

# LA EROSIÓN HÍDRICA EN LAS CARRETERAS Y CAMINOS DE ESPAÑA: ¿UN FACTOR DE RETRASO EN NUESTRO DESARROLLO?

POR

JOAQUÍN NAVARRO HEVIA\*

## 1. Introducción

A lo largo de la historia de España, la situación de la red de transporte terrestre ha ido evolucionando lentamente condicionada por el abrupto relieve de la Península y por las circunstancias socioeconómicas e históricas. Nuestros sistemas montañosos han constituido barreras difícilmente franqueables entre regiones. De los 505.986 km<sup>2</sup> que componen hoy el territorio nacional, el 57,7% se halla por encima de la cota 600 m y el 18,4% supera la cota 1000 m (INE, 1999); morfológicamente, alrededor del 22% de la superficie es de montaña, el 32% son colinas y montes y el 46% restante llanuras (Guijarro, 1998). Esto ha dificultado en gran medida el comercio y ha obligado a nuestros soberanos a emprender magnas empresas como el paso de Reinosa a Santander, el Puerto de Guadarrama, Despeñaperros, o canales navegables como el canal de Castilla o el Imperial de Aragón. La lucha contra el relieve, contra la torrencialidad de nuestras lluvias y las guerras prolongaron durante siglos la culminación de estas obras o dieron al traste con otras como el canal de Guadarrama, el de Amposta o la desgraciada presa de Puentes en la cuenca del río Guadalentín (Murcia), que en 1802 tras varios meses de fuertes precipitaciones se desbordó y reventó dejando como legado más de seiscientos muertos (Búrdalo, 1988).

---

\* Profesor de Hidrología. E.T.S.I. Agrarias (Universidad de Valladolid).

La erosión en las carreteras y caminos y, en consecuencia su lamentable estado, ha ejercido un protagonismo notable en el desarrollo de nuestro país impidiendo a veces las comunicaciones en momentos decisivos, afectando al acontecer de guerras, a la entrega de misivas políticas, y, lo que ha sido más grave, ralentizando el progreso de nuestra nación. Valga como ejemplo lo que escribió Bernardo Ward, ministro de Moneda y Comercio de Fernando VI, en su *Proyecto Económico* para España (Búrdalo, 1988): «*El retraso que padecen en España la agricultura, las fábricas y el comercio, bien se sabe que en gran parte procede de la falta de comunicación de una provincia con otra en el interior del Reino, y de todas con el mar; ésta se consigue por medio de ríos navegables, canales y buenos caminos*».

En las siguientes páginas se pretende resaltar mediante testimonios, referencias históricas y diversos datos cómo la erosión en las vías de infraestructura ha jugado un papel destacado en el devenir y en la imagen de nuestra Nación a través de los siglos.

Hay que señalar que las fases erosivas por las que han pasado nuestras carreteras y caminos han sido distintas a lo largo del tiempo. Durante muchos siglos, desde el final de la época romana y hasta que se afirman los caminos mediante el *macadam* y los *alquitranes* durante el siglo XIX, la erosión se ocasionaba en toda la sección de la vía: explanación, cunetas, desmontes y terraplenes; mientras que durante el periodo romano y el actual, la erosión se centra fundamentalmente en las cunetas si son de tierra, en los desmontes y en los terraplenes. La calzada, en la actualidad, queda protegida por los firmes asfálticos u hormigones, y en la época romana, por el empedrado que ejecutaron los romanos en una extensa longitud de su red viaria. Por lo tanto, si hoy se considera grave el problema erosivo asociado a las carreteras no ha sido menos el que se ha venido produciendo desde el comienzo de la historia de los caminos (Navarro, 2002), ya que aunque se piensa que es durante el siglo XX cuando el hombre ha afectado más al paisaje, debido a la potente maquinaria que posee, antes del siglo XIX, la energía de los motores se suplía con la sanguínea animal y/o humana empleada en ingentes cantidades.

## 2. La erosión hídrica en nuestra red viaria

### 2.1. La prehistoria y el período prerromano

Los primeros caminos en la Península aparecieron en el *Paleolítico Superior*, como resultado de la búsqueda de caza y la recolección de frutos por las primitivas comunidades indígenas (Uriol, 1990). Estas sendas en los albores de nuestra historia no podían ser muy largas, ya que antes de que el hombre aprendiera a nadar o a construir canoas, una masa de agua de cierta extensión constituía un obstáculo casi insalvable (Giménez La Rosa, 1989; Muñoz Sebastián, 1994) (Fig. 1). Por ello las migraciones en el interior de la Península se tuvieron que iniciar siguiendo los valles fluviales hasta zonas vadeables y buscando pasos en las montañas. Las sendas no estarían muy afectadas por la erosión ya que la intensidad de pisoteo no podía ser muy alta. La población que entonces deambulaba por tierras ibéricas oscilaba entre 50.000 y 100.000 habitantes (Vicens Vives, cit. Uriol, 1990).

En general, se admite que la erosión hídrica antrópica comienza con el principio de la agricultura hace 9.500 años, sin embargo en los caminos ibéricos podríamos decir que surge fundamentalmente tras la aparición de la rueda, inventada durante el Neolítico. En las pinturas rupestres de Peñalsordo y en estelas extremeñas aparecen dibujos en los que se refleja que ya se usaba el carro hacia el año 1000 a.C. (Uriol, 1990;

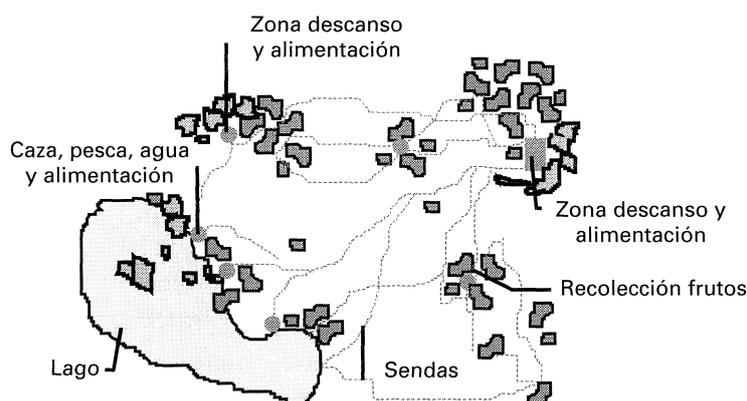


FIG. 1.—Sendas de los cazadores recolectores en su espacio básico de vida (inspirado en Giménez La Rosa, 1989).

Muñoz Sebastián, 1994). Luego se podría fechar para entonces el inicio de la erosión en los caminos. Aunque no sabemos cuál era su magnitud, ciertas investigaciones en las últimas décadas atribuyen tasas de erosión considerables en los caminos térreos de diversos países en desarrollo, lo que «podría» servir de referencia respecto a nuestro pasado: Dunne y Dietrich (1982) estimaron que sendas del centro de Kenia, que ocupaban sólo un 2% de las cuencas por las que transcurrían, aportaban una notable fracción de sedimentos a los ríos; igualmente, Rijdsdijk y Bruijnzeel (1990, 1991) observaron situaciones similares en el este de Java, en Indonesia, e indican haber registrado valores de 70 t/ha/año en ciertas rutas (Ziegler y Giambelluca, 1997). Swift (1984), en carreteras desnudas y encespedadas, registró tasas erosivas próximas a 1,2 y 0,6 t/ha de explanación y cm de lluvia respectivamente. En España, Úbeda *et al.* (1998) midieron una erosión de 13,10 t/ha/año en un camino forestal en la montaña de *Les Gavarres* (Gerona), cifra que superó significativamente durante el periodo estudiado la producida en un área de bosque quemado y en un terreno agrícola. En definitiva, trabajos como éstos conforman un referente para comprender que los procesos erosivos en los antiguos caminos y carreteras podían ser de notable gravedad.

Según Alzola (1994), hacia el siglo v a.C. los fenicios se asientan en España y abren las primeras calzadas, aunque Rufo Festo Avieno en la *Ora Maritima* (datos del s. vi a.C.) ya menciona dos rutas terrestres importantes: una de cuatro días desde Tartesos a la región del Tajo y otra desde Tartesos a Málaga de cinco días (Muñoz Sebastián, 1994). Para Uriol (1990), el hecho de que la cerámica de la primera colonia griega establecida en Ampurias, alrededor del 600 a.C., se haya encontrado esparcida por toda la costa, desde Pirineos hasta Cádiz y en el interior de la cuenca del Guadalquivir, implica la existencia de vías terrestres precedentes más o menos transitadas. Por otro lado, los pueblos ibéricos a partir del siglo vi a.C. introdujeron abrazaderas de hierro en el extremo de los radios de las ruedas de los carros para mejorar el tránsito, también fundaron algunos caminos sobre roca para evitar su degradación como sucedió en la ciudad de «El Castellar de Meca» (Valencia), y protegieron otros con lajas de piedra (Muñoz Sebastián, 1994).

