

Simulación de una red de transportes: el caso de los ferrocarriles españoles

por EQUIPO URBANO *

El objeto de este trabajo es, desde un punto de vista general, analizar la relación existente entre la distribución de la población y la formación de las mallas de transporte. Más concretamente, se trata de poner de manifiesto la influencia que los factores «población de los núcleos urbanos» y «distancia» entre ellos han ejercido en lo referente a la construcción de la red de ferrocarriles españoles.

A tal fin se ha simulado la construcción de la red ferroviaria mediante la aplicación de un modelo que integra precisamente en lo esencial esos dos factores a través del cálculo del índice potencial de interacción entre las diferentes localidades. La determinación de dicho índice, realizada en la fase inicial del trabajo, nos permite obtener como subproducto una visión bastante aproximada de las áreas de influencia teóricas de las ciudades españolas en el siglo XIX.

LAS BASES TEORICAS

La utilización de modelos de simulación para interpretar hechos geográficos se está extendiendo en nuestra ciencia, a partir sobre todo de los trabajos de T. Hägerstrand sobre la difusión de innovaciones y, posteriormente, de otros geógrafos suecos y norteamericanos.

Desde los años 60 se han realizado también intentos de simular mallas de transporte, destacando en este sentido el trabajo de Karl Kansky sobre la estructura de las redes de transporte (1), el cual abrió un camino que promete ser particularmente fructífero. Kansky logró simular con éxito la red de los ferrocarriles sicilianos en 1908 a partir de lo que él llama un modelo *postdictivo*, es decir, un modelo que reconstruye la red en un estadio pasado de su evolu-

* Este trabajo ha sido elaborado en el curso 1970-71 en un seminario dirigido por el Dr. Horacio Capel. Han intervenido en él los estudiantes Lluís Casassas, José M.^a Figueras, José García, Ana María Gracia Lladó, Alejandra de Habsburgo, Joaquina Maicas, Nuria Moreu, Isabel Pujadas, Emilia Ricart y Juan Serras. La redacción final ha sido realizada por Capel, Casassas y Serras.

(1) KANSKY, Karl: *Structure of transportation network*, The University of Chicago, Department of Geography, Research Paper n.º 84, 1963. (Capítulo VIII: «Forecasting the structure of transportation network»).

ción. Dos años más tarde R. L. Morrill realizaba otro intento de este tipo respecto a los ferrocarriles de Suecia central (2).

El principio que guía la elaboración del modelo de Kansky es que «como existe una relación funcional entre la estructura de la red y las características regionales, el número de líneas de ferrocarril y su longitud media... puede ser estimada por la magnitud de las actividades económicas, el tamaño de Sicilia, la variabilidad del relieve físico y la configuración de la isla. La secuencia locacional de las líneas individuales de transporte puede ser determinada a partir de la distribución de las características económicas y de la variabilidad regional del relieve físico» (3). Las fases que conducen a la elaboración concreta de la red son las siguientes. Primeramente se seleccionan los 30 mayores núcleos de población de Sicilia según las cifras de renta, considerando éstas como significativas de la actividad económica de dichos núcleos. Estas cifras se transforman en índices de probabilidad aceptando que «cuanto más alto es el nivel de actividades económicas en un núcleo de población, mayor es la probabilidad de que una ciudad esté situada en la red de ferrocarriles». Utilizando una tabla de números aleatorios se seleccionan los núcleos que constituirán intersecciones de la red, considerándose como nodos fundamentales aquellos que aparecen seleccionados un mayor número de veces. A continuación se conectan los dos mayores vértices y se añaden las sucesivas líneas de tal forma que «el siguiente núcleo mayor se une al mayor y más próximo (medida la distancia según una «línea de deseo», o sea en línea recta) de los ya situados en la red». Si después de ello quedan vértices por situar, se añaden otras líneas de tal forma que se completen los circuitos entre el primero, el segundo y el tercero de los centros mayores, y de centros inferiores si es preciso; ésto solo podrá realizarse «si resulta significativo», es decir, si por ejemplo, no se duplican rutas ya existentes. Por último la red imaginaria resultante se modifica adaptándola a las condiciones físicas (relieve, línea de costa), a partir de criterios puramente subjetivos.

