

Interacciones entre infraestructuras y conectividad natural del paisaje

F. DÍAZ PINEDA*, M. F. SCHMITZ* Y S. HERNÁNDEZ**

* Departamento de Ecología.
Universidad Complutense, Madrid.
** Departamento de Proyectos.
Universidad Politécnica, Cáceres.

RESUMEN

El «tejido» territorial es habitualmente percibido como un escenario que es resultado de un conjunto de procesos ecológicos. Ese escenario es el paisaje, un concepto antropocéntrico que encierra con frecuencia acepciones de carácter estético y artístico. En el paisaje subyacen tanto fenómenos dinámicos naturales como procesos inducidos directa o indirectamente por las actividades humanas —agrarias, industriales, urbanas, etc.—. En las últimas décadas el paisaje viene cambiando a gran velocidad. El cambio tiene que ver con el desarrollo tecnológico, el crecimiento de la «noosfera» y las transformaciones que sufre la socioeconomía en muchas regiones del mundo.

La ponencia se basa en estudios desarrollados sobre estructura territorial desde hace algunos años por equipos de investigadores que trabajan en colaboración. Últimamente las tareas tratan de formalizar los cambios del paisaje cultural en relación con la evolución socioeconómica. Las investigaciones se han llevado a cabo en varias comarcas piloto españolas. Se centran actualmente en Andalucía y su fundamento es el siguiente: *a)* El paisaje mediterráneo es en gran medida consecuencia de actividades humanas seculares. La estructura de estas actividades y su componente socioeconómico están cambiando rápidamente. Es urgente evaluar los efectos de estos cambios sobre el territorio, dada su importancia para la gestión de los recursos naturales, *b)* aunque la conservación de la naturaleza se basa en buena medida de la delimitación de «espacios protegidos», muchos procesos ecológicos dependen de dinámicas

horizontales que ponen en conexión unas porciones del espacio con otras. Estos procesos están aún poco conocidos, sobre todo a escalas regionales, a pesar de que desempeñan un papel importante en la configuración territorial y probablemente resulten claves para la conservación de la naturaleza, *c*) determinados paisajes naturales y culturales reconocidos como valiosos dependen del mantenimiento de este tipo de procesos y ofrecen interesantes posibilidades para el esparcimiento y el turismo cultural. Estas actividades, que han crecido mucho en España últimamente, son un importante soporte económico para mantener estos paisajes, y *d*) actualmente el desarrollo de grandes infraestructuras viene condicionando mucho la citada evolución socioeconómica y el paisaje. La interferencia entre ambos procesos merece ser evaluada en términos ambientales, es decir, integrando perspectivas ecológicas, sociológicas y económicas.

INTRODUCCIÓN

En el Departamento de Ecología de la Universidad Complutense de Madrid vienen desarrollándose estudios sobre estructura territorial desde hace algunos años (refs. 20,22,49,60). Estos estudios se hacen frecuentemente en colaboración con equipos de otras Universidades y Centros europeos y se dirigen últimamente a conocer los cambios del paisaje cultural en relación con la evolución socioeconómica de las últimas décadas (14,28). La presente ponencia resume los aspectos conceptuales de estos trabajos, haciendo frecuente referencia a los mismos y a otros relacionados. Las investigaciones se han llevado a cabo en varias comarcas piloto españolas (23,64,65) y se centran actualmente en Andalucía. El fundamento de estos trabajos es el siguiente:

- a) *Socioeconomía y paisaje*. El paisaje mediterráneo es en gran medida consecuencia de actividades humanas seculares (10,12,54). La estructura de estas actividades y su componente socioeconómico están cambiando rápidamente. Es urgente evaluar los efectos de estos cambios sobre el territorio, dada su importancia para la gestión de los recursos naturales.
- b) *Procesos horizontales*. Aunque la conservación de la naturaleza se basa en buena medida de la delimitación de «espacios protegidos», muchos procesos ecológicos dependen de dinámicas horizontales que ponen en conexión unas porciones del espacio con otras (4,5,16,26,29,40). Estos procesos están aún poco conocidos, sobre todo a escalas regionales, a pesar de que desempeñan un papel importante en la configuración territorial y probablemente resulten claves para la conservación de la naturaleza.
- c) *Paisaje y turismo cultural*. Determinados paisajes naturales y culturales reconocidos como valiosos dependen del mantenimiento de este tipo de procesos y ofrecen interesantes posibilidades para el esparcimiento y el turismo cultural (23,32,33,59,65). Estas actividades, que han crecido mucho en España últimamente, son un importante soporte económico para mantener estos paisajes.
- d) *Infraestructuras*. Actualmente el desarrollo de grandes infraestructuras viene condicionando mucho la citada evolución socioeconómica y también el paisaje. La interferencia entre ambos procesos merece ser evaluada en términos ambientales, es decir, integrando perspectivas ecológicas, sociológicas y económicas (18,27,42).

CAMBIO SOCIOECONÓMICO, CONSECUENCIAS EN EL PAISAJE Y USO TURÍSTICO-CULTURAL

Muchos territorios mediterráneos mantienen tipos característicos de paisajes culturales donde la actividad agraria ha estado secularmente basada en la imitación y mantenimiento de los procesos ecológicos naturales. Estos procesos

han sido tácita y tradicionalmente reconocidos como componentes del capital natural del que dependía la economía rural (10,12,13,14,39). En la cuenca Mediterránea, la permanencia de la población rural local ha sido fundamental para mantener este modelo de explotación y de conservación de la naturaleza a lo largo de la historia (26,29).

En las últimas décadas, sin embargo, el desarrollo ha propiciado el trasiego de la población rural hacia la ciudad y un abandono del campo. El desarrollo ha afectado también al territorio rural a través de la industrialización de la agricultura, lo que ha supuesto una «intensificación» de las explotaciones agrarias —un aumento considerable de la producción bruta respecto a la que mantenían los sistemas tradicionales—. Esto caracteriza a una actividad nueva que modifica mucho el carácter tradicional del mundo rural. La maquinaria, los invernaderos, los fertilizantes y biocidas y el cultivo de plantas híbridas casi son omnipresentes en el campo actual.

El cambio socioeconómico asociado se caracteriza por el descenso del número de agricultores trabajando el terreno y el aumento de su empleo en los sectores secundario y terciario de la economía. Persisten aún numerosas comarcas con paisajes naturales y culturales valiosos, pero la intensificación agraria y el abandono rural son los extremos de la fuerte tendencia de cambio que caracteriza hoy el paisaje rural. La reciente incorporación de los dos países ibéricos a la UE ha acentuado en ellos este fenómeno (70), siempre con el resultado de la creación de paisajes cada vez más uniformes, sin carácter ni personalidad. Esto ha sido objeto de gran apoyo por la Administración, dada la relación de esta agricultura con el desarrollo industrial, la industria química en particular, su fácil ligazón con la construcción de grandes presas e infraestructuras hidráulicas (27,47,70,71), etc.

Por su parte, el abandono rural —«desertización» rural, «desagrarización»— supone la ruina de la actividad tradicional que había generado y venía manteniendo paisajes culturales ancestrales (3,13,28,31). Estos paisajes tienen, paradójicamente, una importancia crucial en el turismo cultural, siendo así que, en España, importantes extensiones territoriales hace tiempo que empezaron a mostrar paisajes rurales moribundos, carentes de futuro, en distintos grados de desatención por una población en rápido descenso. Al contrario que la intensificación, el abandono rural es objeto de una notable falta de interés de la Administración o es directamente favorecido por ésta (41).

La circunstancia socioeconómica asociada a todo esto y con relevancia territorial más directa es precisamente el formidable desarrollo de la industria turística española desde los años 60, ligado primeramente a ambientes de clara condicionalidad climática —zonas litorales y de montaña— y, más recientemente, al paisaje cultural, rural y natural.

Ante las exigencias de un turismo de creciente base cultural, la ordenación del uso recreativo puede ser una buena utilización de los recursos naturales

de determinados territorios, dada la situación descrita, siempre que se cuente con estrategias científicamente fundadas y basadas en vínculos entre el uso recreativo de la naturaleza y su conservación. El análisis de esta «oferta-demanda», particularmente en las comarcas que contienen Parques Naturales, constituye un objetivo de investigación aplicada de interés formidable.