Sin embargo, San Isidoro cita la vía Heráclea construida por los cartagineses como el primer gran camino empedrado de nuestra historia (Alzola, 1994; Muñoz Sebastián, 1994). No obstante, Bergier, en 1622, relata que ellos lo hicieron en las ciudades mientras que los ro-

manos en el campo. En cualquier caso, la primera gran calzada de la Península intensamente usada es la ruta *Heráclea* o *Hercúlea* (luego denominada *Vía Augusta* por los romanos), que fue recorrida por Aníbal para llegar a Italia con 90.000 infantes, 12.000 cabalgaduras y 40 elefantes en el 218 a.C. (Uriol, 1990).

## 2.2. El período romano

Los romanos conocían que la erosión hídrica era perjudicial para las carreteras y se aplicaban con esmero en la construcción y el mantenimiento de sus calzadas dado su necesario uso tanto comercial como militar (Fonseca, 1989). Enlosaban los caminos en función de su importancia (Fig. 2), con una cuidadosa técnica para la excavación de la



FIG. 2.—Calzada romana (Bárcena de Pie de Concha, Cantabria).  
En mitad de la imagen se observan largas losas transversales colocadas  
para el control de la escorrentía.

caja y para su relleno con capas de distintos materiales. Por ejemplo, para asegurar el drenaje interno de la vía, Bergier (1622) y Fernández de Mesa (1755) explican cómo en su interior disponían una cama de plantas denominadas *hierba filix*, refiriéndose a los helechos comunes.

Como sabemos, su habilidad constructiva era excepcional y poseían una gran capacidad de transformación del territorio, aunque también eran sensibles hacia el paisaje, como comenta Bergier (1622), y así acompañaban sus caminos con diversos ornamentos, entre los cuales se halla el arbolado para ofrecer verdor y sombra a los viajeros. La red de calzadas romanas, según Menéndez Pidal (1951), pudiera sobrepasar los 30.000 km, cifra gloriosa de nuestra red viaria que no se alcanzó de nuevo hasta el siglo XIX (Prieto, 1923; Alzola, 1994). Los romanos ejecutaban grandes desmontes, túneles, muros de contención, presas, etc. y conocían el drenaje de los firmes y de los taludes de las obras viarias desde el siglo I (Arenillas, 1975; Fonseca, 1989). La permanencia de parte de sus obras fluviales, hidráulicas y de transporte hasta nuestros días certifica que eran grandes conocedores de la erosión en las obras de infraestructura. Incluso en las vías sin empedrar que transcurrían por zonas de excesiva humedad aconsejaban la tala del arbolado junto al camino, ya que la falta de soleamiento impedía que el firme se endureciera, y el tránsito con ganado o caballerías originaba pocillos con el goteo de las copas sobre las huellas de los animales; estos pocillos contribuían a la erosión progresiva de la calzada y a engendrar baches que provocaban graves accidentes (Bergier, 1622).

### 2.3. *La Edad Media*

Con la invasión de los *bárbaros* se inició un periodo de aparente decadencia en España, los invasores emplearon como base de su transporte la extensa red romana, sin aplicarse a la construcción de nuevas vías. Así el puente romano de Mérida fue reparado en tiempos del visigodo Ervigio (Cabo, 2002). Durante este periodo los caminos empeoran su estado y los transportes se realizan fundamentalmente a lomos (Alzola, 1994). Más tarde los geógrafos árabes coinciden en señalar buena parte de las calzadas romanas como parte de sus itinerarios (Cabo, 2002) y las utilizan para la conquista de España (Uriol, 1990). La calzada de La Plata, que transcurre de Mérida a Salamanca, toma precisa-

mente su denominación del vocablo árabe *balath* que significa empedrado.

Es quizá Alfonso X uno de los primeros reyes cristianos preocupado en rehabilitar algunos trayectos. También Jaime II, en Mallorca, recaudó tributos para reparar y rehacer diversos caminos entre las poblaciones más notables, seguramente apoyados en la red romana (Cabo, 2002). La vía más importante de esta época es el Camino de Santiago, sin embargo el estado de la red caminera general es lamentable. Jorge de Ehingen, en un viaje a través del Reino por Burgos y en dirección a Santiago en 1457 comenta (Alzola, 1994): «...perdimos uno de nuestros mejores caballos de guerra porque el camino es sumamente penoso». Pero más curioso resulta el papel que tuvo la erosión de la red viaria en ciertas batallas. Menéndez Pidal (1951) relata que según la *Crónica* de Pulgar las dificultades en las que el Rey Don Fernando se vio en las campañas previas a la toma de Bara fueron considerables: «el Rey movió toda su hueste e mandó fuesen delante mil peones, quebrantando las peñas e allanando los malos pasos e haciendo puentes en los ríos que con las muchas aguas habían crecido». En 1489, los caminos que abastecían al ejército cristiano fueron inutilizados por un turbión, y «la Reina, sabido aquel inconveniente, luego envió a muchos oficiales es fasta seis mil peones para reparar los caminos. Y estos maestros y peones hicieron calzadas e puentes tantas que duraron siete leguas de camino por donde pudieron pasar las récuas de los mantenimientos».

Por entonces, aunque se sufrían los daños de la erosión en las rutas del Reino no se tomaban medidas suficientes para atajarla. Los problemas se reproducían y la vegetación de los márgenes no se consideraba protectora de los caminos sino fuente de combustible o para reparaciones. De modo que en 1498 y 1499 se dictaron pragmáticas y disposiciones concernientes a la Real Cabaña de Carretería en las que se autorizaba para «que cuando los carreteros ó alguno dellos fuesen ó pasasen por las dichas ciudades, villas y lugares ó por sus términos, y algunas de las carretas y carros que llevasen se las quebrasen los exes ó estacas, y hobieren menester cortar madera para los adobar y reparar, los dexen y consientan que corten, de cualquier montes donde se hallaren, la madera que hubieran menester para las adobar y reparar, y para los exes y estacas, y camas y otras cosas de tales carretas y carros, y no más; y ansi mesmo les dexen cortar de los tales montes la leña que los tales carreteros hobiesen menester para guisar de comer

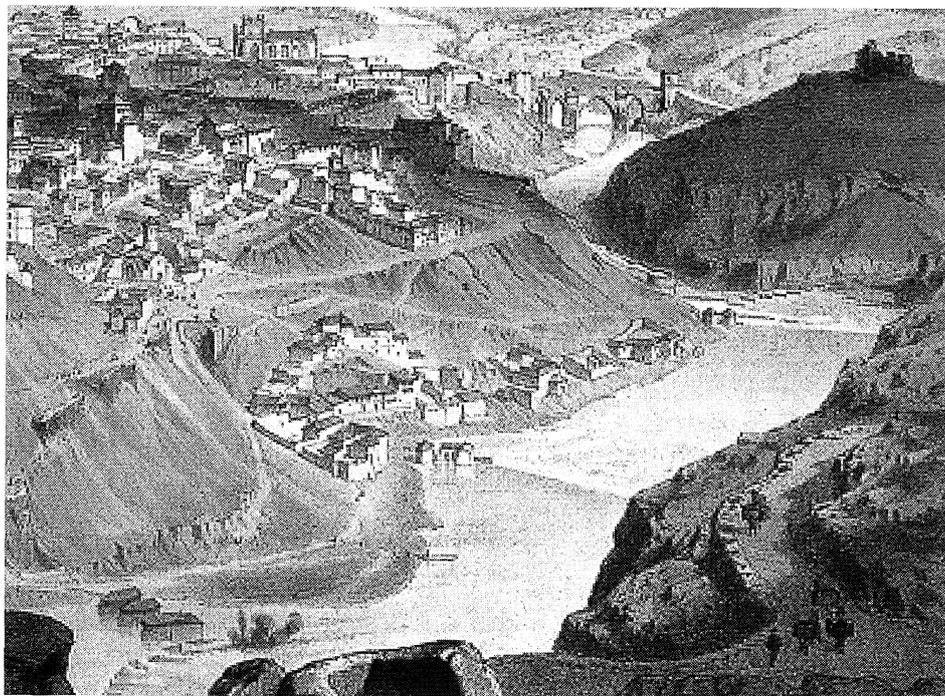
*yendo de camino, y por ello no les lleven cosa alguna ni pena»* (Uriol, 1990). Posiblemente esta disposición constituye una de las primitivas referencias a la vegetación aledaña a los caminos y que posiblemente contribuiría a una mayor desnudez de los mismos.