Recientemente, dentro de esta línea de investigación sobre las redes de transporte, los norteamericanos John Kolars y Henry J. Malin han elaborado un modelo de simulación para explicar la construcción de la red de ferrocarriles, seleccionando como variables fundamentales la población y la accesibilidad (4).

El objetivo de su trabajo es el de «describir un nuevo método para simular mallas de transporte en términos de distribución de la población y barreras de transporte». Para ello elaboran un modelo postdictivo y tratan de prever la

(2) MORRILL, R. L.: *Migration and the growth of urban settlement*, Lund, Studies in Geography. Serie B. Human Geography, 26, 1965, págs. 130-170. Citado, junto con otros trabajos, por HAGGETT, P.: *Locational analysis in Human Geography*, Londres, 1965; y HAGGETT, P., y CHORLEY, Richard, J.: *Network analysis in Geography*, Londres, Edward Arnold, 1969, sobre todo págs. 298-302.

(3) KANSKY: op. cit. pág. 132.

(4) KOLARS, J., y MALIN, H. J.: *Population and accessibility: an analysis of Turkish railroad*. «Geographical Review», vol. 60, n.º 2, abril 1970, págs. 229-246.

evolución a partir de una situación pasada para contrastar el resultado obtenido con la situación actual realmente existente.

La hipótesis de partida es la de que existe una alta correlación positiva entre la población y la densidad de la red de comunicaciones. Se trata de un hecho que ha sido puesto de relieve por algunos trabajos anteriores (5). Se acepta que las razones para la existencia de una red de transportes pueden ser: 1) las relaciones entre núcleos administrativos; 2) las relaciones entre centros administrativos o industriales y entre los puertos y sus hinterland; 3) las relaciones entre los centros urbanos y la población rural. Este último factor se considera muy importante en las economías subdesarrolladas.

En el caso de Turquía, Kolars y Malin establecen como base de su modelo, un mapa de población en el que para una malla de puntos densa y regularmente espaciados, se calcula la población que habita en ellos y en un radio de 25 millas alrededor. Esta distancia de 25 millas es la que se considera como distancia accesible a una estación de ferrocarril, dentro de la cual la población y los productos agrícolas utilizan esta línea de comunicaciones. Se supone que la red de ferrocarriles unirá los «picos» de población que aparecen en el mapa así elaborado, puesto que son ellos los que poseen una mayor población accesible.

El cálculo del potencial de interacción entre todos estos picos permite establecer la malla de interacción entre ellos, conectando sucesivamente y en orden ascendente, los «picos» de menor orden con aquel de orden superior con el que está unido por el más elevado índice de interacción.

A continuación, aplicando la que denominan «regla de la parsimonia» (*law of parsimony*) unen con una sola ruta los núcleos de mayor importancia que habían resultado enlazados por varias líneas y conexionan los finales de línea a las líneas más próximas para formar de este modo verdaderos circuitos y no dejar rutas sin salida.

Finalmente se tuvo en cuenta la influencia del relieve y la situación general geográfica. En el caso de que las variables retenidas en el modelo fuesen realmente las esenciales, la red resultante después de estas correcciones debería coincidir con la red de ferrocarriles real.

Por último se intenta explicar las líneas que existen realmente y que no se previeron en el modelo de simulación y las líneas previstas y que no existen en la realidad.

Los resultados de este método son francamente interesantes a pesar de algunas imperfecciones existentes. Estas proceden principalmente de la falta de criterios explícitos para la simplificación de la red, dejándose la decisión al buen criterio de los autores.

