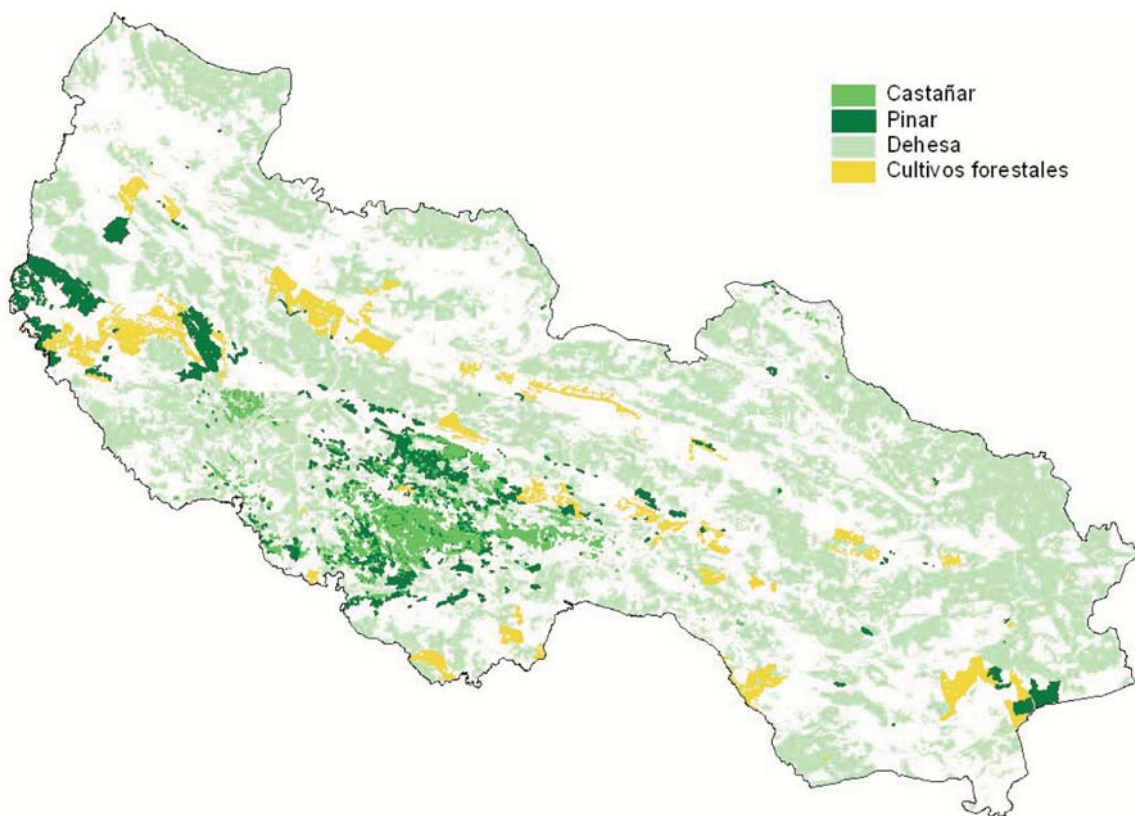
Esto se debe al mantenimiento de los aprovechamientos tradicionales del monte, aunque también es cierto que se han realizado actuaciones poco compatibles con la conservación de la biodiversidad que soporta este espacio protegido, como el desarrollo de las infraestructuras viarias que, si bien son necesarias para vertebrar esta zona, se convierten en ocasiones en barreras para la fauna, o el crecimiento urbanístico en algunas zonas, que ejerce una gran presión sobre los recursos naturales.

Pero a pesar de las actuaciones citadas, ha sido posible la conservación de unas comunidades faunísticas muy interesantes, sobre todo aquellas asociadas al bosque mediterráneo, a la media montaña y las relacionadas con la enorme red fluvial existente en el Parque Natural, tanto ríos como embalses.

A pesar de la indudable riqueza biológica presente en este espacio, es la existencia de determinadas especies (principalmente endemismos piscícolas tales como el barbo comiza (*Barbus comiza*) o el jaramugo (*Anacypris hispanica*), así como la posible presencia del lince (*Lynx pardinus*), la nidificación de la cigüeña negra (*Ciconia ciconia*) o el buitre negro (*Aegypius monachus*), entre otros, junto con especies que tienen en este espacio importantes zonas de cría (sobre todo quirópteros), son los principales valores faunísticos que posee este Parque Natural.