Se reconoce que hay problemas ecológicos y biológicos estrictos que tienen gran importancia y plena actualidad en la conservación y disfrute de los espacios naturales protegidos. Hay líneas de investigación sobre estos temas en desarrollo por los propios autores de la presente ponencia. También se reconoce que existen problemas de gestión desde la perspectiva de los administradores de los espacios protegidos. Pero en la actualidad se considera un objetivo de máxima urgencia en el territorio español el contemplar la conservación a partir del contraste «naturaleza-cambio de la estructura socioeconómica de las poblaciones locales». Esto es importante para disponer de marcos fiables para la gestión. Hasta hoy, en la práctica, este marco se ha considerado escasamente.

Los extremos «intensificación agraria-abandono rural» inciden de maneras diferentes en la conservación de la naturaleza. Puede decirse que los ENP, aunque no ajenos a esta problemática, están, por su propia definición, relativamente libres de, al menos, la intensificación. Su gestión, uso y disfrute depende de la orientación que se dé al turismo cultural y de la naturaleza en estos espacios. Urge establecer las bases para dirigir estrategias de actuación, teniendo como meta la conservación y como marco la interacción «oferta-demanda» de la naturaleza.

TRAMAS ESPACIALES

Desde una perspectiva ecológica el territorio debe ser considerado como un «tejido» que contiene una red de infraestructuras naturales con «nudos» e «hilos interconectores». El paisaje actual contiene una red natural —el tejido ambiental— cruzada por otra artificial —los sistemas de transporte humanos, instalaciones industriales diversas y núcleos de población—. Así como la actividad agraria tradicional ha creado una estructura rural que está secularmente integrada en la red natural, la referida red artificial tiende a ser, en cambio, una estructura cada vez más ajena a los paisajes naturales y culturales. Esto causa serias disrupciones en la estructura y el funcionamiento ecológicos del territorio, origina costes ambientales innecesarios y resulta antieconómico.

En España la mayor parte de los nudos de la red natural constituyen localidades o comarcas con relativo buen estado de conservación —contienen bosques, montañas, humedales, ambientes esteparios, etc., así como sistemas agrarios tradicionales cada vez más escasos y localizados, con paisajes de gran carácter y personalidad—. El país cuenta con diferentes figuras de protección

para numerosos espacios de este tipo y el territorio mantiene un importante conjunto de zonas que son «reservas» de biodiversidad, paisajes valiosos y, sobre todo, conserva en mayor o menor medida una cultura rural ancestral. La base socioeconómica de esta cultura está cambiando mucho últimamente, siendo así que la idea de comprometer a la población local en la conservación de la naturaleza (25) guarda estrecha relación con esta circunstancia.

En cuanto a los hilos interconectores, en principio podría aceptarse que éstos pueden ser tanto «corredores» fácilmente visibles —sistemas fluviales, cuerdas montañosas— como procesos ecológicos de apreciación más difícil —fenómenos derivados del flujo subsuperficial y subterráneo del agua, dinámica biológica ligada a migraciones y trasiegos—. Todas estas interconexiones pueden estar relativamente bien conservadas en algunos casos, pero en general se desconoce su estado y la importancia real de su funcionalidad.

En relación con los espacios protegidos, los criterios de declaración de tales espacios pueden ser válidos y socialmente aceptados, pero no se dispone de parámetros fiables para caracterizar y cuantificar la importancia real que tienen esas conexiones. Algunas rutas naturales y rurales, como las vías pecuarias, probablemente constituyan hilos de determinado papel e importancia en estas tramas, sin embargo, el papel de ciertos fenómenos como criterios de declaración sigue siendo un tema pendiente de investigación.

La planificación territorial y la moderna ordenación del uso de los recursos naturales deben incorporar estas consideraciones ecológicas. Paradójicamente, pese al gran conocimiento tecnológico de que se dispone hoy, su aplicación es bastante deficiente: sigue existiendo una notable desconsideración o ignorancia del contexto ambiental en el desarrollo de las grandes infraestructuras. Es curioso que, al margen de su trabajo, es habitual que los diseñadores y ejecutores de estas obras muestren una notable sensibilidad ambiental. El problema probablemente estribe en que las consideraciones ecológicas apenas constan aún en las especificaciones técnicas de planes y proyectos y están prácticamente ausentes en los trabajos que se llevan a cabo a pie de obra.

TAREAS PENDIENTES PARA CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS

La estructura ambiental de cualquier región, a cualquier escala, se basa en que el territorio es un tejido con una matriz viva de terrenos, nudos e interconexiones horizontales a manera de malla. Con este marco de referencia deben desarrollarse tareas integradoras de los objetivos del desarrollo económico con el mantenimiento de la capacidad de acogida del ambiente de acuerdo con esta estructura.

En cuanto a los nudos, la participación de la sociedad, representada principalmente por la población local, es ineludible para la conservación. Conocer la relación entre la estructura socioeconómica comarcal y la estructura paisa-

jística resulta esencial y determinante para plantear escenarios de cambio como los que vienen ocurriendo habitualmente (66).

Cuando los nudos son espacios protegidos, su conservación está ligada en la práctica a su utilidad educativa, recreativa, turística y, en determinados casos, de investigación científica. La creciente importancia económica del turismo cultural exige tipificar las demandas de este turismo, analizar su satisfacción en las diferentes comarcas y plantear análisis de coste («impactos ambientales», peligrosidades) y beneficio (potencialidades de este turismo en comarcas de cierto atractivo).

A pesar de la protección oficial con que cuentan algunos de estos nudos, las actividades de desarrollo afectan con frecuencia a su conservación e interconexión, aunque la localización espacial de estas actividades mantengan a veces notables distancias cartesianas con éstos. Es necesario fundamentar mejor las directrices para la conservación frente al disfrute de la naturaleza en los espacios protegidos y frente otros usos del territorio¹.

En cuanto a la malla espacial, caracterizar y tipificar los «puntos de tensión» entre la red natural y la red artificial de las infraestructuras parece imprescindible y cada vez más urgente. Tipificar primero y cuantificar después la conexión ecológica entre, al menos, algunos de los nudos de la red territorial parece también esencial. Esto requiere seleccionar parámetros ecológicos y medir su importancia en condiciones naturales y en relación con los mencionados puntos de tensión.

El sistema constituido, principalmente, por la actual red de transporte y la mencionada trama natural conecta entre sí determinadas «zonas sensibles», que denominamos así por la ruptura de funcionalidad que los puntos de tensión pueden suponer. Esta ruptura se resuelve de distintas formas según la funcionalidad afecte a la trama artificial (por ejemplo, construyéndose un puente) o a la natural (tiende a ignorarse su funcionalidad). Sin embargo, el mantenimiento de las redes naturales es tan importante para la naturaleza como para la propia economía humana. La proyectada ampliación de la red de transporte ibérica invita a analizar con urgencia estas circunstancias.

En la Universidad Complutense se llevan a cabo ahora estudios sobre el tema de carácter deductivo. En lo relativo a la estructura ecológica local —los mencionados nudos—, se cuenta con cierta experiencia (23,32,59,65), pero respecto a la funcionalidad de las tramas horizontales se requiere completar investigaciones metodológicas, sobre todo a escala regional (6,40,53). Se contempla un conjunto piloto de espacios protegidos andaluces (36), abarcándose también el espacio comarcal constituido por los municipios que contienen estos

¹ Leyes 12/85 de Cataluña; 12/87 de Canarias; 2/89 de Andalucía; 4/89 del Estado Español y actualización; 8/91 de Castilla y León; 5/91 de Asturias.

espacios o son vecinos de ellos. Se tiene en cuenta que el cambio socioeconómico que viene produciéndose en toda España tiene importantes consecuencias en la naturaleza (14,70), y en los paisajes culturales seculares con que todavía cuenta España. Caracterizar el marco socioeconómico es imprescindible para estimar el papel de la población local en los objetivos de la conservación.