(5) TAAFFE, E. J., MORRILL, R. L., y GOULD, P. R.: *Transport expansion in underdeveloped countries: a comparative analysis*. «Geographical Review», New York, vol. LIII, 1963, págs. 503-529.

LA SELECCION DE LOS DATOS

Tomando como base el método utilizado por los dos autores norteamericanos, se ha intentado simular la formación de la red de ferrocarriles españoles.

Ante la imposibilidad de realizar un mapa de población basado en un sistema de puntos regularmente espaciados, hemos utilizado como datos de base los municipios que poseían más de diez mil habitantes en 1877, año situado aproximadamente a la mitad del período en que se construyeron los ferrocarriles españoles. Aceptamos aquí que es en función del orden de magnitud que reflejan las cifras de población de dicho año como se ha construido en el siglo XIX la red española de ferrocarriles.

Nuestra elección se ha basado en dos razones. Por un lado, hemos considerado que muchos de estos municipios poseen una gran extensión y por ello incluyen también población rural accesible al ferrocarril. Por otro, en lo que respecta a la fecha, creemos que la población que actúa como factor en la construcción del ferrocarril es la que existía al iniciarse la construcción de la red, y no la actual que es la utilizada por Kolars y Malin.

La mayor parte de los municipios seleccionados poseen un núcleo urbano, aunque esto no siempre es así, ya que los términos municipales alcanzan a veces una gran extensión y engloban dentro de sí fuertes cifras de población agraria. Ello será causa de algunos resultados extraños, que explicaremos oportunamente.

Para determinar la atracción ejercida por cada municipio se ha tenido en cuenta su población de hecho en 1877 y la distancia en kilómetros existente entre cada núcleo de población y los restantes. Con estos datos se ha calculado el potencial de interacción entre cada par posible de municipios mediante la fórmula:

$$I = \frac{P_i \cdot P_j}{d_{ij}^2}$$

en la que I representa el potencial de interacción, P_i y P_j la población de los núcleos que se relacionan y d_{ij} la distancia entre los dos, calculada siempre en línea recta sobre el mapa.

AREAS TEORICAS DE ATRACCION URBANA A FINES DEL SIGLO XIX

Con los datos obtenidos al calcular el potencial de interacción se ha elaborado el Mapa 1, en el que figuran todos los municipios españoles que en el año 1877 contaban más de diez mil habitantes. A partir del municipio de menor población, cada uno de los municipios seleccionados se ha unido mediante una línea recta — a la que en lo sucesivo denominaremos «arco» de acuerdo con la terminología admitida en la teoría de grafos — con aquel de población superior con el que poseía el más elevado índice de interacción.