#### 2.4. Los siglos XVI y XVII

En 1504, el traslado del cadáver de Isabel I desde Medina del Campo hasta Granada conlleva veintidós interminables días al final del otoño. El tiempo desapacible y tormentoso puso *«intransitables los caminos, desaparecieron los puentes, convirtiéronse los riachuelos en profundas corrientes, y las aguas inundaron las llanuras... y las mulas y caballos eran arrastrados por los torrentes, pereciendo con ellos en algunas ocasiones los ginetes»* (Alzola, 1994). De la difícil circulación por los caminos durante esta época son testimonio las palabras de Navagero, quien en 1527 escribe: *«Nosotros pasamos el puerto de la Tablada, que no es muy áspero, pero malo en tiempo de nieves, por tener muchas cárcavas en el camino, las cuales cubiertas con las nieves, no se ven y son causa de que se caigan los caballos»* (Uriol, 1990).

En un inventario de caminos de 1546, de 17.800 km descritos se habla de su mala calidad y de su estado casi intransitable para los carros en la mayor parte, pues eran de tierra (Menéndez Pidal, 1951) y, en consecuencia, muy susceptibles a la erosión (Fig. 3). En 1576 se imprime el *Repertorio de Caminos* del correo Alonso de Meneses con la esperanza por parte del autor de guiar y ayudar a los viajeros en las penalidades que sufrían en sus itinerarios: *«El continuo ejercicio de mi larga peregrinación (prudente lector) me ha dado experiencia de los muchos trabajos y desasosiegos que en los largos caminos suelen acontecer»*. Leyendo las rutas descritas que componían los trayectos entre ciudades se observa cómo existen grandes coincidencias ya con los de muchas carreteras nacionales. Así, por ejemplo, para ir de Madrid a Burgos se pasaba por Buitrago, Somosierra, Boceguillas, Aranda y Lerma; en el recorrido de Madrid a Valladolid se cruzaba la Sierra por el puerto de Guadarrama y en el de Burgos a Vitoria/Bilbao por el puerto de Pancorbo,...

Sin embargo, como se ha señalado, los caminos en su mayoría seguían siendo de tierra y no estaban en buenas condiciones, por lo que en



Fuente: CEHOPU.

FIG. 3.—Aspecto del río Tajo, sus desnudos alrededores y el Puente de San Martín en Toledo (s. XVII-XVIII). Junto a los caminos se observan cárcavas incipientes y deslizamientos que reflejan su grave estado erosivo.

muchas ocasiones se abandonaban para viajar campo a través (Alzola, 1994) o siguiendo las cañadas (Martínez Lorente, 1994). Los márgenes se hallaban desprovistos de cualquier tipo de cubierta vegetal significativa por lo que el calor hostigaba considerablemente a jinetes y transeúntes. Valga el testimonio de Brunel en viaje de vuelta a Francia, en el tramo Arcos de Jalón-Madrid (Uriol, 1990): «*El sol comenzaba a salir y me incomodó mucho su calor y más todavía en la última posta de Alcalá a Madrid, que es de seis leguas*». O este otro de la Condesa D'Aulnoy en su viaje por España en 1679, que indica cómo en el siglo siguiente aún permanecían estas condiciones: «*los que viajan en galeras van provistos de toda clase de vituallas porque la tierra por donde avanzan es tan pobre que a veces, en una extensión de centenares de leguas no se*

Estudios Geográficos, LXV, 257, 2004

*tropieza con otros vegetales que con un poco de romero o de tomillo silvestres». La Condesa también narra cómo en el viaje de Madrid a Aranjuez tuvo que salir de noche para evitar la tremenda solana del camino. Estas descripciones reflejan que una buena parte de las carreteras españolas estaban completamente expuestas a los agentes erosivos por la falta de una vegetación protectora y que por lo tanto su degradación sería notable.*

Así Felipe II hubo de reformar el camino que llegaba a Madrid cuando en 1569 arribaba a la villa su reciente esposa Doña Ana de Austria: «...y los pasos dificultosos y de grandes atolladeros se allanaron, así con calzadas de argamasa, como con ingenios y otros instrumentos se fortaleció para que queden perpétuas. En particular se remedió uno de los más importantes puertos o entradas que había a un pago que llaman Valmigrál, distancia de media legua de Madrid. Han trabajado en él más de un mes ciento y cincuenta hombres cada día, gastose gran número de carretadas de piedra, allanose un cerro y quedó enlosado, que se representan aquellas vías stratas romanas, y otros muchos barrancos y obras harto necesarias que la buena venida de S.M. ha remediado» (Texto de Juan Gracián, 1572, cit. Alzola, 1994).

Muy posiblemente, una de las primeras órdenes en Europa relativa a las plantaciones de arbolado en los lindes de los caminos aunque con objeto de embellecerlos, antes que protegerlos de la erosión, sea la promulgada por Enrique II de Francia, el 19 de enero de 1552, por la cual se manda: «a todos los señores de vasallos, villanos y habitantes de las villas, aldeas y parroquias, de plantar y hacer plantar el largo de las carreteras y los grandes caminos públicos tan buena y tan grande cantidad de olmos que con los tiempos nuestro reino los tenga bien y tan suficientemente poblados» (Bourcery y Castaner, 1988). En nuestro país esta preocupación no se muestra claramente hasta el siglo XVIII.

En 1679, la Condesa D'Aulnoy describe las calles y paseos de Madrid como un lodazal en invierno y una polvareda en verano, lo que nos representa una ciudad expuesta a una significativa contaminación atmosférica por partículas en suspensión y con una notable cantidad de sedimentos transportados hacia el río Manzanares en tiempo húmedo. La turbidez de algunos ríos urbanos en esta época debía ser frecuente como así comenta Ponz durante el siglo venidero en su *Viage por España*, cuando narra como bajaban las aguas del Tajo a su paso por Toledo (Fig. 3).

2.5. *El siglo XVIII*

Durante el reinado de Fernando VI se terminan pasos vitales para el comercio y el desarrollo del país: Guadarrama (Fig. 4), Reinosa-Santander y Despeñaperros. Es en este periodo cuando comienzan a construirse las carreteras entendidas como tales, aunque en un principio se denominaron *caminos carreteriles* (Uriol, 1990). Según las investigaciones de Santos Madrazo había en España 10.000 km de caminos de ruedas y unos 14.000 km de herradura (Recuero, 1988). Sin embargo, todavía existían muchas dificultades para asegurar un tránsito decente, y la



FIG. 4.—*El Puerto de los Leones hacia 1940 con el monumento conmemorativo a las obras acometidas por Fernando VI para el arreglo de este paso.*

erosión seguía afectando a la red de comunicaciones: «*Es un dolor el ver y oír que se detienen muchas veces los correos, en que tanto interés tiene el Estado, especialmente por las avenidas y barrancos, no habiendo puentes para pasar sobre ellos. En este Reino (se refiere a Valencia) frecuentemente sucede cortar el correo de Cataluña el barranco llamado de la Viuda, y el otro de Algemesí impide el tránsito hacia Alicante, que trae las cartas de toda Andalucía, y suelen ser estas detenciones de algunos días. En el camino de la Corte se halla el paso decantado de las Cabrillas, que también varias corrientes, y avenidas de agua le hacen impracticable, obligando a los caminantes a rodear por la Mancha baja, gastando tres días enteros en lo que pudieron andar con dos horas de viaje solamente*» (Fernández de Mesa, 1755).

Incluso en los alrededores de la capital del Reino las condiciones de circulación resultan fatigosas: «*El camino desde Madrid a Vallecas es pésimo en tiempos lluviosos, y el arroyo que lo atraviesa, llamado de Breñigal, peligrosísimo cuando crecen las aguas: en él han perecido no pocos pasajeros, queriéndolo vadear, por evitar un puente de lo más ruin que se puede ver, cosa que admira en las cercanías de Madrid, y en el corto trecho de un lugar de donde todos los días se acarrea gran parte del pan que en Madrid se come*» (A. Ponz, *Viage de España*, 1776-1794).