La circunstancia guarda relación directa con una actividad económica tan importante en España como es el turismo, su creciente orientación hacia el esparcimiento y recreo en la naturaleza y el papel que pueden desempeñar los espacios protegidos —como realidades territoriales y como zonas experimentales— en la satisfacción de esta demanda, la educación ambiental y la economía local. Las investigaciones dirigidas a estos objetivos pueden proporcionar a las Administraciones autonómicas y municipales y las propias empresas privadas los escenarios territoriales que están generando los cambios socioeconómicos y la importancia que la cultura rural y la naturaleza salvaje tienen en el valor del paisaje requerido por el turismo cultural en general².

INTERFERENCIAS MALLA NATURAL-INFRAESTRUCTURAS ARTIFICIALES

Se desconoce la importancia real de las tramas de conexión espacial en el mantenimiento de algunos paisajes. Algunos procesos, como los ligados al flujo del agua, dinámicas de ladera y migraciones faunísticas parecen más evidentes, pudiéndose formalizar y cuantificar de forma quizá relativamente fácil, con expresiones cartográficas y cuadros sinópticos. Pero existen otros tipos de conexiones de importancia desconocida tanto a escala local como regional. Es necesaria una revisión de criterios de base conceptual y aplicada y establecer redes teóricas y de funcionalidad real. Estos criterios serían, entre otros, de carácter geomorfológico (tipología de pendientes y cuencas), edáfico (humificación), biogeoquímico (dinámica de nutrientes en ladera), mesoclimático (vientos dominantes, fenómenos foehn), rural (manejos agrarios, vías pecuarias).

Junto a esta tipificación se necesita detectar zonas «sensibles», que requerirá un análisis descriptivo de las infraestructuras actuales y proyectadas (vías de comunicación, embalses, etc.) y su incidencia en las redes naturales.

La red de carreteras 2000-2025 de todo el territorio español cobra especial relevancia en este contexto (67). El interés de incorporar consideraciones ambientales a la planificación de su trazado, explotación y mantenimiento es evidente. Este conjunto de infraestructuras puede ser realmente integrado en el

² La Secretaría española de Estado de Comercio y Turismo ha elaborado recientemente un plan de actuación para los próximos cuatro años para promover el turismo «según parámetros de sostenibilidad, diversificación y calidad de la oferta», a base de inversiones (una primera de 11.085 M Pta) en numerosos municipios. Los estudios en marcha pueden aportar bases ecológicas y metodología para integrar esa oferta con la conservación de la naturaleza teniéndose como referencia a las comarcas que contienen espacios protegidos (17,43,56).

territorio, minimizando sustancialmente los costes ambientales y, circunstancialmente, puede aprovecharse su trazado para mejorar el mantenimiento de muchos de sistemas rurales valiosos españoles.

La integración requiere rechazar la habitual apreciación de que la perspectiva ambiental tenga que ser tan sólo un mero adorno de decisiones técnicas y monetaristas tomadas de antemano. Como contrapartida, debería entenderse que el medio ambiente lleva asociados beneficios que deben contarse en los presupuestos de los planes, proyectos de trazado y mantenimiento, con idéntica entidad que los propiamente finalistas. Es decir, los objetivos ambientales deben ser tan finalistas como los de fomento de estos proyectos de desarrollo.

Un inteligente plan de trazado de esta red puede contribuir a potenciar el patrimonio natural secularmente conservado en la cuenca mediterránea, a base de minimizar las diferencias costes-beneficios, imitándose el funcionamiento de los procesos ecológicos sin desviarlos excesivamente de sus mecanismos naturales. Aunque las redes de caminos tradicionales difieren sustancialmente de las modernas, el conocimiento tecnológico actual supera enormemente a los antiguos, pudiendo permitir que esta integración se logre con eficacia.

Es evidente que el transporte constituye una necesidad imperiosa en el desarrollo económico (48,68). Muchos sistemas agrarios tradicionales han sido sustituidos por otros intensivos industriales. La posibilidad comercial que ofrecen las vías eficientes de comunicación lo ha facilitado. Esa sustitución no tiene que aceptarse como inevitable sino que debe ser inteligentemente orientada como complementaria. Los productos agrarios tradicionales de calidad, denominación de origen, «ecológicos», etc., de mercado cada vez más afianzado y exigente, pueden también potenciarse adecuadamente gracias a las vías de transporte. Además, la mencionada explotación turística sensata de los paisajes rurales tradicionales representa una nueva fuente de desarrollo económico, y ésta puede mejorarse incorporándose decididamente la referencia ambiental en la tipología de las carrateras y de sus trazados.

Debe considerarse que, en comparación con el resto de Europa occidental, el paisaje de la península Ibérica todavía conserva relativamente bien la estructura y el funcionamiento natural de muchos de sus sistemas naturales. Esto lo refleja el relativo buen estado de la vegetación y la fauna, que, aún mostrando fragmentadas y alteradas sus comunidades naturales, mantienen todavía entre sus componentes muchas especies emblemáticas (osos, lince, águilas, mariposas, tejos, sabinas, narcisos, centaureas, etc., algunas ya ciertamente amenazadas). El interés ecológico de estas especies radica en su valor como testimonio de hábitats bien conservados. Relacionada con estas circunstancias está también la conservación de los suelos, la gestión de los terrenos de algunas cuencas e importantes factores que interesan al ciclo hidrológico.

Actualmente han desaparecido muchos de los paisajes naturales de la selva mediterránea y otros espacios silvestres, pero la cultura rural mediterránea, que los eliminó con aciertos y errores, ha contribuido a mantener en general un buen estado de conservación, sobre todo en buena parte de los territorios de sustrato silíceo y calcáreo (agrícolamente marginales), alejados de las cuencas sedimentarias de los grandes ríos, donde la agricultura se ha desarrollado históricamente.

Todas estas circunstancias retan a la tecnología actual a llevar a la práctica la planificación de las vías de transporte dentro del tan renombrado desarrollo «sostenible».

Elementos de interés ambiental en planes y proyectos

- a) *Componentes territoriales.* A los efectos de la red viaria contemplada interesan los componentes del territorio que aporten información significativa, no recurrir a una mera recopilación o producción de mapas e informes temáticos. Esto ocurre con frecuencia en algunos estudios mal denominados «ambientales», la mayoría de las veces inútiles.

De los componentes territoriales importan algunos que actúan como «factores ambientales» (su variación afecta a los organismos vivos) y otros que corresponden al patrimonio biológico natural y rural, y en general al paisaje: factores climáticos, geomorfológicos e hídricos, componentes biológicos, vegetación y fauna, componentes de la trama rural (agraria) y estructura del paisaje natural y cultural. Interesa disponer de una descripción de la variabilidad climática (2,19) e integrarla en mapas ecológicos.

Es obvio que el trazado de la red viaria prevista debe contemplar los condicionantes climáticos desde puntos de vista técnicos, de seguridad, etc. (vientos, heladas, lluvias, etc.). Pero desde la perspectiva del ambiente se debe, no obstante, prestar atención a algunos aspectos climáticos, como la variabilidad meteorológica dentro de las regiones eurosiberianas, mediterráneas y macaronésicas hispanas (mediante climodiagramas precipitación-*evapotranspiración*); la distribución de los picos de precipitación puntual y de estrés hídrico (sequía); así como la intensidad, dirección y frecuencia de los vientos.

Los diagramas climáticos, incorporados a mapas ecológicos, ayudan a conocer la capacidad de acogida de los espacios afectados por la red viaria (fragilidad y reversibilidad ecológicas de la perturbación). Los picos de precipitación informan de la incidencia natural de la lluvia en la erosión del sustrato, sobre todo cuando la vegetación se encuentra menos activa o agostada por el estrés hídrico (también considerando la viabilidad de las restauraciones edafo-botánicas de desmontes y terraple-

nes). La dirección de los vientos informa de la importancia de los vectores de dispersión y de la posibilidad de que se den «saltos» climáticos a manera de barreras o fronteras que puedan constar en esos mapas.