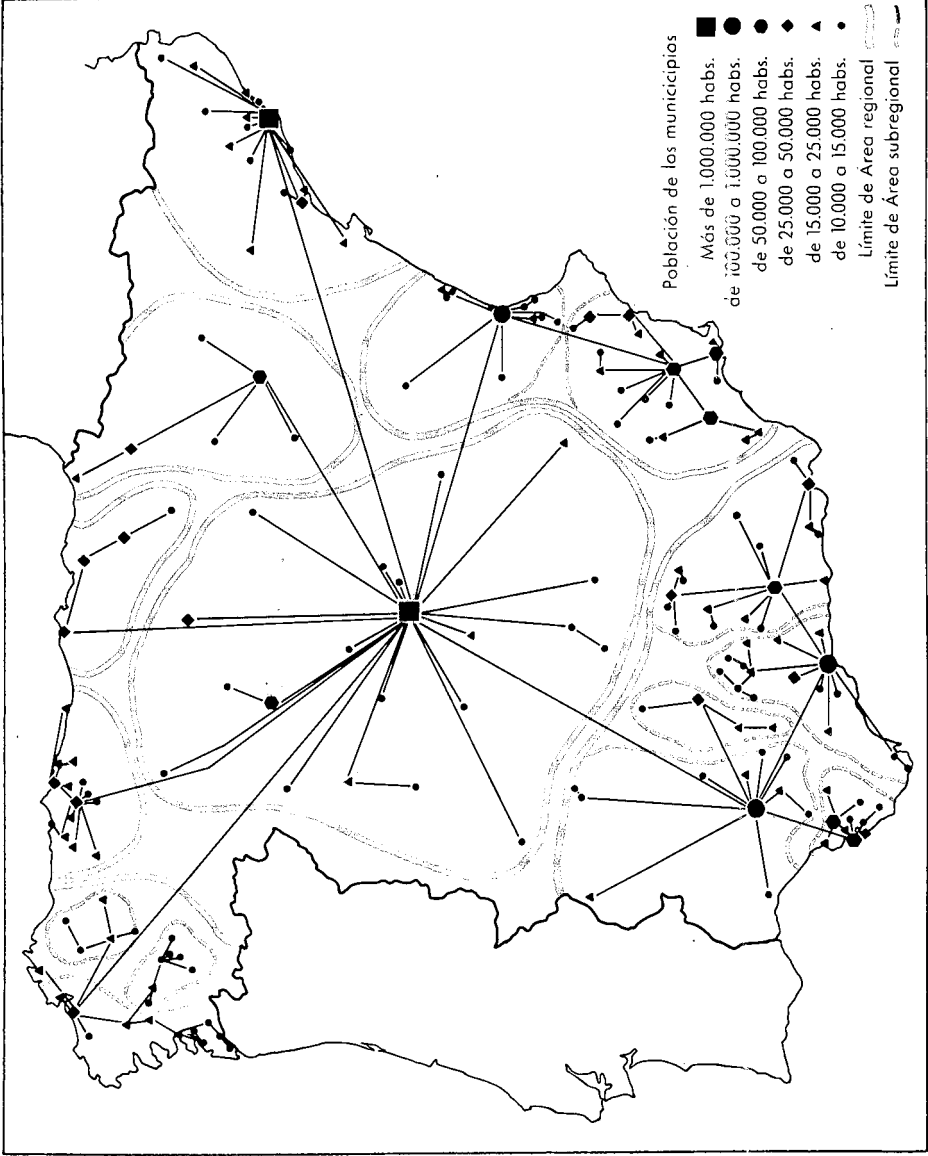


Fig. 1. Índices de interacción en 1877. Se han señalado las áreas regionales a partir de la influencia teórica de las capitales metropolitanas.

Una vez elaborado el Mapa se observa claramente la existencia de unas áreas de atracción bien definidas, organizadas en torno a unos cuantos centros metropolitanos. En conjunto, existen unos centros de atracción situados en la periferia peninsular, todos los cuales gravitan a su vez sobre Madrid, el cual actúa al mismo tiempo como centro regional de la Meseta. Algunos de ellos extienden su influencia sobre redes urbanas complejas y articuladas y no tienen ningún centro de mayor importancia dentro de su región relacionándose directamente con Madrid. A estos núcleos los denominaremos «capitales metropolitanas» o «regionales» siempre que se relacionen directamente con Madrid y posean más de dos centros subordinados. Se trata de La Coruña, Oviedo, Santander, Zaragoza, Barcelona, Valencia y Sevilla.

Por debajo de ellos existen otros centros cuya atracción se ejerce sobre áreas más limitadas (Cádiz, Málaga, Granada, Murcia, Lalín y Lugo) y que están directamente relacionadas con alguna de las capitales metropolitanas.

De estos centros metropolitanos o submetropolitanos, unos son puertos de mar que organizan un amplio hinterland (Málaga, Barcelona, Valencia, Santander y La Coruña) y otros son importantes núcleos urbanos que organizan todo su espacio circundante (Granada, Murcia, Lugo, etc.).