La preocupación por el estado de las carreteras y por mejorar las condiciones de viaje son una constante en las obras de Fernández de Mesa y de Ponz. El primero, en su obra *Tratado Legal y Político de caminos Públicos* realiza un extenso documento respecto a cómo deben plantearse éstos e incluso elabora un croquis del camino ideal basándose en cómo los construían los romanos (Fig. 5). Para Fernández Mesa «*el agua es el mayor enemigo de los caminos*», y por ello recomienda que deben ejecutarse elevados sobre el terreno para cruzar sin problemas arroyos y barrancos. Leyendo su tratado se ha encontrado lo que parece una de las primeras referencias al control de la erosión en carreteras: «*Otro material nos da la naturaleza para los caminos en sus plantas y sus yerbas, pues no sólo conducen los árboles para el adorno, y conveniencia de ellos, sino también sus ramas para trabar la tierra con haces de fagina, o con estacas los márgenes; y aun las mismas yerbas, y malezas pueden servir, o para mezclar con la tierra, y mudar sus malas calidades; o para ser cama, y defensa de las obras que sobre ellas quieran formarse, según veremos se usaba para ello la paja,*

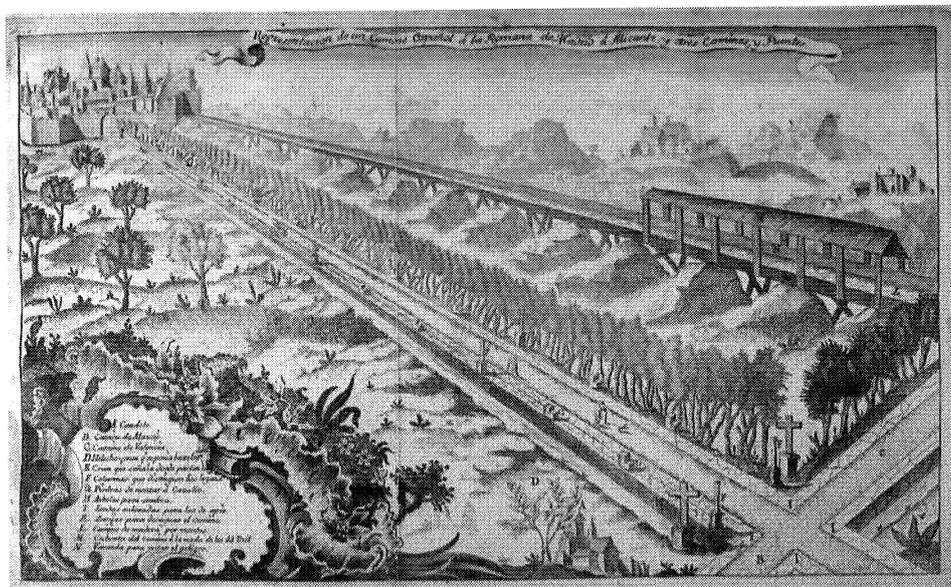


FIG. 5.—Croquis sobre la construcción de caminos en España según Fernández de Mesa (1755).

*o helecho. No menos se practica con sus retorcidas raíces, fortalecen los ribazos, para lo que es proporcionada la grama, o mimbres; y lo que es más, por sí solas pueden dar un piso fuerte, y estable, pues Bercio escribe, que en la Frisia componen los naturales unos caminos firmísimos de sola alga del mar, y tales, que no se hace más duro, y sólido un peñasco».*

También este autor se refiere al acondicionamiento de márgenes mediante la plantación de arbolado poniendo de ejemplo a los chinos, que en sus carreteras plantaban grandes cedros; aunque siempre por motivos estéticos o de refugio, más que para sujetar el terreno. Fernández de Mesa recomienda alinear especies perennes según zonas: pino, encina, naranjo, y sobre todo el laurel que protege, según las creencias de la época, a los caminantes de los rayos y, en los lugares pantanosos, elimina los olores fétidos con su aroma. Otro ejemplo citado por Fernández de Mesa es el relativo a los japoneses, quienes levantaban montones de piedra y arena a los lados de las carreteras para reparar al instante los daños provocados por la lluvia.

Lo cierto es que a mediados de siglo la implantación del arbolado en las márgenes de las carreteras es una práctica recomendada y sugerida por el gobierno (Reinoso, 1852), aunque no comúnmente extendida. El 1 de junio de 1767, el Marqués de Grimaldi firma la disposición para la «*Conservación del Puente Real de Jarama, nuevo camino y plantío de árboles que a costa del Real Erario se ha hecho y construido desde el Real Sitio de Aranjuez a Madrid*» en la que se imponen castigos, multas y cárcel a los que dañen los árboles de las lindes cualquiera que fuese su intención. Ponz, unos años más tarde comentaba la magnificencia de este real camino, aunque sería la excepción que confirma la regla (Fig. 6), pues por ejemplo al visitar Toledo desde Madrid, Ponz (1776) indica: «*Dos cosas le hacen principalmente desagradable, y son la escasez de árboles que se nota en tan vastas llanuras, como se descubren; cosa extremadamente ingrata a la vista de los forasteros, que están acostumbrados a ver paisajes llenos de frondosidad y hermosura; y la otra es algunos malos pasos que hay, no solamente en Invierno (en cuya estación son por las aguas intransitables), sino también en Verano*».

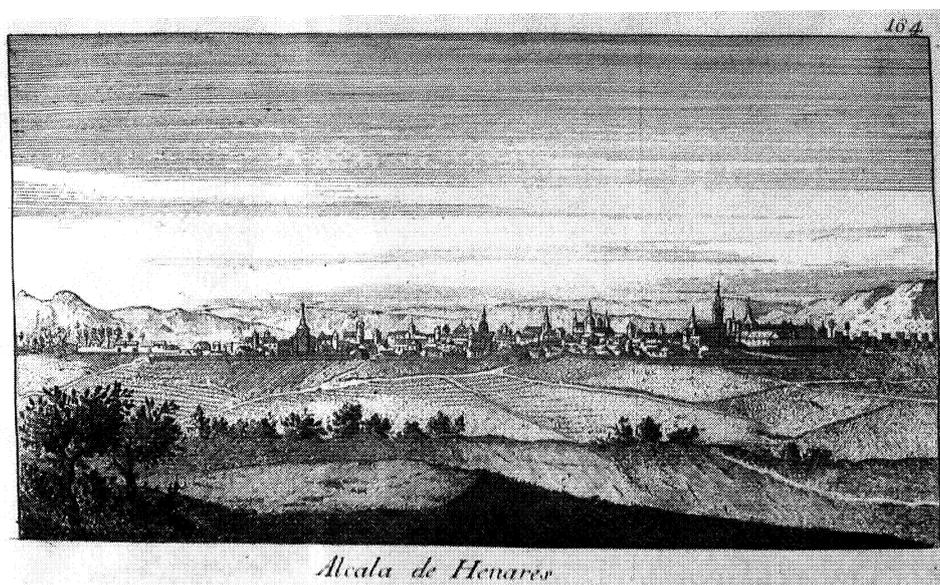


FIG. 6.—Aspecto del paisaje, de los caminos y carreteras que rodeaban Alcalá de Henares en el último tercio del siglo XVIII (reproducida de Ponz, 1776).

Por este tiempo se terminó la carretera Murcia-Cartagena, en la que debido a la accidentada topografía se volaron 80.000 m<sup>3</sup> de piedra y se plantaron olmos, cipreses, naranjos y gran variedad de árboles para proyectar sombra sobre los transeúntes (Recuero, 1988). En 1788 en el *Memorial* de Floridablanca, donde se exponen los resultados conseguidos por este hombre en materia de carreteras, bajo el reinado de Carlos III, se cita: «... fuera de estas obras, y otras que se especifican en el plan, se han ejecutado otras muchas, que se citan en sus notas, de aberturas y desmontes, de puertos, murallones de sostenimiento, calzadas, arcos, antepechos o pretiles, fuentes, pozos, lavaderos, plantíos y viveros de árboles y otras cosas que sería molesto referir» (Uriol, 1990).

Sin embargo, aunque en este siglo hubo un mayor celo por la construcción de las carreteras y por dar una buena comunicación al país, así como de controlar las aguas que dañaban los caminos y de embellecerlos, lo cierto es que la torrencialidad de nuestras lluvias iba de nuevo a arruinar algunas magnas empresas. La carretera que unía Madrid y Santander a través de Reinosa se abre por fin al tránsito en 1753, pero en 1755 una tormenta que duró tres días destruye la obra de las hoces del Besaya, suponiendo este acontecimiento un duro golpe al desarrollo de la Nación (Palacio Atard, 1960). Este paso quedó en condiciones lamentables hasta bien entrado el siglo siguiente.

## 2.6. El siglo XIX

Este siglo comenzará como los anteriores con bastantes problemas en la red de carreteras; aunque en 1802 la fundación de la Escuela de Ingenieros de Caminos, el inicio del ferrocarril en 1848 y la aparición del automóvil repercutirán en una mejora ostensible de las comunicaciones interiores, a pesar de que en algunos momentos, ciertos ingenieros primarían la magnificencia y el ornamento sobre la utilidad (Uriol, 1990; Alzola, 1994). Con los nuevos ingenieros comienza a extenderse el afirmado tipo *macadam* y según Uriol (1990) se estima que en 1812 existían 14.000 km de caminos aptos para carros y coches, de los que 2.000 km eran carreteras pavimentadas (Santos Madrazo, cit. Recuero, 1988). La erosión por tanto comienza a concentrarse más en los márgenes que en las calzadas, aunque todavía resultan intransitables muchos kilómetros del entramado viario.