También es obvio que los proyectos de trazado de esta red deben contemplar la geomorfología y la geotécnica desde las perspectivas constructora, explotadora y de mantenimiento de las carreteras. Además debe prestarse atención a determinados aspectos geodinámicos y geoquímicos y a las formas del relieve. Se trataría de que la red viaria quede «camuflada en el funcionamiento del paisaje» y no lo afecte severamente. Esto es relativamente fácil en el trazado de carreteras locales de media velocidad, y más costoso, pero no ineludible, en las vías rápidas. Las pendientes y formas de los taludes generados (lobulado horizontal y vertical de los bordes de desmontes y terraplenes) deben ser de la misma tipología y categoría que las pendientes naturales, tanto en espacios montañosos como de relieve suave. En consecuencia, se necesita incorporar a los mapas ecológicos información cartográfica detallada de la tipología de pendientes y sustratos. Con esta información pueden tabularse los tipos de taludes compatibles e incompatibles en cada modelo territorial.

Las roturas de pendiente y cortes en el modelado natural del terreno afectan a la dinámica ecológica natural y rural. Debe haber un compromiso entre las variables: superficie de terreno alterado en la construcción de un talud, pendiente de éste y forma. La tabulación aludida sirve como norma general, pero el proyecto de detalles y las decisiones a pie de obra deben ajustarse en cada caso. Sobre todo, debe considerarse que existe una notable falta de experiencia en la valoración ambiental de las diferentes alternativas que pueden darse en cada tipo de territorio. El compromiso de respetar el entorno debe quedar bien especificado en los proyectos y en sus presupuestos de ejecución.

En relación con los factores hídricos se llama la atención sobre la dinámica de las cuencas hidrográficas (circulación superficial del agua en las laderas y dinámica fluvial) y la circulación subterránea (recargas y descargas de acuíferos). Desde el punto de vista hidrológico e hidrogeológico, la mejor carretera sería la que «no tocara el suelo», por elevarse en su trazado teórico sobre suficientes pilotes y pontones. A estos efectos debe contemplarse la importancia de la capacidad de infiltración del agua de lluvia en el terreno, la escorrentía superficial, una cierta tipología estimada para las velocidades del flujo subsuperficial del agua en los suelos de las laderas, percolación-recarga de acuíferos, descargas, caudales de la red hidrográfica y aportes de cuencas y subcuencas de cierta entidad.

En los organismos gestores de las cuencas hidrográficas españolas existe poca información de este tipo en la actualidad. Su producción, va-

lidación y disponibilidad son, sin embargo, muy necesarias. Se trata de que la ampliación de la actual red viaria española no afecte, o afecte poco, a los valores de estos factores. Esta ampliación debe considerar estos aspectos en pasillos de trazado teórico lo suficientemente anchos como para evaluar el problema y establecer alternativas que minimicen su interferencia en los procesos anteriores —las habituales alternativas lineales realmente no valen de mucho—. En relación con los factores hídricos, la anchura de estos pasillos alternativos habría de ser preferentemente mayor en los terrenos sedimentarios de relieve suave (dos kilómetros) que en los sitios rocosos y montañosos (un kilómetro), dado el carácter más extensivo de la percolación y la descarga del agua en los primeros que en los segundos —formación de humedales³—. Cada caso debe ser evaluado a una escala de detalle adecuada.

- b) *Mapas ecológicos*. Los mapas ecológicos no se elaboran mediante meras superposiciones temáticas. Este es un tipo de cartografía, practicada hoy sobre todo con ayuda de los sistemas de información geográfica. Los mapas deben constituir expresiones de la matriz territorial y ofrecer una cartografía de las relaciones ecológicas. Estas relaciones pueden identificarse mediante indicadores, seleccionados de forma deductiva, que pueden ser biológicos o abióticos (20,21,22,49,61). La elaboración inteligente de estos mapas facilita, además, la caracterización de la red natural de conexiones ecológicas. Esta cartografía puede llevarse a cabo a partir del análisis de la co-ocurrencia, correlación y regresión (dependencia) entre variables ambientales de distintos tipos. España carece prácticamente de estos mapas, pero la información cartográfica temática existente puede utilizarse para elaborarlos, al menos en unas versiones preliminares. Se dispone de ensayos metodológicos localizados (20,22,49,60) y algunas aproximaciones válidas desde puntos de vista funcionales, también locales (1,53), basados en la escuela española de ecología de F. González-Bernáldez. Muy útiles y valiosos, por la información botánica y abiótica que aportan a escala geográfica, son algunos mapas basados en la escuela española de fitosociología de S. Rivas-Martínez (61,62), si bien a escala de proyecto las relaciones ecológicas deben expresarse sobre el terreno con detalle. También interesan las ver-

³ Porciones del territorio ligadas estrechamente al ciclo del agua y a su evaporación en la superficie de ciertos terrenos que pueden estar estacional o permanentemente encharcados. En ellos, en comparación con su entorno, el balance hídrico resulta notablemente negativo (la evapotranspiración real supera ampliamente a la precipitación); de manera que quedan espacialmente conectados con flujos de agua procedente de otros sitios, donde tal balance es positivo, y desde los cuales el agua escurre hacia los humedales —o «descarga» mediante flujos subterráneos—. Los humedales tienen comunidades biológicas diferentes de las de su entorno y no son un lago o un río (7,8,9). Pueden ser claramente visibles, por contener temporal o permanentemente láminas de agua, o pasar más o menos inadvertidos por carecer de ellas (criptohumedales). En ambos casos, la vegetación y la fauna son característicos y bien diferenciables, dentro de su variación de acuerdo con las características de cada humedal.

siones actualizadas del mapa forestal y de cultivos y aprovechamientos agrarios. En general, debe considerarse relevante la evaluación de los aspectos biológicos como los siguientes:

- Grado de representación territorial de unidades biocenóticas cartografiables (vegetación, fauna). Singularidad y rareza a diferentes escalas. Endemicidad.
 - Representatividad y «calidad» de la diversidad biológica de biocenosis naturales y rurales en zonas cartografiables.
 - Variación bioclimática (regiones fitoclimáticas, cinturones o pisos altitudinales de variación de la vegetación y la fauna, gradientes costa-interior). Variabilidad fenológica asociada a la variación bioclimática.
 - Grado de fragmentación de unidades biocenóticas. Estimación de su importancia botánica y faunística. En la fauna es importante identificar especies que requieren conexiones espaciales entre nodos.
- c) *Componentes rurales (agrarios)*. La trama rural debe tomar como referencia a los términos municipales afectados por los pasillos en que transcurrirá la red viaria. Debe abarcar tanto la estructura socioeconómica como la agraria. Deben identificarse, en todo caso, los núcleos urbanos situados al menos a un kilómetro de las alternativas de trazado de cada vía. En los mapas ecológicos puede quedar recogida la correspondencia trama rural-estructura socioeconómica.

La trama rural de cada comarca guarda relación con la estructura socioeconómica de sus municipios, de manera que aquella se refleja de alguna forma en esta estructura y viceversa (66). Con referencia en los municipios pueden usarse variables socioeconómicas tales como: número de agricultores a título principal y secundario, empleo ligado a la actividad ganadera y forestal, número de tractores, empleo del sector servicios, etc. Relacionado con esto hay un paisaje rural que puede describirse a través de porcentajes espaciales de terrenos agrícolas, ganaderos, forestales y silvestres, localización y relevancia de los caminos rurales que puedan ser interceptados por la red viaria, etc., así como los costes de oportunidad de los sectores agrarios que pueden quedar afectados por esta red.

- d) *Nodos, corredores y procesos*. El aumento progresivo de escala en la percepción territorial, permitiría encontrar el detalle a que los componentes territoriales y sus tramas de conexiones naturales debe condicionar el trazado de una red viaria. Por ejemplo, aspectos geotécnicos tales como la distribución de sustratos inestables o expansivos, deben condicionar el trazado de pasillos suficientemente anchos como para permitir, a escalas más detalladas, argumentar alternativas posibles de trazado de carreteras. Esta apreciación no sólo es aplicable a cuestiones

geotécnicas o topográficas, sino a todos los factores ambientales que dominan en los diferentes sitios. Pueden ser contempladas:

- Conexiones internacionales (Europea, Europea-Africana: migraciones animales).
- Conexiones regionales (p.ej., dinámica Ebro-Delta, Guadalquivir-Doñana, Sierra de Altomira-Mancha húmeda, trashumancia).
- Conexiones comarcales (p.ej., Sierra de Huelva y Sevilla-Guadimmar-Doñana; Sierra de Guadarrama-Parque Regional del Manzanares-El Pardo).
- Conexiones locales (p.ej., trasterminancia; sistemas montaña-laderas).