Debe insistirse en la dificultad que representa el haber seleccionado para nuestro estudio únicamente los municipios que en el Censo de 1877 figuran con una población absoluta superior a diez mil habitantes, sin haber establecido entre ellos diferencias que tuvieran cuenta de la importancia de la población urbana realmente concentrada. Naturalmente el resultado ha sido que municipios de más de diez mil habitantes pero de población predominantemente rural y diseminada (como el municipio gallego de Lalín) y extensos municipios manchegos o andaluces con una población que en su mayoría se dedica al sector primario, aunque en gran parte viva agrupada en un solo núcleo (caso de Osuna, Ecija o Almodóvar), tienen el mismo tratamiento que otros plenamente urbanos. Otra deficiencia procede de la reducida superficie de algunos municipios en los que la urbanización rebasaba ya en 1877 el término municipal: Bilbao y Barcelona aparecen así con una población inferior a la real al no haber contado la población de los municipios cercanos independientes desde el punto de vista administrativo, pero unidos ya de hecho al casco urbano de la capital (6).

Es por estos motivos que la jerarquización urbana que puede efectuarse, y que nosotros hemos realizado a partir del número de arcos que convergen en cada municipio, ya sea directamente o a través de otros centros menores, debe ser matizada en algunos casos concretos.

En el vértice de la jerarquía aparece Madrid, con 149 arcos que convergen

(6) Téngase en cuenta que aún en 1960 La Estrada contaba con un 82,0 por ciento de su población activa dedicado a la agricultura, y sólo un 9,4 por ciento de la población total concentrado en la capital; en Lalín las cifras correspondientes eran de 74,0 y 9,5 por ciento, respectivamente. En cuanto a los municipios andaluces, muchos pertenecen al tipo de «villas agrícolas» identificado por H. CAPEL (*Estructura funcional de las ciudades españolas en 1950*, «Revista de Geografía», Barcelona, vol. II, n.º 2, págs. 93-129).

directa o indirectamente en la capital; le siguen Sevilla, con 55 arcos; Málaga, con 32 arcos; Valencia, con 29; La Coruña, con 22; Murcia, con 19; Barcelona, con 18; Granada, con 16; Santiago de Compostela, con 13; La Estrada, con 12; Pontevedra y Oviedo con once arcos convergentes cada una de ellas; Cádiz, con 9; Lucena, con 6; Lalín y Zaragoza, con 5 cada una; Linares, Lorca y Lugo, con 4 arcos cada una; con tres arcos convergentes, Alicante, Almería, Córdoba, Chantada, Jerez de la Frontera y Santander; con dos arcos cada uno, Aguilar, Alcira, Bilbao, Cartagena, Castellón de la Plana, Puenteáreas y Reus; y con un solo arco convergente, Alcoy, Algeciras, Berja, Cabra, Caravaca, Cargante, Cieza, Ciudad Real, Chiclana, Don Benito, Ecija, Grado, Jaén, Pamplona, Salamanca, Salas, Sueca, Tuy, Ubeda, Utrera, Valladolid, Vera, Villalba, Villarreal, Villaviciosa, Vigo y Yecla. Finalmente existen ciento seis poblaciones mayores de diez mil habitantes en las que no converge ningún arco.

Según las relaciones que se establecen, las capitales de áreas metropolitanas serían las siguientes:

Madrid	149 arcos convergentes
Sevilla	55 » »
Valencia	29 » »
Coruña.	22 » »
Barcelona	18 » »
Oviedo	11 » »
Zaragoza	5 » »
Santander	3 » »

Las capitales de áreas subregionales conectadas con una capital regional serían a su vez las siguientes:

Málaga.	32 arcos convergentes
Murcia.	19 » »
Granada	16 » »
Cádiz	9 » »
Lalín	5 » »
Lugo	4 » »
Córdoba	3 » »