Palacio Atard (1960) destaca algunos comentarios escritos sobre el estado de la carretera Madrid-Santander, la cual se había arruinado en el siglo pasado a raíz de una fuerte tormenta: en el tramo de Quintanilla a Herrera unos diputados del Consulado de Godoy declaraban el 17 de mayo de 1804 que los caminos estaban «*intransitables, aun estando secos, muchos trozos de los que se habían dado por acabados; los cuales por haberse fundado sobre falso, se destruyeron en invierno con las aguas y con el tránsito de los carros y de las caballerías*»; y el oficio de 1851 notificaba sobre el mal estado de la carretera en Alar del Rey: «*los carreteros se retraen de ponerse en camino por lo repetidas que han sido las desgracias que les han ocurrido, contándose como una cosa rara el que se consiga hacer un viaje sin varias roturas de sus carruajes y daños en sus ganados. En mucha parte del tránsito no son baches, sino hoyos profundos los que se encuentran, y particularmente en días de lluvia son ocasión de caídas y vuelcos, por la dificultad de evitarlos con la invasión de las aguas*» (Oficio del Ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, Santander, 6 de febrero de 1851. A.P.S., Fomento, leg. 92). La otra carretera que unía Santander con Castilla por el puerto del Escudo no estaba mucho mejor: «*puesto que todos los viajeros confiesan que es inminente el riesgo que corren al bajar aquella cuesta (se refiere al puerto del Escudo), por los profundos y frecuentes baches que son ocasión de vuelcos continuos y peligrosos,...*» (Oficio del Ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, Santander, 3 de julio de 1850. A.P.S., Fomento, leg. 92).

En 1801, Jovellanos, conducido al destierro desde Gijón hasta Barcelona con destino a Mallorca, cuenta: «*el camino empeora siempre y en verdad que nada le faltaba para ser el peor de la carrera y aún del Reino. Las ruedas se hundían en las hondas carriladas abiertas por los carromatos. Pantanos, atolladeros, atascaderos, grandes piedras atravesadas y todo cuanto puede aumentar el riesgo y la fatiga del camino se presentan sucesivamente en el nuestro*» (Uriol, 1990).

Un año más tarde es Betancourt, principal impulsor de la Escuela de Caminos, quien eleva un memorial al Ministro Cevallos sobre el «*Estado actual de los caminos y canales de España, causa de sus atrasos y defectos y medios para remediarlos en adelante*». En él destaca cómo muchos de los problemas en la red viaria son debidos a la falta de profesionales en su ejecución: «*¿qué observaciones o aplicaciones puede hacer cuando más un albañil a quien se le encargaba la abertura y*

*construcción de esta naturaleza? La consecuencia necesaria fue lo que sucedió en aquella carretera. Al primer invierno cayeron casi todas las paredes de sostenimiento, se hundieron muchas alcantarillas, y se desprendieron una porción de terrenos, cortando y dejando intransitable el camino...» Y respecto a las tasas de erosión, Betancourt señala: «la experiencia ha demostrado que lo menos que se gasta un camino de un regular tránsito y de materiales de mediana calidad, es una pulgada<sup>1</sup> cada año que llevan las aguas y viento después de reducido a polvo por los carruajes: por consiguiente al cabo de veinte y cuatro años se ha desecho enteramente, el firme y es necesario rehacerlo de nuevo» (op. cit.).*

El auge del ferrocarril (que también sufrió graves dificultades en su implantación) en la segunda mitad de este siglo relega la evolución de las carreteras (Muñoz Sebastián, 1998) y es causa de su deterioro al pasarse 2.500 km de carreteras paralelas al tren a las diputaciones en 1870. El número 13 de la Revista de Obras Públicas (1873) se hace eco de este hecho y publica: «*En las obras de explanación se ven por todas partes las cunetas cegadas, los paseos deteriorados o destruidos, en los desmontes y laderas, los desprendimientos de los taludes llevan las aguas de las lluvias a correr por la carretera, que degradan y destruyen. Las obras de fábrica pequeñas, unas tienen obstruidos los desagües, otras socavados los zampeados o los apoyos, y todas han sufrido los perjuicios que origina su falta de conservación. El afirmado en todas las carreteras se ha deteriorado; en varios trozos se ha destruido ya la segunda capa del firme, en algunos ya no se verifica el tránsito por el camino metiéndose los carros por los campos; y respecto a los otros se anuncia que las lluvias del próximo invierno cortarán al paso para toda clase de carruajes (...) se ha destruido y robado el arbolado de unas líneas, y en otras lo han cortado y vendido las Diputaciones Provinciales*». Un año más tarde en la misma revista, Yagüe denuncia indignado esta dramática situación subrayando la mala actitud de las diputaciones: «*..., y por último, como remate de tan vandálico espectáculo, el arbolado de muchas carreteras ha sido, en unas partes vendido con todas las formalidades de una subasta pública por las Diputaciones que tomaron a cargo la conservación de las trozas de carretera enclavadas en sus provincias, habiéndose dado el caso, por si*

---

<sup>1</sup> 1 pulgada castellana vale 2,32 cm, según la equivalencia de Espinosa (1855).

*algo faltaba, que en algunos pueblos ha invitado el alcalde a los vecinos por público pregón a talar el arbolado» (Alzola, 1994).*

A pesar de lo relatado, en este periodo hubo una especial preocupación por la mejora del entorno de las carreteras ya iniciada a mediados del siglo anterior (Reinoso, 1852) y se promulgan una serie de órdenes sobre las plantaciones asociadas a la red viaria, su cuidado y aprovechamiento (Tabla 1). Uriol (1990) comenta que en 1828, en el tramo de Burgos a Bercedo, los arcenes estaban en su mayor parte plantados de árboles. Espinosa (1855) en el primer manual sobre construcción y conservación de caminos en España (Espinosa, 1855) dice que «*la plantación de los árboles en las carreteras, tiene el objeto no sólo de embellecerlas y formar alamedas y paseos en la proximidad de las poblaciones, sino también el de preservar de la acción del sol a los viajeros y guiarlos de noche o en tiempo de nevadas en el camino que deben seguir, también preservan el firme de la acción del sol, lo cual es conveniente en los climas cálidos...*» y recomienda consultar los «*Ana-*

TABLA 1  
NORMATIVA REFERENTE A LAS PLANTACIONES DE ARBOLADO  
EN CARRETERAS DURANTE EL SIGLO XIX (GASSET, 1900)

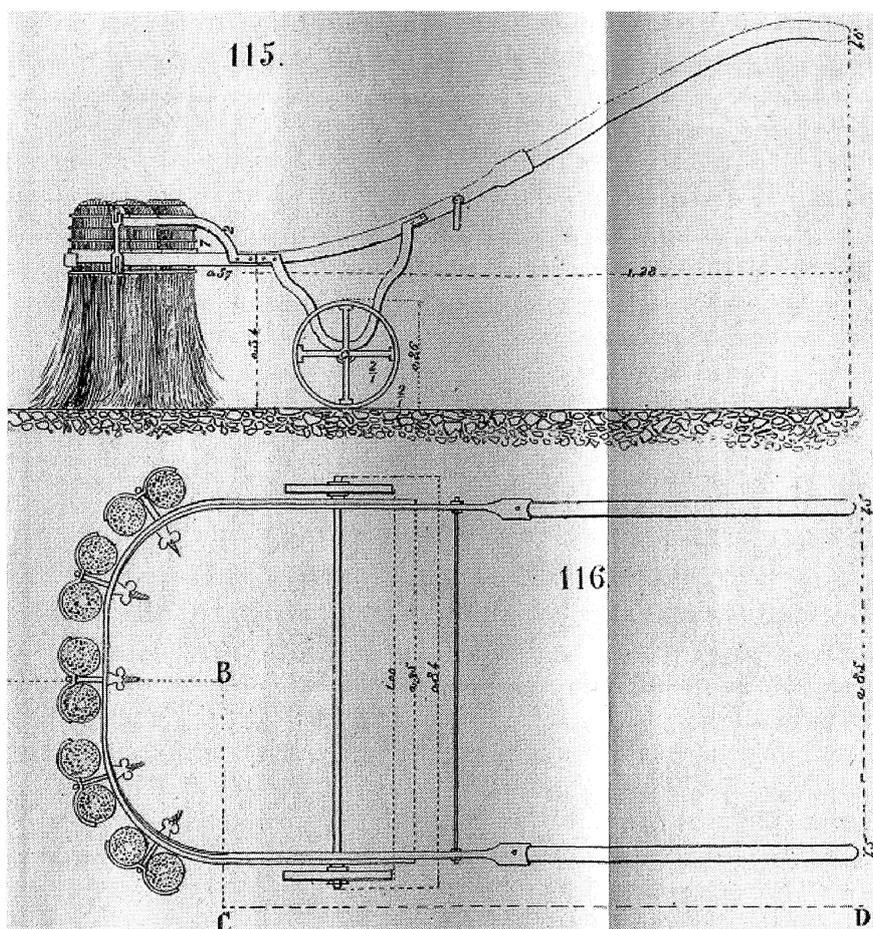
Año	Ley
1847	Real Orden de 30 de junio, dando reglas para el aprovechamiento de árboles de propiedad municipal que se hallen en el margen de las carreteras.
1852	Real Orden y Reglamento, de 7 de febrero, dictando disposiciones para la creación de viveros y plantación de arbolado en carreteras.
1857	Orden de la Dirección General de Obras Públicas, de 25 de mayo, para contravenir la Orden del Gobernador Civil de Granada mandando destruir el arbolado de la carretera de Jaén a Granada.
1862	Orden de la Dirección General de Obras Públicas, de 31 de diciembre, en que se determinan reglas para el fomento de viveros y arbolado en las carreteras.
1896	Real Orden de 1 de septiembre dictando disposiciones para el fomento de viveros y arbolado en las carreteras.
1900	Real Orden de 18 de julio, sobre remisión de datos anuales (viveros, árboles plantados, árboles existentes, aprovechamientos, etc.).