La funcionalidad de las conexiones es importante para mantener fenómenos ecológicos que pueden ser esenciales. Esto es bien apreciable, por ejemplo, en ciertos componentes de la fauna cuyas áreas de reproducción y alimentación pueden estar en hábitats propios de esos nodos, pero sus necesidades de dispersión y colonización dependen de las facilidades que ofrezca la existencia de corredores entre aquéllos. Las posibilidades, y la probable importancia, de estas conexiones vienen dadas por la superficie de las zonas consideradas como nodos, la distancia entre nodos equivalentes —para según qué procesos (p.ej., las conexiones animales son diferentes de las derivadas de los flujos hídricos)— y la naturaleza del ambiente o matriz que rodea a nodos y corredores (p.ej., un ambiente hostil dificulta la interacción) (4).

Los corredores que interesan al problema tratado tienen sobre todo un soporte sólido (el terreno), pudiendo identificarse como superficies más o menos continuas, de forma alargada, como ocurre con ciertos bosques de galería, y también como zonas discontinuas relativamente alejadas entre sí, como ocurre, por un lado, con los terrenos de infiltración y recarga de las aguas subterráneas y, por otro, con los sitios donde descargan esas aguas (humedales de distintos tipos) —estos casos no tienen que responder a una estructura de pasillo continuo, al menos en la superficie del territorio.

De acuerdo con estas observaciones, los corredores que pueden ser considerados corresponden a los tipos siguientes:

- Red hidrográfica. Sistemas riparios formados por bosques y otras formaciones propias de sotos más o menos desarrollados.
- Comarcas con patente implantación de sistemas agrarios de base tradicional, con reticulados a base de setos y ribazos.
- Sistemas de ladera peculiares, que mantienen sistemas montaraces y agrarios integrados.
- Cerros, montañas y cuerdas o divisorias de las principales cadenas montañosas.

- Red de cañadas, cordeles y veredas.
- Sistemas discontinuos de recarga y descarga de aguas subterráneas, sobre todo en las cuencas sedimentarias de los grandes ríos. Humedales hiporreicos.
- Determinadas extensiones de monte mediterráneo o de otros tipos que conservan ciertas especies emblemáticas (oso, lobo, lince) que precisan conexiones a lo largo de territorios extensos.
- Sistemas dunares.
- Deltas y sistemas de marismas de distintos tipos.

Ante el problema tratado no importarían tanto los pasillos que emplean como vector a la atmósfera, determinando migraciones, trasiegos de masas de aire y materiales biogeoquímicos, en principio no afectados por la red viaria considerada, salvo a escalas de cierto detalle.

Interrelaciones de hábitats, escalas y compromisos políticos

La fragmentación de los hábitats silvestres y su degradación explican el continuo declive de ambientes que representan hoy los únicos reservorios de biodiversidad. Estos ambientes son además, hasta cierto punto, una garantía de permanencia de la «naturaleza» y de las posibilidades de su mantenimiento y recuperación. La interconexión de estos ambientes es una tarea de interés nacional, que compromete a las Administraciones autonómicas y estatal. Ya se ha mencionado que la integración de la red de infraestructuras viarias constituye un compromiso entre diferentes departamentos de la Administración.

Las políticas de conservación basadas en la consideración de especies biológicas o porciones del territorio aislados es inadecuada a largo plazo. Los patrones de dispersión y migración deben ser salvaguardados reconociéndose sus conexiones territoriales. Este constituye el principal reto de la integración entre las infraestructuras de desarrollo y el tejido territorial. Las medidas autonómicas son insuficientes en los casos en que la escala de las conexiones abarca territorios extensos (p. ej., la protección del lince ibérico requiere conectar extensos corredores de monte mediterráneo que van desde el centro al Sur de la península; esta especie tiene intrínsecamente un alto valor emblemático, pero desde el punto de vista ecológico representa, sobre todo un indicador del grado de conservación y conexión entre extensos espacios de monte). En otros casos, los hábitats mantienen mecanismos propios de autorregulación y su mantenimiento depende precisamente de su aislamiento, de manera que la conexión constituye un inconveniente.

Al comentarse la importancia de los factores geomorfológicos e hídricos se han referido algunos procesos cuyo mantenimiento depende de la salvaguarda de la dinámica biogeoquímica. Esta dinámica opera a través de diferentes há-

bitats. La red hidrográfica representa una síntesis de la conexión entre sucesivos procesos vectoriales, en los que los fenómenos de exportación, tránsito y acumulación de agua, nutrientes y materia orgánica representan las vías de conexión a lo largo de las laderas. Las características de los estuarios y la formación de deltas y zonas de marismas costeras constituyen una síntesis geográfica de esta dinámica. A lo largo de los gradientes regionales de las cuencas se repiten estos procesos a diferentes escalas de detalle. Los reticulados rurales, a base de mantener setos y ribazos en el seno del terreno cultivado o pastoreado, ralentizan estos procesos sin impedir la conexión gravitacional que los genera. A lo largo de los ríos, los bosques de galería, en los sitios donde se mantienen, contribuyen a este entramado y pueden actuar también como corredores (69).

Algunos nodos de la red de infraestructuras naturales son espacios con ecosistemas fundamentalmente maduros —de baja tasa de renovación (con tendencia a acumular biomasa, madera, leña y humus en el suelo, si el clima lo permite), y esencialmente montaraces—, pero en otros casos, la importancia de los nodos puede derivar de su funcionamiento como «fuentes» en el trasiego de componentes naturales, conectados con otros espacios, generalmente productivos (como los terrenos agrícolas y pastos de media y baja ladera), que actúan como «sumideros». Las conexiones vectoriales entre la montaña y los piedemontes, o las lomas y los valles, constituyen ejemplos de este tipo. La fertilidad de los últimos viene determinada por la funcionalidad de los sistemas montañas-rampas o laderas-vaguadas (flujos de agua y nutrientes, movimientos de la fauna y el ganado, etc.). La interrelación monte-pasto y monte-cultivo se basa en casi toda la geografía mediterránea en el mantenimiento del primero en las lomas, cerros o partes altas de las laderas, y los segundos en las zonas medias y bajas. El uso de fertilizantes químicos, tan extendido, exagerado y ligado a una economía agraria ficticia, no resulta suficiente a largo plazo para el mantenimiento de estos sistemas, de manera que la rotura de estas conexiones no puede obviarse mediante su uso.

Otro caso del tipo de conexión fuente-sumidero lo constituyen las dunas costeras, cuyos aportes arenosos proceden del mar y las playas, estando representado el sumidero por las propias dunas. Existen muchos casos de rotura de esta conexión por el trazado de carreteras.

Estos últimos casos corresponderían a porciones «abiertas» de la red, disipadoras de energía. En otros casos las conexiones a través de los corredores interesan a sistemas maduros, y estarían controladas tanto por fenómenos biológicos migratorios como por procesos físicos. Ambos tipos de conexiones pueden mantener a lo largo del año actividades «punta» y actividades de «sosiego» o reposo, según las condiciones climáticas estacionales, fenología, migración faunística, etc.

Los cerros, cumbres y cuerdas montañosas constituyen también corredores para migraciones biológicas y nodos «fuentes» para procesos como los comen-

tados. Su conservación pocas veces puede verse afectada por el trazado de redes viarias, pero sí su funcionalidad como fuentes.

En España, la red de cañadas reales, cordeles y veredas mantiene aún su estructura esencial. Su existencia facilita el mantenimiento de la trama rural y constituyen excelentes corredores. Con frecuencia, la red de carreteras la ha alterado, destruido o utilizado, sin que los medios tecnológicos hayan ofrecido alternativa. Mas frecuente ha sido la impune utilización con distintos fines, mal justificados, por los propios Ayuntamientos. Su conservación y rehabilitación en los tramos destruidos resulta, sin embargo, cada vez más imperiosa, y debe constituir en sí misma un objetivo de la red 2000-2025.