Una serie de hechos llaman la atención en esta jerarquización. Ante todo, el lugar relativamente bajo que en la lista ocupa Barcelona, con sólo 18 arcos convergentes. La razón de la aparente anomalía radica en que en el espacio más próximo a la urbe catalana, con una de las mayores densidades de población de la Península, predominan los pequeños municipios, algunos de ellos altamente industrializados, pero cuya población absoluta no alcanza los diez mil habitantes y que, en consecuencia, quedan fuera de nuestro trabajo. La misma explicación tiene que darse al hecho de que Bilbao figure en un lugar tan bajo

en la clasificación anterior, con sólo dos arcos convergentes. Debe señalarse que si las anexionen efectuadas a la villa con posterioridad a 1877 se hubieran tenido en cuenta, el sistema de conexiones de la red urbana del norte peninsular se habría modificado y posiblemente sería distinta tanto la dirección de la atracción Bilbao-Santander, como la inclusión de San Sebastián en el área de Zaragoza.

Otra anomalía importante aparece al observar la estructura de la red gallega, en la que La Estrada con doce arcos convergentes y Lalín con cinco arcos hacen papel de verdaderos centros subregionales, de acuerdo con los índices de interacción, y organizan una parte del espacio gallego, figurando en la lista con un nivel jerárquico superior a Vigo (un arco) o Lugo (cuatro arcos), por ejemplo. Ya se ha indicado anteriormente la razón: Lalín y La Estrada son municipios relativamente extensos y de gran número de habitantes, pero con una población predominantemente rural diseminada por todo el término.

A pesar de todo, el cálculo del potencial de interacción de los municipios de más de diez mil habitantes nos permite tener una primera idea de las áreas de influencia teóricas y la jerarquización urbana en España en el último tercio del siglo XIX. A grandes rasgos pueden distinguirse las siguientes áreas:

1. Área de La Coruña: toda la región gallega. Comprende las áreas subregionales de La Coruña, Lugo y Lalín.
2. Área de Oviedo: toda la región asturiana.
3. Área de Santander: comprende las provincias de Santander, Vizcaya, Alava y Logroño.
4. Área de Zaragoza: comprende las provincias de Zaragoza, Huesca, Navarra y Guipúzcoa.
5. Área de Barcelona: comprende toda Cataluña.
6. Área de Valencia: comprende las tres provincias valencianas y las de Teruel, Murcia y la parte noreste de la de Almería. Se agrupan en las dos áreas subregionales de Valencia y Murcia.
7. Área de Sevilla: abarca todas las provincias andaluzas — excepto una parte de Almería que a través de Lorca está unida a Murcia y Valencia — y la de Badajoz. Comprende las áreas subregionales de Sevilla, Cádiz, Málaga, Granada y Córdoba.
8. Área de Madrid: abarca todo el resto de España, es decir, las dos submesetas: provincias del reino de León, de las dos Castillas, de Cáceres y de Albacete.

LA ELABORACION DE UN MODELO DE SIMULACION

A partir de los cálculos del potencial de interacción puede intentarse elaborar un modelo de simulación que ponga de manifiesto el papel de algunos de los factores fundamentales que han determinado la construcción de los ferro-

carriles españoles. Se trata de mostrar el peso que han tenido las dos variables fundamentales que intervienen en el cálculo de este índice, es decir, el número de habitantes y la distancia entre las poblaciones.

Anteriormente hemos explicado los resultados de los cálculos del potencial de interacción reflejados en el Mapa 1, así como los problemas que se han planteado. Otros problemas han surgido al querer aplicar el modelo propuesto por Kollars y Malin.