*les de puentes y calzadas de Francia»* de 1851, o el tratado sobre plantaciones en carreteras publicado por Mr. Brenil en 1850 para profundizar sobre este aspecto.

En el «*Manual de Caminos*» de Espinosa (1855) se encuentran comentarios sobre el problema de la erosión en desmontes de diferente naturaleza y de cómo solucionarlo. Valga como ejemplo sus recomendaciones para taludes arcillosos: «*En los terrenos arcillosos puede adoptarse, segun el ingeniero Sazilly ha demostrado con ejemplos prácticos, la inclinacion correspondiente á uno y medio de base por uno de altura. Si se hiciesen de inclinacion mas suave ó tendida, presentarian más superficie á las influencias atmosféricas que producen los desprendimientos de las tierras, y en este caso seria conveniente revestir con una capa de tierra el talud. Si se adoptase 45° de talud en estos terrenos, habria más esposición á desprendimientos*». Para Espinosa son las aguas el agente destructivo más importante de los desmontes y para controlarlas «*hay que impedir que corran por ellos las que vierten de los terrenos superiores, abriendo cunetas de circunvalacion en la parte superior del terreno, y á corta distancia del borde del talud*».

También explica el autor en las páginas 127 y 128 de su libro cómo consolidar desmontes margosos con plantaciones o, cuando no funcionan bien éstas y las siembras, recomienda la instalación de *tepes*. Asimismo considera la importancia de la conservación y el mantenimiento de las obras para minimizar los daños por erosión: «*...cuando es necesario sobre todo una vigilancia grande para dar curso á las aguas, es en los fuertes temporales de lluvias, como en las tempestades; pues en este caso sufren mucho las obras y en las cunetas se producen aterramientos, tanto porque se desmoronan sus márgenes y solera, como por la caída de las tierras de los taludes y paseos. Dicha solera por el efecto de la velocidad que llevan las aguas, se surca y se descompone; las aglomeraciones de tierras represan las aguas y desbordando por los paseos y firme se deterioran, y á veces se destruyen completamente*». Espinosa describe como utensilios para eliminar el polvo y el barro de las carreteras las escobas o barrederas mecánicas y las rastras o rasquetas (Fig. 7) que aparecen en su manual y que eran de uso frecuente.

Al final de este siglo el entramado viario alcanza valores similares a los de la época romana, lo que no había sucedido en siglos precedentes.



Fuente: Espinosa, 1855.

FIG. 7.—*Escoba mecánica.*

En 1896, la red de carreteras estatales se cifraba en 32.512 km, a los que se sumaban 6.832 km de carreteras provinciales y 12.872 km de línea ferroviaria, de la cual 10.789 km correspondían al ferrocarril de vía ancha y 2.083 km al de vía estrecha. En la Figura 8 se ha confeccionado la evolución de la red viaria en la Península a partir de los datos que aparecen en las obras de Alzola y Uriol.

Estudios Geográficos, LXV, 257, 2004

### 2.7. El siglo xx y los albores del siglo xxi

En 1904 se realiza el primer ensayo en España con alquitranes para recubrir las calzadas (Uriol, 1990; Muñoz Sebastián, 1998). A partir de este momento la mayor parte de la erosión asociada a las carreteras se concentra en los desmontes, terraplenes y cunetas sin revestir. Sin embargo, aunque el afirmado se generaliza, todavía nuestra red viaria sufre graves problemas erosivos por las características climáticas y los problemas de conservación de las obras.

En la segunda década del siglo xx, en el texto que sirve como base de estudio para la construcción de caminos en el primer curso de la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid (Prieto, 1923) se señala el grave problema de la erosión en los desmontes y terraplenes y el beneficio del arbolado en los márgenes de las carreteras, aunque no tanto para el ferrocarril, pues su derribo en una zona próxima a la vía puede interrumpir la circulación. Sobre el tema de conservación de las carreteras y el ferrocarril en España, Prieto (1923) indica que existen dos sistemas, el de la *puntada a tiempo* o el de *recargo general*, es decir, el de la conservación continua o el de la reparación *in extremis* para evitar la ruina de la obra. En cualquier caso, la conservación en nuestro país durante la mitad del siglo xx estuvo entre ambos tipos, aunque sesgada hacia el segundo método, se espera mientras se aguante hasta que se soluciona o repara el problema. El método de conservación continua se intenta entablar con intensidad en la última década del siglo xx a través de los programas anuales de conservación y explotación de carreteras.

Respecto al tratamiento de los márgenes, durante principios del siglo xx, se mantiene el ritmo de disposiciones referentes al arbolado y que comenzó en la mitad del siglo anterior (Tabla 2), quedando paralizado hasta que en 1963 se establece por parte del Ministerio de Obras Públicas la Instrucción de Carreteras 7.1-IC, *Plantaciones en la zona de servidumbre de carreteras*. Casi treinta años después, en 1990, el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo edita el *Catálogo de Especies Vegetales a Utilizar en Plantaciones de Carreteras* y en 1992, el Ministerio de Obras Públicas y Transportes publica el *Manual de plantaciones en el entorno de la carretera*. Tanto en este manual como en la Instrucción 7.1-IC ya se explicita que la primera función de las plantaciones en las vías de comunicación es la protección contra la erosión.

TABLA 2  
DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS PLANTACIONES EN LAS  
CARRETERAS A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX (DIRECCIÓN GENERAL  
DE OBRAS PÚBLICAS, 1916)

Año	Ley
1902	Real Orden dictando nuevas disposiciones para el fomento y mejora del arbolado.
1906	Orden de la Dirección General de Obras Públicas, 4 de diciembre, recomendando se hagan plantaciones en las entradas de las poblaciones.
1907	Real Orden de 30 de enero, recomendando a los Alcaldes y Guardia Civil la protección del arbolado de las carreteras.
1914	Orden de la Dirección General de Obras Públicas, 16 de abril, sobre sistema de podas y formularios para subastas.
1915	Real Orden de 1 de febrero disponiendo no se utilicen viveros en los que el coste de cría de plántones exceda el de su adquisición en la industria particular.
1915	Orden de la Dirección General de Obras Públicas, 4 de febrero, sobre ordenación de viveros y cesión de plántones.

Cabe señalar que uno de los mayores problemas que implican las actividades constructivas es la de la destrucción o erosión total del terreno donde se emplazan. Por lo tanto, puede ser interesante observar la evolución de la longitud de la red viaria interior a lo largo de la historia de España, de modo que se pueda visualizar cuál ha sido la intensidad del impacto a lo largo del tiempo. Esta información se destaca en las Figuras 8 y 9, donde se adjuntan, por un lado, la longitud de la red de carreteras total y, por otro la red de carreteras estatal. Con relación a la destrucción de suelo que suponen las vías de comunicación terrestre, a principios del siglo XX se construían carreteras a una media de 830 km al año (Muñoz Sebastián, 1998); en la actualidad, entre 1993 y 1998, el ritmo anual se ha ralentizado bajando a 348,8 km, aunque la anchura de vía ha cambiado, ya que ahora lo que ocupa un kilómetro de carretera es mayor de lo que ocupaba una carretera convencional en los inicios de la centuria, al ser muchos nuevos tramos de autovía o de autopista, con calzadas de doble, e incluso triple, carril.