Cruzar la red de infraestructuras previstas con la red natural teniendo en consideración todas estas circunstancias puede suponer pues la completa descomposición de la segunda o su mantenimiento, siempre que la funcionalidad de los distintos tipos de nodos, sumideros y flujos mantenga su eficacia.

EIA, proyectos, obras y mantenimiento de la red viaria

Los estudios de Evaluación del Impacto Ambiental, EIA, de la red deben incorporar los criterios ambientales señalados más arriba (42). Las Declaraciones de Impacto correspondientes deben garantizarlo. Se trata de de nuevo de plantear el compromiso de interacción entre diferentes departamentos de la Administración. Se parte de la idea de que la gran mayoría de los EIA realizados en España son incompletos o insuficientes. La revisión de todo estudio de impacto a pie de obra y la disposición de una guía de actuación ambiental debería presidir la filosofía del Marco Director de Carreteras. Las Declaraciones de Impacto llevadas a cabo por el Organismo Ambiental Competente deben especificar si el fundamento de las conclusiones más relevantes de los EIA es adecuado y quienes las avalan. Es importante considerar los temas y aspectos siguientes (42):

- *Geomorfología y suelos*: relación de puntos de interés relevante identificados por su cualidad; erosionabilidad e inestabilidad, en relación con la creación de taludes o terraplenes por el trazado de la carretera; relación de localidades de intercepción de la traza con suelos de relevancia agrícola (limos fluviales, otros sustratos productivos); singularidad ambiental; superficie de los mismos y porcentaje en cada subtramo afectados por el trazado.
- *Hidrogeología superficial*: relación de sectores de intercepción del trazado con cauces relevantes y secundarios; identificación del tramo de cauce interceptado; cuencas locales de recepción (laderas)-descarga superficial (superficies horizontales de humedales a pie de esas laderas); calificación de su importancia y cuantificación de la superficie del humedal; identificación de sus indicadores vegetales; y charcas o embalsa-

- mientos naturales o artificiales; calificación de su importancia y cuantificación de su superficie; identificación de sus indicadores freatofitos.
- *Hidrogeología subterránea*: relación de zonas de recarga y descarga de acuíferos afectadas por el trazado e importancia de éstas; identificación de sus indicadores vegetales.
 - *Vegetación*: relación de localidades de intercepción de la carretera con cada unidad de vegetación considerando: grado de rareza, singularidad y valor regional, estatal y europeo, de las unidades afectadas; superficie y porcentaje de la afección por el trazado en cada tramo; identificación de las comunidades y especies singulares (protegidas, endémicas) propias de las unidades de vegetación interceptadas por la traza.
 - *Fauna*: relación de localidades de intercepción de la carretera con cada tipo de área faunística del territorio afectado; indicación del grado de rareza, singularidad y valor regional, estatal y europeo, de las áreas afectadas; superficie y porcentaje de la afección por la traza en cada área y subtramo; identificación de las comunidades y especies singulares (protegidas, endémicas) propias de las áreas interceptadas por la carretera y zonas relevantes de nidificación o invernada; época anual de posible mayor incidencia de la carretera; localización de los efectos barrera relevantes, principalmente en función de las rutas de campeo de vertebrados.
 - *Trama rural*: relación de municipios afectados por obra y explotación; localización de núcleos urbanos situados a dos kilómetros de la carretera; porcentaje de terrenos agrícolas, ganaderos y forestales interceptados por cada tramo; costes de oportunidad en pesetas corrientes de los sectores agrarios afectados; localización y relevancia de los caminos rurales interceptados por la traza.
 - *Paisaje*: relación de puntos de interés paisajístico predominante y secundario identificados por su calidad y por su visibilidad a lo largo de la carretera. Es importante camuflar el trazado en sectores que afecten a cuencas visuales relevantes. Estas deben considerarse, al menos, de acuerdo con las nueve posibilidades que ofrece el cruce: 3 grados de calidad paisajística x 3 grados de visibilidad de esas cuencas. En la estimación de la calidad paisajística no debe olvidarse considerar la topografía, la presencia de ambientes visiblemente ligados al agua, la vegetación y el carácter y personalidad del hábitat natural o rural (p.ej., ambientes esteparios, valles, agricultura tradicional o reticulados rurales de calidad estética). La visibilidad se identifica por puntos singulares frecuentados o frecuentables (miradores, monumentos culturales o naturales, zonas de acampada, núcleos de población, carreteras, ferrocarriles) o susceptibles de serlo por su accesibilidad, pudiéndose descartar zonas con grado de visibilidad cero o situadas a una distancia superior a cinco kilómetros de la carretera. En porciones del trazado próximas a núcleos urbanos esa distancia no debe superar el medio kilómetro y la cuenca a considerar debería ser visual y auditiva.
 - *Otros aspectos*: como los de interés paleontológico, cultural o histórico.

La ejecución de las obras debe contemplar un plan para minimizar daños de operación, como, p.ej., los debidos al trasiego de máquinas, trazado de caminos de obra, almacenaje y retirada de materiales, etc.⁴. A la entrega de la obra, el aspecto final de la misma, con todos sus componentes y, en su caso, vías de servicio, estaciones de servicio y de descanso, miradores, etc., debe tener en consideración los aspectos anteriores. Los caminos o carreteras de acceso a las obras, líneas eléctricas y depósitos de agua de trabajo, etc., deben quedar restaurados y su aspecto final cuidarse expresamente, de manera que la carretera quede integrada en el paisaje.

En relación con el diseño de taludes, las formas de desmontes, préstamos, terraplenes y caballeros deben ser apreciadas desde el punto de vista del paisaje en que se encuentran, de forma que no deben considerarse terminados desde los puntos de vista topográfico, hidrológico ni edafo-botánico sin certificarse debidamente esta integración. Ello obliga a que el diseño de obras de interés ambiental y su vigilancia a pie de obra se lleven a cabo rigurosamente. El análisis de alternativas detalladas de trazado, así como la posibilidad de construcción de puentes en lugar de terraplenes para el paso de ciertas vauadas, resulta esencial. La visibilidad de estos debe ser, en todo caso, tratada en detalle. La embocadura de los túneles debe prever correcciones visuales de tipo topográfico y edafo-botánico.

La cobertura con «tierra vegetal» y sembrados de plantas en algunos taludes precisa una cuidada integración ecológica y paisajística (cromática, fisiológica, fisiológica) con especies preferentemente nativas, justificándose su omisión en caso contrario, y, sobre todo, un seguimiento cuantitativo durante un periodo no inferior a la década. Este aspecto es importante desde el punto de vista estético. Se aconseja que el periodo de vigencia de un proyecto de restauración ecológica de taludes y terraplenes no sea inferior a ese tiempo (15, 24, 44, 51, 57, 63).

En cuanto a la dinámica hidrológica, la superficial y subsuperficial suele ser considerada en casos de intercepción de trazados con cauces fluviales evidentes (construcción de pasos de agua a través de terraplenes). Merecen análisis detallados todas las situaciones en que los flujos de agua se encuentran interceptados. Así, los sitios de conexión de amplias laderas —que actúan como cuencas de recepción— con zonas planas húmedas mas o menos permeables, que pueden quedar privadas de suministro laminar de agua. Estas zonas planas pueden ser humedales localizados —a veces los poco evidentes, criptohumedales (6,7,8,9,11,53).

⁴ Detalles tales como la cobertura de las cargas de camiones, cuya polvareda afecta al entorno, comunidades biológicas, sembrados, etc., salvaguarda expresa de pequeños cauces, construcción de pilares de viaductos desde arriba en algunos valles, etc.