En primer lugar, han aparecido diversas dificultades al querer aplicar la que los autores llaman *law of parsimony* o de eliminación de las rutas paralelas. Ya se ha indicado que en este punto, en el trabajo de los autores estadounidenses reina un subjetivismo difícil de aceptar. La falta de unos criterios explícitos para realizar la simplificación nos ha obligado a determinar nuestros propios criterios. En principio, hemos eliminado los arcos paralelos resultantes tras el cálculo del potencial de interacción, mediante la unificación en uno solo, de los arcos separados por ángulos menores de 15°. La razón de esta simplificación es obvia; se trata de establecer una red de ferrocarriles que por razones de rentabilidad y de eficiencia no puede diversificar las rutas y a la que con- vendrá en cambio unificar todas aquellas que sirvan áreas cercanas, desde las que el ferrocarril sea fácilmente accesible — piénsese en las 25 millas establecidas como distancia máxima en el estudio de Kollars y Malin. Además, en varios casos, algunos de los arcos resultantes unen centros metropolitanos o regionales a un solo municipio, más o menos importante, pero situado en una comarca de muy débil densidad de población. No tendría sentido mantener una línea de ferrocarril para servir a una única ciudad, que por otra parte puede tener acceso al ferrocarril sin gravosos desplazamientos.

En cuanto al problema de la unión de los arcos terminales hemos seguido el criterio de no unirlos más que en el caso de que se trate de la relación de alguna capital metropolitana con Madrid, ciudades que deberían estar unidas directamente si se aplicase rígidamente el resultado obtenido en los cálculos previos. Es lógico, sin embargo, que no sea así y que la conexión se efectúe por unión de rutas terminales intermedias. De esta forma vemos que Barcelona y Madrid pueden unirse a través de la conexión Reus-Zaragoza; que Sevilla y Madrid se unen a través de la conexión Almodóvar del Campo-Pozoblanco, y asimismo, que Valencia y Madrid se unen por conexión entre Albacete y Hellín.

Las otras rutas terminales se han dejado sin unir con las rutas más cercanas y en el caso de que en la realidad aparezcan unidas se intenta buscar la razón, que se explica más adelante. Lo mismo puede decirse en lo que se refiere al papel desempeñado por los obstáculos orográficos y la situación geográfica general. No se ha elaborado ningún nuevo mapa de estas etapas intermedias de trabajo, en contra de lo que hicieron Kollars y Malin. Pensamos que nos faltan datos técnicos precisos sobre pendientes y accesibilidad de los puertos de montaña y de los valles por parte de las vías férreas. En consecuencia, y para evitar la influencia inconsciente de una situación real ya conocida, se ha creído más conveniente explicar el papel de los obstáculos naturales al analizar las diferencias