#### MAPA 11

Distribución relativa de las formaciones de dehesa, castañar, pinar y cultivos forestales dentro del Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche.



Los estudios efectuados hasta el momento reflejan la presencia de las siguientes especies autóctonas: 14 especies de peces, 10 de anfibios, 18 de reptiles, 130 de aves y 44 de mamíferos; ello da idea de la importancia que tiene este Parque Natural para la conservación de la biodiversidad existente en Andalucía. Todo ello sin tener en cuenta los numerosos representantes de la fauna invertebrada, entre los que destaca *Euphydryas aurinia*, especie de mariposa perteneciente a la familia *Nymphalidae* y recogida en el Anexo II de la Directiva Hábitats.

#### **4.6.- Vegetación del Pnsapa**

El Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche se encuadra en el Reino Holártico, Región Mediterránea, provincia Luso-Extremadurensis y, dentro de ésta, en el Sector Mariánico-Monchiquense (Rivas Martínez, 1987).

Rivas Martínez (1987) define los pisos bioclimáticos como "cada uno de los tipos o espacios termoclimáticos que se suceden en una cliserie altitudinal o latitudinal". En la práctica, tales unidades bioclimáticas se conciben y delimitan en función de aquellas fitocenosis que presentan evidentes correlaciones con determinados intervalos termoclimáticos.

Dentro del P.N. Sierra de Aracena y Picos de Aroche encontramos los pisos termomediterráneo y mesomediterráneo.

##### **Piso termomediterráneo**

Es el menos representado dentro de este Parque Natural, ocupando una mínima parte en el sector suroriental. Su frontera altitudinal superior está en torno a los 350 m. y limita con el piso mesomediterráneo. Las especies bioindicadoras de este piso son: *Aristolochia baetica*, *Calicotome spinosa*, *Chamaerops humilis*, *Ceratonia siliqua*, *Osyris quadripartita*, *Rhamnus oleoides* subsp. *oleoides*.

##### **Piso mesomediterráneo**

Ocupa casi toda la extensión de este espacio protegido, está situado por encima del anterior y su límite altitudinal superior está alrededor de los 950 m. Como especies bioindicadoras están: *Pistacia terebinthus*, *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo*, *Rosmarinus officinalis* y *Retama sphaerocarpa*.

La vegetación actual del Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche está caracterizada por un claro dominio de los bosques de quercíneas, siendo las especies más abundantes la encina (*Quercus rotundifolia*), alcornoque (*Quercus suber*) y quejigo (*Quercus faginea*).

De forma general, la estructura de la vegetación se sitúa siguiendo las formaciones geomorfológicas (NO-SE), lo que ocasiona una división diagonal del Parque Natural en dos mitades.

En el sector occidental, al norte del núcleo de Encinasola, se concentran dehesas de encina y alcornoque. En la zona central (Cumbres Mayores e Hinojales) se alternan dehesas, pastizales y cultivos de olivar.

En la parte más oriental, próxima a la provincia de Sevilla, el bosque esclerófilo de encinas y alcornoques va sustituyendo progresivamente a las dehesas y pastizales.

En la franja diagonal que atraviesa el Parque Natural aparece un relieve alterno de valles y sierras, estando ocupadas las zonas con mayores pendientes por matorrales de jara y las vaguadas y laderas por dehesa. Dentro de esta banda diagonal, en algunas de las laderas se ha sustituido el matorral por plantaciones de eucalipto.

La zona central del Parque Natural, ocupando los términos municipales de Aracena, La Nava y Almonaster, principalmente, recibe las mayores precipitaciones del Parque Natural. Este área, dominio potencial del alcornoque, está ocupada por castañares (*Castanea sativa*), en casi toda su extensión. Al Este se alternan dehesas y matorral, junto con manchas de eucaliptos, en los términos municipales de Zufre y Santa Olalla.

Cabe destacar finalmente la gran diversidad florística, tanto en abundancia de especies como en importancia, de este Parque Natural. Se presentan varios endemismos peninsulares e ibero-norteafricanos, los cuales aparecen en el Anejo 2 de vegetación donde se recoge el inventario florístico.