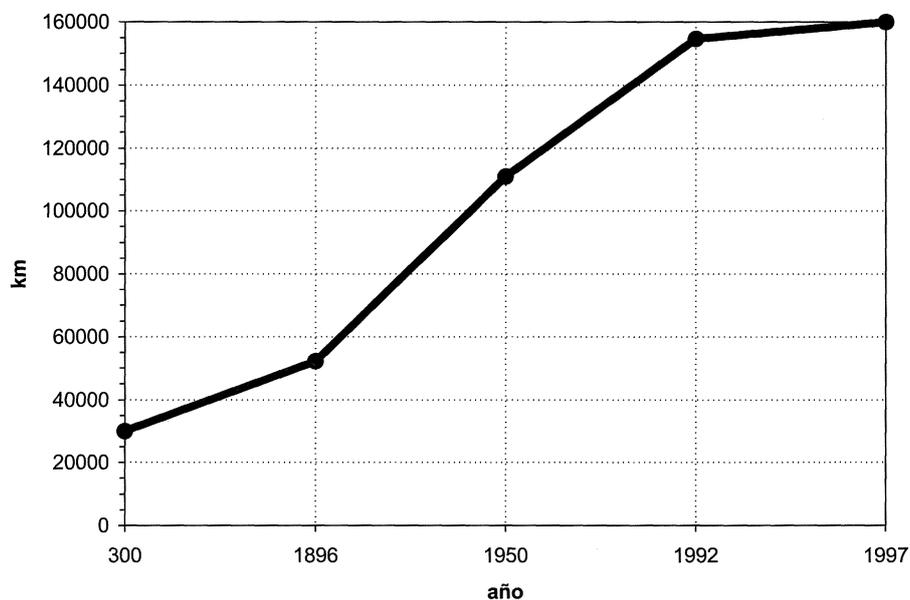


FIG. 8.—Evolución de la red global de carreteras (estatal y no estatal) desde la época romana hasta nuestros días.

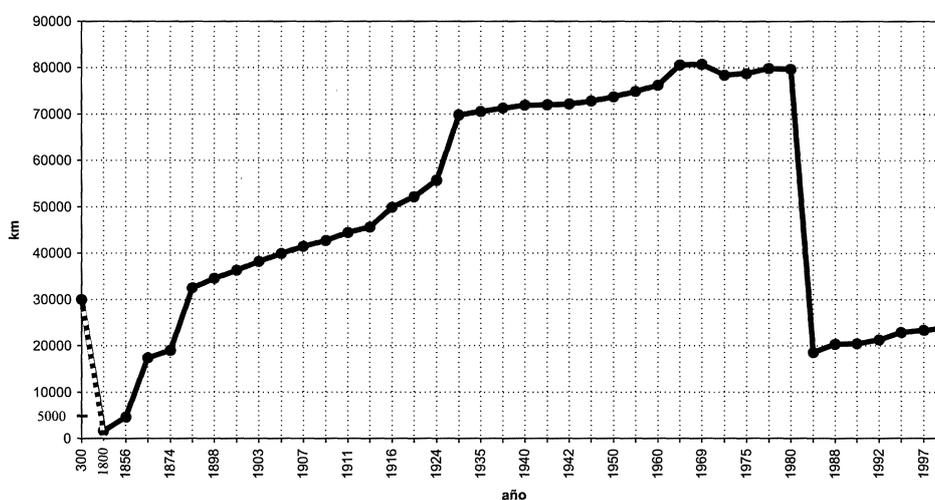


FIG. 9.—Evolución de la red de carreteras del Estado desde la época romana hasta el momento actual. El descenso a partir de 1980 se debe al traspaso de competencias del Estado a las C.A.

En 1999, la primera fase del programa de autopistas de peaje suponía la construcción de 500 nuevos kilómetros y una inversión cercana a los 2.253,8 millones de euros (Colmenar, 1999). El presupuesto del Ministerio de Fomento de 1999 para carreteras, ferrocarril y vivienda fue de 6.391,9 millones de euros, un 4,1% más que el año anterior. De los recursos, carreteras se llevó el 40,7% y ferrocarriles el 37,8%. De la partida reservada a carreteras, 1.747,14 millones estaban destinados a la construcción de nueva infraestructura y 552,39 al programa de conservación (Recuero, 1999). Una vez aprobado el proyecto de ley de presupuestos para el 2000 y la programación plurianual hasta el 2003, la Dirección General de Carreteras (2000) esperaba que el incremento en carreteras experimentase una subida entre un 9% y un 30% para los programas de conservación y explotación de carreteras, creación de infraestructuras de carreteras e infraestructura del transporte ferroviario. Sin embargo las cantidades destinadas al tratamiento de márgenes para la corrección de impactos y el control de la erosión todavía no son suficientes; para comprenderlo basta con observar cualquier tramo de la red viaria española (Fig. 10).



FIG. 10.—Autovía Madrid-Valencia (abril, 2000) en las proximidades de Valencia. Se observa que no existe control de erosión. Las plantaciones son puramente ornamentales.

Aunque se ha superado con creces el 0,5% del presupuesto del Plan de Modernización de las Carreteras españolas que en 1950 se repartía entre señalización y arbolado, todavía el porcentaje dedicado a la actuación ambiental y a la protección contra la erosión no alcanza los niveles de otros países europeos. Por ejemplo, en Francia la protección de las aguas en las carreteras hace una década suponía unos 30.000 euros por kilómetro (Dargent, 1993). Hasta hace poco, el antiguo MOPT-MA tenía asignado en España para corrección ambiental de vías de comunicación entre un 1% y un 3% del presupuesto total de construcción (Borrajo, 1993), sin embargo en Francia se aplica entre el 4,3% y el 8,9%, con una media del 5,7%, mientras que en Austria estas cantidades oscilan alrededor del 20% (Dargent, 1993; Weyringer, 1993). España todavía se sitúa lejos de estas cifras, ya que según un documento facilitado por la Subdirección General de Conservación y Explotación, el presupuesto destinado dentro del Programa de Conservación y Viabilidad de las carreteras de 1998, sobre un total estimado de 20,37 millones de euros para operaciones del grupo I, sólo el 3,03% (617.496,9 €) estaba destinado a obras del entorno de las carreteras, donde la mayor parte de las actuaciones se refieren al tratamiento de la vegetación. En

TABLA 3  
INVERSIONES REALIZADAS PARA EL MEDIO AMBIENTE  
EN CARRETERAS DENTRO DEL CAPÍTULO DE PLANTACIONES  
(DGC, 1999)

Organismo	Año	Presupuesto (millones de €)
Ministerio de Obras Públicas y Transporte	1991	20,40
Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente	1992	35,21*
Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente	1993	17,80
Ministerio de Obras Públicas y Transporte	1994	22,50
Ministerio de Fomento	1995	20,70
Ministerio de Fomento	1996	23,93

\* En el año 1992 se produjeron tres acontecimientos de carácter internacional en España: las Olimpiadas de Barcelona, la Exposición Universal de Sevilla y Madrid fue Capital Cultural Europea.

la Tabla 3 se acompañan las cantidades que durante el periodo 1991-1996 fueron aplicadas para implantación vegetal en carreteras (DGC, 1999). Estas cantidades sólo han superado un año, 1992, los 30 millones de euros, mientras que en 1999, estaba previsto destinar más de 2.284 millones para construcción y conservación de carreteras (Recuero, 1999).