REFERENCIAS

- ALLIER, C., GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F. & RAMÍREZ-DÍAZ, L. (1974). *Mapa ecológico de la Reserva Biológica de Doñana, 1:10.000*. CSIC, Sevilla (1).
- ALLUE ANDRADE, J.L. (1990). *Atlas fitoclimático de España*. INIA, Madrid (2).
- BALDOCK, D., BEAUFOY, G., BENNETT, G. & CLARK, J. 1993. *Nature Conservation and New Directions in the Common Agricultural Policy*. Institute for European Environmental Policy, Arnhem (3).
- BENNETT, G. (Ed.). (1991). *EECONET, An European Ecological Network*. Inst. European Environm. Policy Publ., Arnhem (4).
- BENNETT, G. (Ed.). (1994). *Conserving Europe's Natural Heritage. Towards a European Ecological Network*. Graham & Trotman/M.Nijhoff, Internat. Environm. Law & Policy Series, Dordrecht (5).
- BERNÁLDEZ, F.G., HERRERA, P., LEVASSOR, C., PECO, B. & SASTRE, A. (1987). Las aguas subterráneas en el paisaje. *Invest. y Ci.* 127:8-17 (6).
- BERNÁLDEZ, F. G. (1989). Ecosistemas áridos y endorreicos españoles. En: *Zonas Áridas en España*. Real Acad. Española de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid:66.109 (7).
- BERNÁLDEZ, F. G. (1992a). Ecological aspects of wetland/groundwater relationships in Spain. *Limnetica* 8:11-26 (8).
- BERNÁLDEZ, F. G. (1992b). *Los paisajes del agua: terminología popular de los humedales*. J.M. Reyero, Eds., Madrid (9).
- BERNÁLDEZ, F. G. (1991). Diversidad biológica, gestión de ecosistemas y nuevas políticas agrarias. En: F.D. Pineda y otros (Eds.). *Diversidad Biológica*. SCOPE. WWF-Adena, F. Areces. Madrid: 23-32 (10).
- BERNÁLDEZ, F.G. (1987). Las zonas encharcables españolas: el marco conceptual. En: *Bases científicas para la protección de los humedales en España*. Real Acad. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid: 9-30 (11).
- BERNÁLDEZ, F.G. (1995). Western Mediterranean Land-use Systems as antecedents for Semiarid América. In: Turner, B.L., Gómez-Sal, A. Bernáldez, F.G. & di Castri, F. (Eds.): *Global Land Use Change*. SCOPE-CSIC, Madrid: 131-149 (12).
- BISCHOFF, N.T. & JONGMAN, R.H.G. (1993). *Development of Rural Areas in Europe: The Claim for Nature*. Netherlands Sci. Council for Government Policy. V 79. The Hague (13).
- BUNCE, R.G.H., PÉREZ-SOBA, M., ELBERSEN, B.S., PRADOS, M.J., ANDERSEN, E., BELL, M. & SMEETS, P.J. (Eds.). (2001). *Examples of European agri-environment schemes and livestock systems and their influence on Spanish cultural landscapes*. Alterra, Wageningen (14).
- CANO, A., LOUREIRO, J., PÉREZ, M. & MONTALVO, J. (1999). Erosión y protección de taludes de desmonte de vías de comunicación del Suroeste Galicia. I Congreso Hispano-Portugués y IV Simposio Español sobre Carreteras y Medio Ambiente, Torremolinos, Junio, 1998. Asociación Técnica de Carreteras, Madrid (15).

- CASADO, M. A., DE MIGUEL, J.M., STERLING, A., PECO, B., GALIANO, E.F. Y PINEDA, F. D. (1985). Production and spatial structure of Mediterranean pastures in different stages of ecological succession. *Vegetatio* 64: 75-86 (16).
- DE GRAAF, H.J., MUSTERS, C.J.M. & TER KEURS, W.J. (1996). Sustainable development: looking for new strategies. *Ecological Economics* 16: 205-216 (17).
- DE JUANA, E., DÍAZ-PINEDA, F., HEDO, D., HERNÁNDEZ, S., LADERO, M., NARDIZ, C. & VALERO, M.A. 1999. *Marco Director de Carreteras: Metodología para el establecimiento de los Criterios Ambientales a incluir en los Estudios de Carreteras. Cartografía básica Medioambiental*. Informe para la Secr. de Estado de Infraestructuras y Transportes, Ministerio de Fomento, Madrid, 177 pp (18).
- DE NICOLÁS, J.P. Y OTROS (2001). *Climatología de las Islas Canarias*. En elaboración (19).
- DE PABLO, C.L., MARTÍN DE AGAR, P., GÓMEZ SAL, A. & PINEDA, F.D. (1988). Descriptive capacity and indicative value of territorial variables in ecological cartography: spectra and profiles of mutual information. *Landscape Ecology* 1: 203-211 (20).
- DE PABLO, C.L. & DÍAZ-PINEDA, F. (1985). Análisis multivariante del territorio para su cartografía ecológica. Ensayo preliminar en la provincia de Madrid. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense* 5: 235-260 (21).
- DE PABLO, C.L., GÓMEZ SAL, A. & PINEDA, F.D. (1987). Elaboration automatique d'une cartographie ecologique et son evaluation avec des parametres de la theorie de l'information. *L'Espace Geographique* 2: 115-128 (22).
- DÍAZ PINEDA, F. & CASTRO, H. (Directores). (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 (23).
- DÍAZ PINEDA, F. & PECO, B. (1988). Pastizales adhesados de El Pardo. *Mundo Científico, La Recherche* 79 (8): 386-395 (24).
- DÍAZ PINEDA, F. (1991). Espacios Naturales Protegidos. *Rev. Situación* 2:41-53 (25).
- DÍAZ PINEDA, F. (1997). Las tramas territoriales ante la idea de desarrollo. *Naturzale*. Cuad. de C. Naturales de la Soc. de Estudios Vascos 12:49-55 (26).
- DÍAZ PINEDA, F. (2001). Las deficiencias ambientales de un Plan Hidrológico Nacional. En: Arrojo, P. (Coord.). *El Plan Hidrológico Nacional a Debate*. Bakeaz, Bilbao (27).
- DÍAZ PINEDA, F. (2001). Desarrollo y abandono del mundo rural. En: Moneo, J. (Ed.): *Dinámica Urbana en la Sociedad Global*. Síntesis, Madrid, en prensa (28).
- DÍAZ PINEDA, F. (2001). Espacio y tramas de funcionamiento en el paisaje mediterráneo. En: Morey, M. & Mayol, J. (Eds.). *El paisaje y el hombre: valoración y conservación del paisaje natural, rural y urbano*. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid: 37-54 (29).

- ELÍAS, F. & RUIZ, L. (1977). *Agroclimatología de España*. INM, Madrid (30).
- FERNÁNDEZ ALÉS, R. *et al.* (1992). Recent changes in landscape structure and function in a mediterranean region of SW Spain (1950-1984). *Landscape Ecology* 7: 3-18 (31).
- FERNÁNDEZ, E., AGUILERA, P., RESCIA, A., CASTRO, H., SCHMITZ, M.F. & PINEDA, F. D. (1998). 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, Almería. J.Andalucía, Sevilla: 43-53 (32).
- FERNÁNDEZ, E., RESCIA, A., AGUILERA, P., CASTRO, H., SCHMITZ, M.F. & PINEDA, F. D. (2000). The natural offer of the landscape and the demand for tourism: a spatial analysis of visitors' preferences. In: Brebbia, C.A. & Pascolo, P. (Eds.): *Management Information Systems 2000. GIS and Remote Sensing*. WIT Press, Boston: 75-89 (33).
- FONT TULLOT, I. (Director). (1983). *Atlas climático de España*. INM, Madrid (34).
- FONT TULLOT, I. 1984. *Atlas de radiación solar en España*. INM, Madrid (35).
- FPNE. (1998). *Espacios Naturales Protegidos del Estado Español*. Sección del Estado Español de la Federación de Parques Naturales y Nacionales de Europa. Universidad Complutense. Madrid (36).
- GARCÍA PEDRAZA, L., ELÍAS, F. & RUIZ, L. (1977). *Estudio de heladas en España*. Serv. Meteorológico Nac., Madrid (37).
- GIAO, A. (1966). *Climatologie dynamique de la Péninsule Iberique*. Inst. Gulbenkian Lisboa 4:127-207 (38).
- GILMOUR, D.A., BUDOWSKI, G., WICKRAMASINGHE, A., PINEDA, F.D. & MONTALVO, J. (1995). Background and Guidelines for conservation planners. In: Gilmour, D. (Ed): *Biological Diversity outside Protected Areas; Overview of Traditional Agroecosystems*. UICN, Forest Conservation Programme. Gland:1-10 (39).
- GÓMEZ SAL, A., RODRIGUEZ, M.A. & DE MIGUEL, J. M. (1992). Matter transfer and land use by cattle in a dehesa ecosystem. *Vegetatio* 100: 345-354 (40).
- GROOME, H. (1990). *Historia de la Política Forestal del Estado Español*. Publs. de la Agencia de Medio Ambiente, Madrid (41).
- HERNÁNDEZ, S. & PINEDA, F.D. (1998). *Ferrocarril de alta velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa. Directrices para la restauración ambiental del trazado*. Gestor de Infraestructuras Ferroviarias, GIF. Mº Fomento, Madrid, 45 pp (42).
- HJALAGER, A.M. (1996). Agricultural diversification into tourism. *Tourism Management* 17: 103-111 (43).
- HOWALD, A.M. & D'ANTONIO, C. (1989). *Designing a monitoring program for a native plant community revegetation project*. Proc. 1st Ann. Conf. The Society for Ecological Restoration, Oakland, Jan, 1989: 182-193 (44).
- LINES, A. (1970). The climate of the Iberian Peninsula. In: Landsberg, H.E. (Ed.): *World Survey of Climatology*. Vol V. Elsevier, Amsterdam (45).
- LINES, A. (1981). *Perturbaciones típicas que afectan a la península Ibérica y precipitaciones asociadas*. INM, Madrid (46).