Respecto a la catalogación de las especies de flora presentes, no hay ninguna especie de las

Dentro de esta  
ruptura, de  
especial gravedad  
resulta la  
dificultad de  
expansión y  
pérdida de  
hábitats para el  
Lince Ibérico.

inventariadas en este Parque Natural que se hallen recogidas en el Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo, por el que aprueba el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas. En cuanto al Decreto 104/1994, de 10 de mayo, que aprueba el Catálogo de Especies de Flora Silvestre Amenazada de Andalucía, sí aparecen especies de flora que se encuentran inventariadas en este espacio protegido:

- Familia Fagaceae  
Quercus canariensis, recogida en el Anexo II y catalogada como Vulnerable.  
Quercus pyrenaica, recogida en el Anexo II y catalogada como Vulnerable.
- Familia Betulaceae  
Corylus avellana, recogida en el Anexo II y catalogada como Vulnerable.
- Familia Caryofilaceae  
Silene mariana, recogida en el Anexo II y catalogada como Vulnerable.
- Familia Rosaceae  
Prunus avium, recogida en el Anexo II y catalogada como Vulnerable.  
Prunus insitia, recogida en el Anexo II y catalogada como Vulnerable.
- Familia Ramnaceae  
Frangula alnus subsp. baetica, recogida en el Anexo II y catalogada como Vulnerable.
- Familia Ericaceae  
Erica andevalensis, recogida en Anexo I y catalogada como En Peligro de Extinción.

Además de las especies recogidas en el Catálogo Andaluz de Especies de Flora Silvestre Amenazadas, es de destacar la presencia en este espacio protegido de un Monumento Natural, declarado por el Decreto 226/2001, de 2 de Octubre, por el que se declaran determinados Monumentos Naturales de Andalucía. Este Monumento Natural es una encina (Quercus ilex subsp. ballota) centenaria, de grandes dimensiones, con una superficie de 1953 m<sup>2</sup>, que se halla en la dehesa San Francisco, en el término municipal de Santa Olalla del Cala.

## 5.- La autovía Ruta de la Plata en el Pnsapa. Principales afecciones

### 5.1.- Afecciones territoriales

La construcción de la Autovía Ruta de la Plata (CN-630) afecta a su paso por el Parque Natural Sierra de Aracena y Picos de Aroche íntegramente al término municipal de Santa Olalla del Cala, es decir, al municipio situado en el extremo oriental del territorio, en contacto con las provincias de Sevilla y Badajoz.

La superficie afectada directamente por las obras (según la delimitación marcada en los planos) es de 1.345.298 m<sup>2</sup>. (1 34,5 Has)

No obstante, la autovía lleva implícito una demarcación exterior y un sistema de aislamiento por medio de cerramiento, que amplía su área de influencia directa hasta un ancho variable superior a los 100 m. Es por ello que hemos realizado un buffer de 250 m. situando sobre la superficie de los planos el área de demarcación exterior, con lo que resulta un área afectada por la autovía (que no necesariamente por las obras) de 12.126.356 m<sup>2</sup>. (1.212,6 Has.)

Los tramos longitudinales de la Autovía en el PNSAPA suman una distancia longitudinal de 20.400 metros.

### 5.2.- Afecciones ecológicas

La mayor parte del área afectada por las obras y ocupación de la Autovía está formada por ecosistemas de dehesa con un arbolado maduro de elevada cabida cubierta, lo que eleva el número de pies de quercíneas que deberán ser eliminados a unas 4.471 quercíneas, tanto de encinas (Quercus rotundifolia) que son la mayoría, alcornoques (Q. Suber) y quejigos (Q. Faginea / canariensis).

Por tanto, la mayor afección ecológica del recorrido de la Autovía de la Ruta de la Plata por el PNSAPA lo representa la pérdida y la ruptura del corredor ecológico de relevancia para la fauna que significa el corredor de las dehesas de Sierra Morena, propuesto como Reserva de la Biosfera, no tanto por la desaparición en sí de 134 Has de dehesa, como por la pérdida lineal (Norte-Sur) de dichas dehesas y el consiguiente aislamiento geográfico

de los ecosistemas situados a uno y otro lado de la infraestructura.

Dentro de esta ruptura, de especial gravedad resulta la dificultad de expansión y pérdida de hábitats para el Lince Ibérico.