Es de esperar que el Ministerio de Fomento comprenda definitivamente que la erosión en nuestras carreteras ha supuesto y supone un factor de retraimiento económico y que el control de la erosión en la infraestructura viaria puede liberar recursos para mejorar nuestro sistema viario; lo cual supone un empuje notable al comercio y al desarrollo de las regiones. En España la erosión actual asociada a la red viaria es un hecho patente que afecta entre otros al paisaje, al mantenimiento de las obras y a la seguridad del tránsito. Navarro (2002) estimó que el gasto anual en carreteras estatales por problemas erosivos es 120,2 millones € (cifra que puede multiplicarse por 10 para toda la red nacional) y que alrededor del 5% de los muertos y el 7,5% de los heridos en accidente de tráfico durante 1998 se hallan relacionados con la erosión hídrica en las carreteras. Quizá historiadores, geógrafos e ingenieros puedan ayudar a completar la importancia de este proceso que aquí se esboza, a lo largo de la historia de nuestros caminos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALZOLA, P.: *Historia de las Obras Públicas en España*. Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Humanidades, n.º 11, 1994.
- ARENILLAS, M.: «Una vía romana a través del Sistema Central». *Revista de Obras Públicas*, nov. 1975, 1975, pp. 791-832.
- BERGIER, N.: *Histoire des Grands de l'Empire Romain*. Chez C. Morel. Imprimeur du Roy, rue faint Jacques, à la Fontaine, 1622.
- BORRAJO, J.: «Requerimientos humanos y materiales para el mantenimiento de las obras de restauración», en *1.ª Jorn. de Ing. del Paisaje*. San Sebastián, 1993, pp. 35-55.
- BOURGERY, C. & CASTANER, D.: *Les plantations d'alignement le long des routes, chemins, canaux, allées*. Paris, Institut pour le Développement forestier, 1988, 416 pp.
- BÚRDALO, S.: «El agua y las obras hidráulicas. Los colosos de la razón», *MOPU*, 356, 2.ª edición, 1988, pp. 31-59.
- CABO ALONSO, A.: «Los caminos históricos y sus obstáculos fluviales», *Estudios Geográficos*, LXIII, 248/249, 2002, pp. 471-492.
- COLMENAR, E.: «Seguridad y rapidez», *Fomento y Medio Ambiente*, 478, 1999, 25-29.
- CONDESA D'AULNOY: *Viaje por España en 1679*. Barcelona, Edición del Círculo de Lectores, 1679, 379 pp.

- DARGENT, C.: «El coste de la protección del medio ambiente en la construcción de las autopistas: la experiencia francesa», en *II Simp. Nac. sobre Carreteras y Medio Ambiente*. Las Palmas, nov. 1992. Madrid. Asoc. Téc. de Carreteras, 1993, pp. 609-620.
- DGC: «Estadísticas de inversiones en medio ambiente en las carreteras del Estado, periodo 1991-1996», *Informe interno*. Madrid. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento, 1999.
- DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS: *Disposiciones sobre Conservación, Mejoras y Aprovechamiento del Arbolado en las Carreteras del Estado*. Madrid, Ministerio de Fomento, Dirección General de Obras Públicas, 1916.
- DUNNE, T. & DIETRICH, W.: «Sediment sources in tropical drainage basins», *Amer. Soc. of Agr., Special Publication*, n.º 43. Madison, Soil Science Society of America, 1982.
- ESPINOSA, D. P. C.: *Manual de Caminos, Trazado, Construcción y Conservación*. Madrid, Imprenta de D. Ramón Ballone, 1855, 382 p.
- FERNÁNDEZ DE MESA, T. M.: *Tratado Legal y Político de Caminos Públicos y Posadas*. Valencia, Joseph Thomas Lucas, 1755.
- FONSECA, J. M.: «El drenaje en las vías romanas», en *Simposio sobre el Agua y el Terreno en las Infraestructuras Viarias*. Madrid, Asoc. Técnica de Carreteras, 1989, pp. 33-49.
- GIMÉNEZ DE LA ROSA, M.: «Recursos hídricos de los cazadores-recolectores de la prehistoria (1)», *Ingeniería Civil*, 69, 1989, pp. 73-80.
- GUIJARRO, L.: «Del hollín a la electricidad», *Fomento y Medio Ambiente*, 466, 1998, pp. 80-94.
- MARTÍNEZ LORENTE, G.: «La conquista de la diligencia», *MOPT*, 422, 1994, pp. 6-15.
- I.N.E.: *Anuario Estadístico 1998*. Madrid, Instituto Nacional de Estadística, 1999.
- MENÉNDEZ PIDAL, G.: *Los Caminos en la Historia de España*. Madrid, Cultura Hispánica, 1951.
- MENESES, A. de: *Repertorio de Caminos*. Alcalá de Henares, Sebastián Martínez, 1576.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS: *Instrucción de Carreteras 7.1-IC. Plantaciones en la zona de servidumbre de carreteras*. Madrid, Servicio de Publicaciones del MOP, 1963.
- MOPU: *Catálogo de Especies Vegetales a Utilizar en Plantaciones de Carreteras*. Madrid. Secretaría General Técnica. Ministerio de obras Públicas y Urbanismo. 1990, 497 p.
- MUÑOZ SEBASTIÁN, J. A.: «Abriendo caminos», *MOPT*, 422, 1994, pp. 34-43.
- : «El asombro de la velocidad», *Fomento y Medio Ambiente*, 466, 1998, pp. 53-63.
- NAVARRO, J.: *Control de la Erosión en Desmontes Originados por Obras de Infraestructura Viaria: Aplicación al Entorno de Palencia Capital*. Tesis Doctoral. E.T.S. Ing. Montes, Madrid, 2002, 454 p.
- PALACIO ATARD, V.: *El Comercio de Castilla y el Puerto de Santander en el siglo XVIII. Notas para su estudio*. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Escuela de Historia Moderna, 1960.
- PONZ, A.: *Viage de España*. 18 tomos. Madrid. Joaquín Ibarra, Impresor de Cámara de S.M. y Viuda de Ibarra, Hijos y Compañía, 1776-1794.
- PRIETO, A.: *Caminos. 1.º Curso*, 3.ª edición, Madrid, Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Litografía de F. Villagrasa, 1923, 120 pp.
- RECUERO, A.: «Los caminos. De la herradura a la rueda». *MOPU*, 356. 1988. 65-86.
- : «Presupuestos del Ministerio de Fomento y Organismos Autónomos para 1999. Prioridad para Carreteras, Ferrocarril y Vivienda», *Fomento y Medio Ambiente*, 471, 1999, pp. 5-9
- REINOSO, ?.: Real Orden de 7 de febrero, en *Reglamento y demás disposiciones referentes a la conservación, fomento y aprovechamiento del arbolado de las carreteras del Estado*, 1852, Gasset, R. Madrid, Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas, 1900, pp. 10-13.
- ÚBEDA, X.; REINA, L., y SALA, M.: «Cuantificación de la erosión en un camino forestal de un bosque típico mediterráneo de *Quercus suber*», *NORBA*, X, 1998, pp. 185-196.

- URIOL, J. I.: *Historia de los Caminos de España*, vol. I y II. Madrid, Colegio de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Colección de Ciencias, Humanidades e Ingeniería, n.º 33, pp. 1990.
- SWIFT, L. W.: «Gravel and grass surfacing reduces soil loss from mountain roads», *Forest Science*, 30 (3), 1984, pp. 657-670.
- WEYRINGER, H. W. «La ecología y el medio ambiente en los ejemplos de Austria», en *II Simp. Nac. sobre Carreteras y Medio Ambiente*. Las Palmas, nov. 1992, Madrid, Asoc. Téc. de Carreteras, pp. 621-628.
- ZIEGLER, A. D. & GIAMBELLUCA, T. W.: «Importance of rural roads as a source areas for runoff in mountain areas of northern Thailand», *J. of Hydrology*, 196, 1997, pp. 204-229.

RESUMEN: *La erosión hídrica en las carreteras y caminos de España: ¿Un factor de retraso en nuestro desarrollo?* El tránsito por carreteras y caminos de España ha sido dificultoso a través de nuestra historia, como consecuencia de la accidentada orografía y de la erosión hídrica inducida por nuestras lluvias torrenciales. Así lo demuestran diversos testimonios recogidos en históricos itinerarios, antiguos repertorios de caminos o libros de viajes y tratados sobre las carreteras españolas. El mal estado de la red viaria ha desempeñado un papel ralentizador de nuestro progreso socioeconómico, y todavía hoy son escasos los recursos empleados para el control de la erosión y para su defensa.

PALABRAS CLAVE: Carreteras, caminos, red viaria, erosión en carreteras.

RESUMÉ: *L'Erosion hydrique des routes et des chemins d'Espagne. Un facteur de retard de notre développement?* Le transit par routes et chemins d'Espagne a subit des difficultés à travers notre histoire, comme conséquence du mouvement orographique et de l'érosion hydrique induit par notre pluie torrentiel. Ainsi le démontrent divers témoignages récupérés en itinéraires historiques, de chemins d'antiques répertoires, ou journal de bord y traitent de routes Espagnoles. Le mal être des réseaux routiers a joué une rôle très important dans notre progrès socioéconomique et, encore aujourd' hui les ressources pour le control de l'érosion sont limités.

MOTS CLÉS: Routes, chemins, réseau de communication, erosion des routes.

ABSTRACT: *Water erosion on Spanish roads and routes. Is it a declining factor in our country development?* Travelling across Spanish roads and ways has been difficult throughout our history, because our country orography, and water erosion caused by our stormy weather. Many evidences of that are found in historic itineraries, ancient repertoires of routes, or journeys books, and treatises about Spanish roads. Deficient state of roadway network has played an important part in our socioeconomic progress. Even today, resources for road erosion control are limited.

KEY WORDS: Roads, routes, roadway network, roadway erosion.