- LLAMAS, M.R. (2001). Comentarios para la Comisión de Medio Ambiente del Congreso de los Diputados en relación con la tramitación parlamentaria del proyecto de Ley de Plan Hidrológico Nacional. En: Arrojo, P. (Coord.): *El Plan Hidrológico Nacional a Debate*. Bakeaz, Bilbao: 269-286 (47).
- MARGALEF, R. (1974). *Ecología*. Omega, Barcelona (48).
- MARTIN DE AGAR, P. DE PABLO, C. & PINEDA, F.D. (1995). Mapping the Ecological Structure of a Territory: A Case Study in Madrid (central Spain). *Environmental Management* 19 (3):345-357 (49).
- MARTÍN DE AGAR, M.P., DE PABLO, C.L., SCHMITZ, M.F., ATAURI, J.A., RESCIA, A. & PINEDA, F.D. (1996). Incidencias ambientales de los cambios de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. En: Angulo, E. & Quincoces, I. (Eds.): *Reserva de la Biosfera de Urdaibai: Investigación básica y aplicada*. Eusko Jaurlaritz, Vitoria: 297-334 (50).
- MARTÍN DUQUE, J.F., PEDRAZA, J., DíEZ, A., SANZ, M.A. & CARRASCO, R.M. (1998). Criterios geomorfológicos en la restauración del paisaje. Metodología aplicada a terrenos afectados por explotaciones mineras abandonadas. *Actas II Congreso de Ingeniería del Paisaje*, La Coruña: 111-121 (51).
- MONTALVO, J., RAMÍREZ, L., DE PABLO, C.T.L. & PINEDA, F.D. (1993). Impact Minimization through Environmentally-based Site Selection: a multivariate approach. *J. of Environm. Management* 38:13-25 (52).
- 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 (53).
- MOREY, M. & MAYOL, J. (Eds.). (2001). *El paisaje y el hombre: valoración y conservación del paisaje natural, rural y urbano*. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid (54).
- MÚGICA, M., DE LUCIO, J.V. & PINEDA, F.D. (1996). The Madrid Ecological Network. In: Nowicki, P., Bennet, G. & Middleton, D. (Eds.): *Perspectives on ecological networks*. ECNC. Series Man and Nature Vol.1, Arnhem-Tilburg: 49-59 (55).
- MUSTERS, C.J.M., DE GRAAF, H.J. & TER KEURS, W.J. (1998). Defining socio-environmental systems for sustainable development. *Ecological Economics* 26: 243-258. (56).
- PEIRÓ, G. (1993.) *Protección de taludes por hidrosiembra*. Consellería de Agricultura y Pesca, Generalitat Valenciana, Valencia (57).
- PINEDA, F.D. (2001). Intensification, rural abandonment and nature conservation in Spain. In: Bunce, R.G.H., Pérez-Soba, M., Elbersen, B.S., Prados, M.J., Andersen, E., Bell, M. & Smeets, P.J. (Eds.). *Examples of European agri-environment schemes and livestock systems and their influence on Spanish cultural landscapes*. Alterra, Wageningen: 23-38 (58).
- RAMOS, S., FERNÁNDEZ, E., RESCIA, A., AGUILERA, P., CASTRO, H., SCHMITZ, M.F. & PINEDA, F.D. (1998). La oferta natural del territorio y la demanda turística: análisis espacial de las preferencias de los visitantes. En: *Actas del V Congr. Interamericano de Medio Ambiente*, La Habana. 14 pp. Edición en diskette (59).

- RESCIA, A., SCHMITZ, M.F., MARTIN DE AGAR, P., DE PABLO, C.L. & PINEDA, F.D. (1994). Influence of landscape complexity and land management on woody plant diversity in northern Spain. *J. of Veget. Science* 5:505-516 (60).
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. *et al.* (1994). Habitats de la directiva 92/43/CEE existentes en España. ICONA, Madrid. Inédito (61).
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. Y OTROS. (1987). *Mapa de Series de vegetación de España, 1:400.000*. ICONA, Madrid (62).
- RUIZ DE LA TORRE, J. Y OTROS. (1990). *Catálogo de especies vegetales a utilizar en plantaciones de carreteras*. MOPU, Madrid (63).
- SCHMITZ M.F., ATAURI, J.A., DE PABLO, C.L., MARTÍN DE AGAR, P., RESCIA, A. & PINEDA, F.D. (1998). Changes in land use in Northern Spain: effects of forestry management on soil conservation. *Forest Ecology and Management* 37:137-150 (64).
- SCHMITZ, M.F. (Directora). (2000). *Análisis de potencialidades y limitaciones de uso del patrimonio natural y rural para el desarrollo del turismo cultural en la zona Els Ports-Maestrat, Castellón*. Fundación Els Ports-Maestrat, Castellón (65).
- SCHMITZ, M.F., DE ARANZABAL, I., RESCIA, A. & PINEDA, F D. (2001). Implications of socioeconomic changes in Mediterranean cultural landscapes. *Inst.Geographici Univ. Tartuensis* 92 (2):788-793 (66).
- SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS Y TRANSPORTES. (1999). *Marco Director de Carreteras. Cartografía Básica Medioambiental*. Ministerio de Fomento, Madrid (67).
- SERRANO, A. Y OTROS. (1997). El transporte, vía abierta hacia el futuro. Informes especiales I, II y III. Serie de artículos. *Ranking* 107,109 y 110 (68).
- STERLING, A. (1996). *Los sotos, refugios de vida Silvestre*. Publ. Mº Agricultura, Madrid (69).
- SUMPSI, J.M. & VARELA-ORTEGA, C. (2000). Política agraria y medio ambiente en la Comunidad Europea. El caso de España. En: Díaz Pineda, F., De Miguel, J.M. & Casado, M.A. (Eds.). *La diversidad biológica de Iberoamérica. España*. CYTED. Vol. IV. Multimedia-Preston, Madrid. En prensa (70).
- SUMPSI, J.M., DÍAZ PINEDA, F., GÓMEZ OREA, D., HERNÁNDEZ, J.M., MONTES, C., TIÓ, C. Y ARRANZ, A. (1994). *Dictamen sobre el Plan Hidrológico Nacional. I. Dictamen; II. Análisis metodológico; III. Evaluación ex-ante; IV. Propuestas de Mejora del Anteproyecto de Ley de Plan Hidrológico Nacional; V. Síntesis de Alegaciones*. Dirección General de Política Ambiental. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y medio Ambiente. QUASAR, S.A., Madrid (71).