Así mismo, no debe olvidarse que el trazado de la Autovía de la Ruta de la Plata implica actuaciones directas sobre el río Rivera de Cala, que alberga diversa fauna piscícola que figura en Anexo II de la Directiva 92/43/CEE, además de representar el hábitat reproductivo para la nutria y la cigüeña negra, especies igualmente incluidas en el Anexo II

## 6.- Medidas compensatorias

### 6.1.-Definición concepto medidas compensatorias

El concepto Medidas Compensatorias aparece en: el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, de Espacios Naturales, donde se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres. (BOE nº 310 de 28.12.95). (Corrección de errores: BOE nº 129, de 28.05.96). Dentro de él se dice en el Art. 6. Medidas de Conservación 4.- "Si, a pesar de las conclusiones negativas de la evaluación de las repercusiones sobre el lugar y a falta de soluciones alternativas, debiera realizarse un plan o proyecto por razones imperiosas de interés público de primer orden, incluidas razones de índole social o económica, las Administraciones públicas competentes tomarán cuantas medidas compensatorias sean necesarias para garantizar que la coherencia global de Natura 2000 quede protegida. En su caso, las Comunidades Autónomas comunicarán al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación las medidas compensatorias que hayan adoptado y éste, a través del cauce correspondiente, informará a la Comisión Europea".

El Real Decreto 1997/95, de 7 de Diciembre, por el que se establecen medidas adicionales para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, en su aplicación deberán adoptarse como principales medidas

compensatorias, las siguientes:

- a) Recuperación ambiental y restauración de hábitats sobre una superficie equivalente, al menos, a la de la transformación.
- b) Reducción de la incidencia de factores de mortalidad sobre las especies afectadas.
- c) Mejora de hábitats a lo largo de los principales corredores de fauna que atraviesan la infraestructura viaria.
- d) Fomento de líneas de investigación científica en materia de biología de la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.
- e) Instalación y equipamiento de áreas de ocio, educación ambiental y divulgación de los valores del Parque Natural en zonas estratégicas definidas en el Programa Básico de Uso Público del espacio.

Ninguna de estas líneas de actuación está contemplada en la Declaración de Impacto Ambiental de la Autovía de la Ruta de la Plata de 8 de Abril de 1997.

### 6.2.- Antecedentes

La Junta de Andalucía, a través de la Delegación Provincial de Cádiz, formuló a los efectos ambientales, la Declaración de Impacto Ambiental favorable del corredor propuesto en el Estudio Informativo del desdoblamiento de la carretera A-381, Jerez de la Frontera – Alcalá de los Gazules, con fecha 30 de diciembre de 1996. En ella se recogen, además de las medidas correctoras, las medidas compensatorias según lo dispuesto en el mencionado Real Decreto 1997/95, de 7 de Diciembre, y en la Ley 7/94 de Protección Ambiental.

La Declaración de Impacto Ambiental de la Autovía de la Ruta de la Plata, a pesar de ser de fecha posterior (8 de Abril de 1997), no recoge ningún tipo de medidas compensatorias, aún siendo ya de aplicación lo dispuesto en el RD 1997/95.

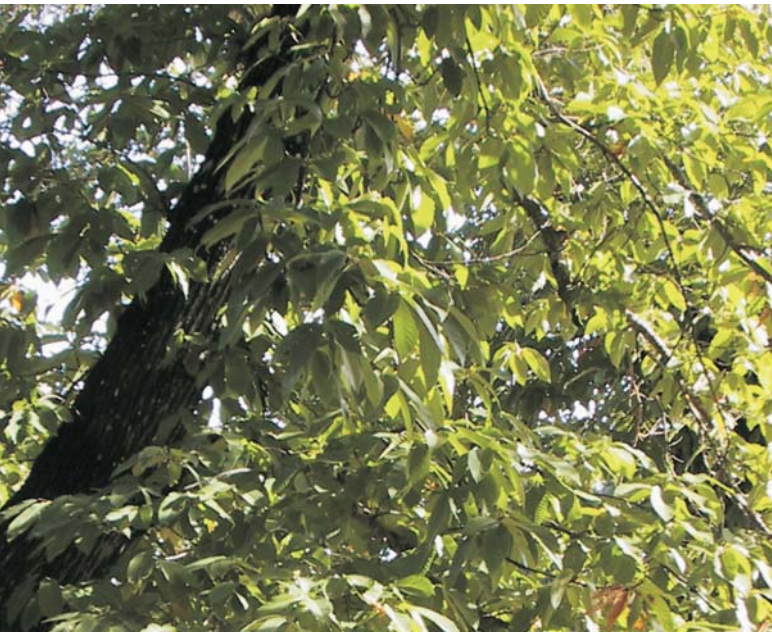
Asimismo, se está actualmente trabajando en las medidas compensatorias provocadas por la construcción de la Presa Breña II (T.M. de Almodóvar, Córdoba) que afecta al PN Sierra de Hornachuelos, declarado ZEPA.

Por todo lo anterior, queda plenamente justificada la adopción de las medidas compensatorias a proyectar en el PNSAPA por las repercusiones negativas que el paso de la Autovía de la Plata va a suponer para la conservación de este espacio perteneciente a la Red Natura.

### **6.3. - Tipología de actuaciones a realizar:**

En ellas tendrían que recogerse las siguientes actuaciones según RD 1997/95:

- Actuaciones de Uso Público.
- Actuaciones en materia de Conservación de especies de fauna y flora.
- Actuaciones de conservación de hábitats.
- Actuaciones de investigación orientadas a la conservación.



125



**JAVIER NAVES CIENFUEGOS**

Modelo predictivo de accidentes de tráfico con jabalíes y aplicación a la estima de efectos barrera de la Autopista A-66 (Asturias-León)

## JAVIER NAVES CIENFUEGOS

Estación Biológica de Doñana,  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

### Modelo predictivo de accidentes de tráfico con jabalíes y aplicación a la estima de efectos barrera de la Autopista A-66 (Asturias-León)

#### Introducción y objetivos

En la zona central de la Cordillera Cantábrica se acumulan toda una serie de infraestructuras y obras de grandes dimensiones que incorporan un fuerte componente de "barrera" física a las posibilidades de movimiento de la fauna. Este trabajo se enmarca en un proyecto de estudio de las posibilidades de comunicación entre las subpoblaciones cantábricas de osos pardos. En este estudio pretendimos hacer una estimación del efecto "barrera" de la autopista A-66 (León-Oviedo), cuya primera fase se abrió al tráfico en 1983. La baja densidad de osos en el área y la inexistencia de infraestructuras similares en áreas oseras de la Cordillera Cantábrica que permitieran realizar estimas extrapolables aconsejó la selección de especies "testigo" (jabalí, *Sus scrofa*) que pudieran servir para cuantificar dicho efecto.

#### Metodología

Analizamos los 28 lugares donde se produjeron 30 accidentes de tráfico con jabalíes (1997-2002) en el sector de León, 57 km de longitud, de la carretera nacional N-630 (Oviedo-León) con objeto

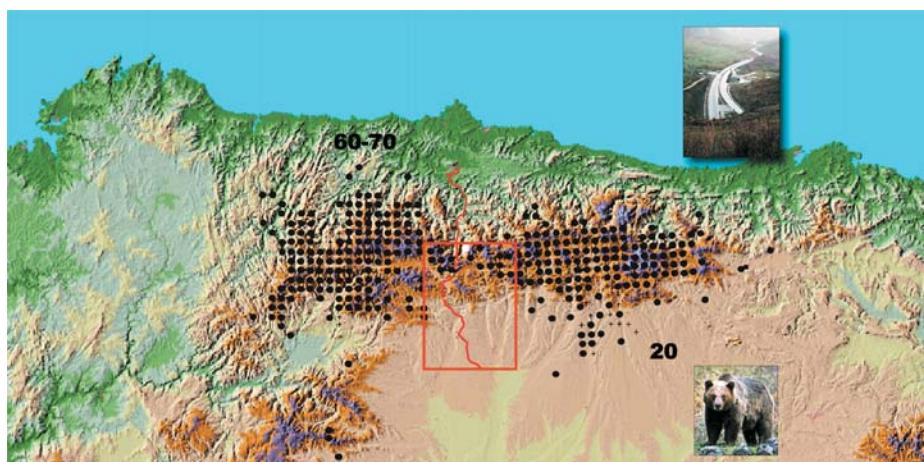
de elaborar un modelo de hábitat predictivo de accidentes en función de diferentes variables ambientales del entorno de la carretera.

Para ello se construyó una retícula de 500 x 500 m sobre un área de 1.850 km<sup>2</sup>, caracterizando cada cuadrícula según su cobertura de bosques y repoblaciones forestales, longitud de carreteras y pistas, número de pueblos y pendiente. Además de los valores "propios" de cada celda para estas variables en cada una de ellas se calculó el valor "de entorno", considerando radios crecientes sucesivos para el cálculo (hasta radio=5 km). Las variables de entorno permiten soslayar algunas de las limitaciones del modelo, como la arbitrariedad en la elección del tamaño de celda. Para cada variable se seleccionó entre el valor "propio" y el de los "entornos" el valor con un mayor nivel de significación en un análisis univariado (t-test) de contraste entre las celdas con accidentes y "no accidentes".

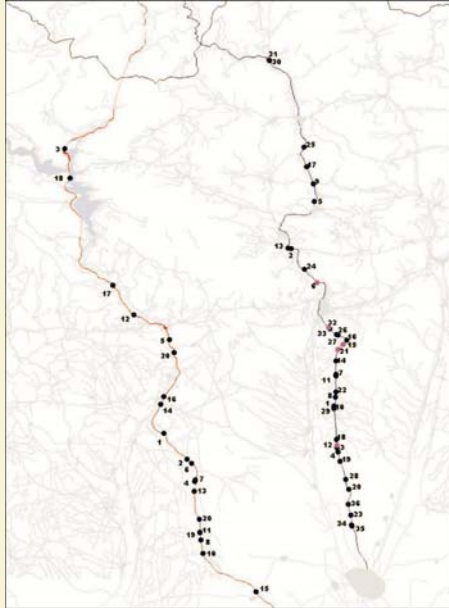
#### Resultados y discusión

Se cuantificó la relación entre la variable dependiente (presencia o ausencia de accidentes)

Distribución del oso pardo en la Cordillera Cantábrica y situación de la autopista A-66 (a la izquierda) y la carretera nacional N-630 (a la derecha)



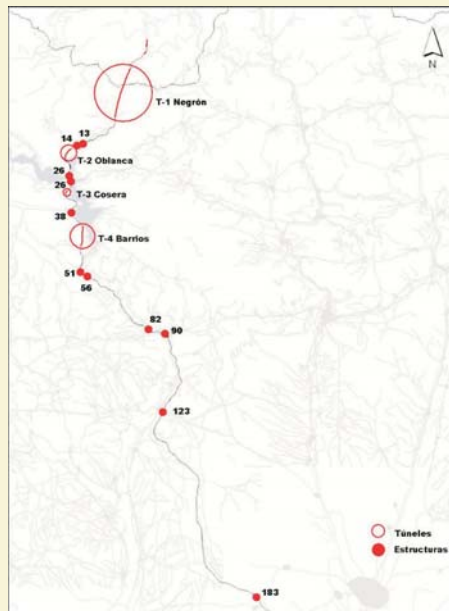
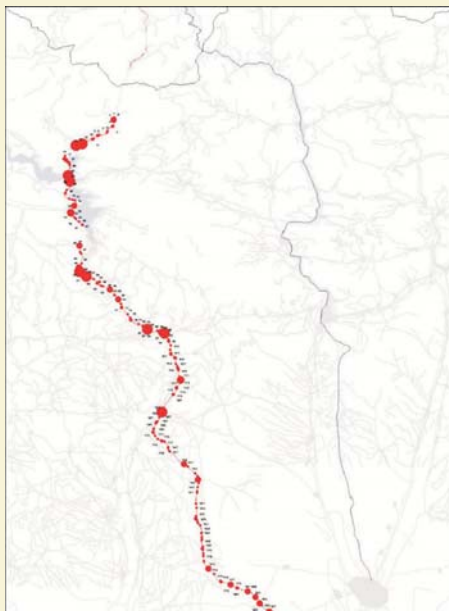
Cartografía de accidentes de tráfico con jabalíes (en azul) en la autopista A66 y en la carretera nacional N-630. En violeta, -accidentes con corzos.



Cartografía del modelo predictivo de accidentes con jabalíes en la N630 y extrapolación a la autopista A66



Cartografía de drenajes y reposiciones -izquierda- y de grandes estructuras, túneles y viaductos -derecha-

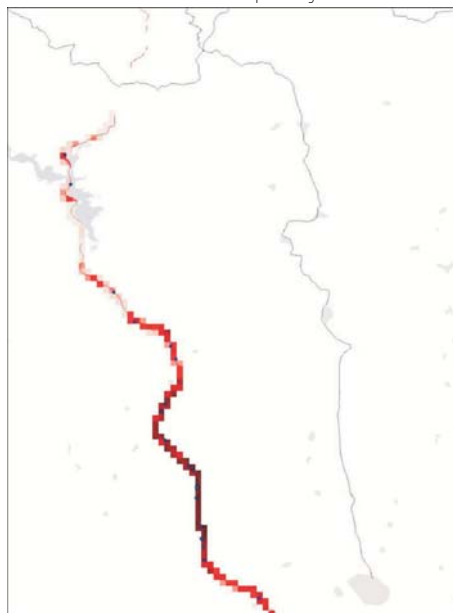


y las variables independientes o explicativas mediante una regresión logística multivariable paso a paso. La función logística resultante clasificó correctamente el 74,1% de los lugares con accidentes y lugares seleccionados en la carretera como control (no-accidentes).

Se extrapoló este modelo predictivo a la autopista A-66 ya que la valla de la autopista no supone una barrera absoluta al paso de jabalíes (inspecciones realizadas sobre 40,5 km de valla mostraron que 57 tramos -que sumaron 1,8 km de longitud total- eran susceptibles de ser utilizados por medianos y grandes animales). La extrapolación de este modelo predictivo a un sector de 54 km de longitud de la autopista A-66 (Oviedo-León) donde se produjeron 20 accidentes con jabalíes (en 18 lugares), y un número equivalente de puntos de control, clasificó correctamente el 62,2% de los puntos.

Sin embargo, cuando se consideraron adicionalmente el número y dimensiones de estructuras de la A-66 susceptibles de ser utilizadas para el cruce en el entorno de los lugares estudiados (medido a diferentes radios) el nuevo modelo clasificó correctamente el 70,3% de los lugares con accidentes y lugares control. Esta mejora en la clasificación se produjo a costa de un incremento de aciertos en la clasificación de

Cartografía del modelo predictivo de accidentes con jabalíes extrapolado a la autopista A66 una vez incluidas las variables relacionados con pasos y túneles



los lugares de control (del 63,2% al 78,9%), es decir, se reduce el número esperado de accidentes con jabalíes en el nuevo modelo en el entorno de dichos túneles y viaductos, incrementándose los aciertos.

La extrapolación a la A-66 del modelo predictivo de accidentes construido en la N-630, después de ponderar las diferencias en la longitud de los tramos comparados e intensidad de tráfico, puede entenderse también en términos del número total de accidentes predichos respecto a los que realmente ocurren (49% menos), así como el efecto que túneles, viaductos y pasos tienen en la A-66 reduciendo el número de accidentes predichos (8%). De esta manera podría entenderse la disminución final de un 41% en la tasa de accidentes esperados con jabalíes como un "efecto barrera" de la A-66 en relación a la N-630. Hay que considerar posibles limitaciones de estos análisis (diferencias estructurales entre las vías, velocidad del tráfico, fuentes de los datos,...).

La información de otros países sobre el diferente comportamiento de jabalíes y osos en estructuras de pasos sobre autopistas parecen señalar un comportamiento menos esquivo de estos últimos (Huber 2002). Los datos de cruce de una estructura de puente construida expresamente para fauna sobre una autopista de Croacia arrojó una tasa diaria de cruce para jabalíes de 2,5 mientras que esta tasa fue para el caso del oso de 1,5 (792 días de control). La relación oso:jabalí en la zona puede oscilar "entre valores 1:3 o cercanos a la tasa de cruce observada y valores de 1:5" (Huber com. pers.).

Los resultados obtenidos pueden ser útiles en el diseño de pasos en grandes obras lineales y en la estima de los efectos barrera reales de una infraestructura que atraviesa el hábitat donde viven poblaciones amenazadas de vertebrados terrestres (osos pardos y lobos, por ejemplo).

Imágenes de algunos drenajes y reposiciones en la A-66 y modo de obtención de los índices de apertura de los pasos existentes a lo largo de la autopista A-66.