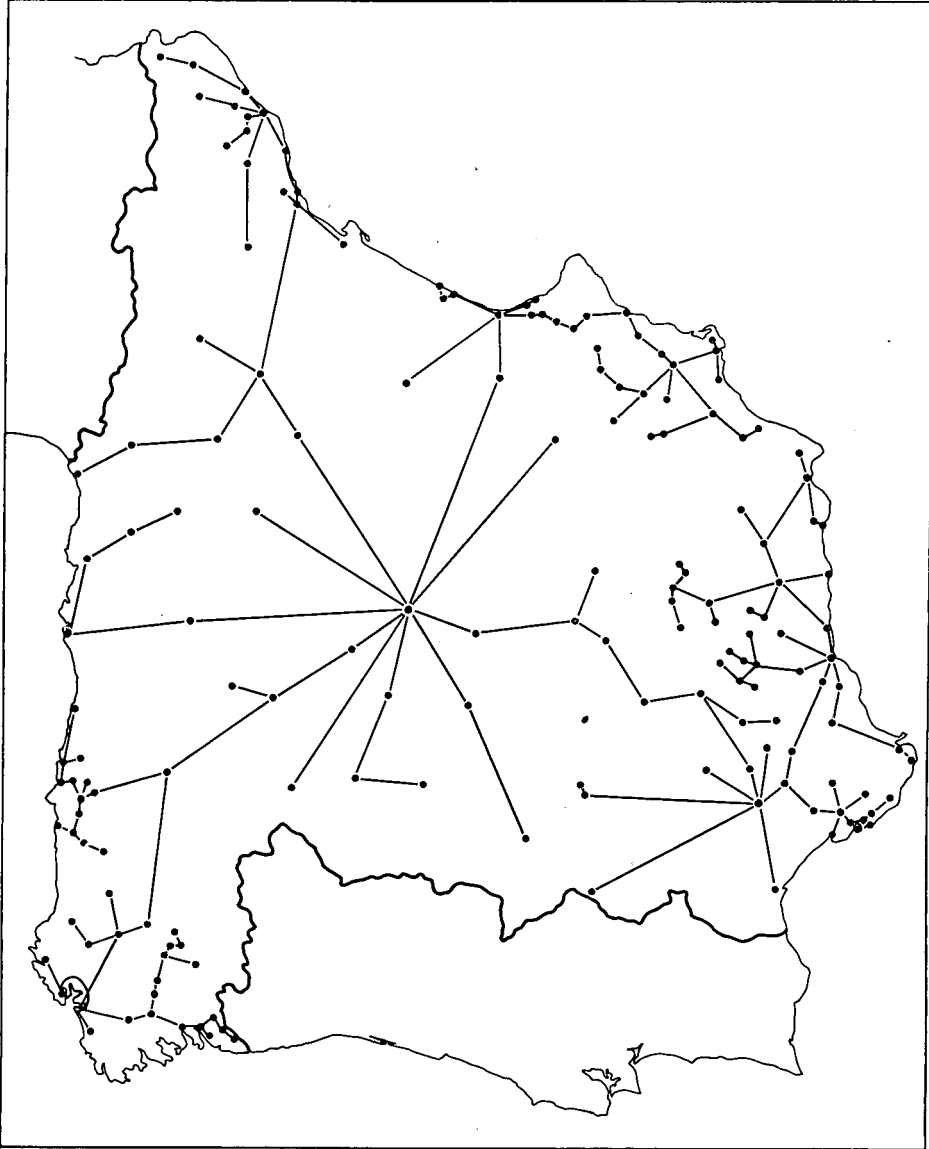


Fig. 2. Estructura de la red simulada tras una primera simplificación a partir de la figura 1. Se ha tenido en cuenta la *law of parsimony* o de simplificación de rutas paralelas.

entre la red simulada y el mapa de los ferrocarriles realmente existentes en la actualidad.

En el Mapa 3 se ha indicado sintéticamente a partir de la representación esquemática de la red ferroviaria actual las coincidencias y las divergencias con la red prevista a partir del modelo. Mediante el análisis del mismo comentaremos: 1) las líneas previstas por el modelo y existentes en la realidad con el mismo trazado; 2) las líneas existentes que pueden ser consideradas como conexiones intermedias, y 4) las líneas no previstas y existentes.

LÍNEAS PREVISTAS Y EXISTENTES CON IDENTICO TRAZADO

Más de la mitad de la red ferroviaria existente en la actualidad posee exactamente el trazado previsto por el modelo, en el sentido de que une, con las simplificaciones indicadas, los nodos conectados por el potencial de interacción. Incluiremos entre estas líneas todas aquellas que poseen desviaciones fácilmente comprensibles por razones orográficas. Puede afirmarse que la realización de estas líneas responde en lo esencial plenamente a la acción de los dos factores — población y distancia — integrados en el modelo.

En el área de La Coruña las líneas La Coruña-El Ferrol-Ortigueira, Pontevedra-Redondela-Vigo y Tuy-Tomiño, corresponden exactamente a los trazados previstos. Únicamente no coinciden con el trazado simulado, los tramos La Coruña-Lugo-Sarria y La Coruña-Santiago que son fragmentos de las líneas que unían la capital gallega a León y Zamora y que en realidad han seguido otros trazados que en su momento se explicarán.

En el área de Oviedo, la línea de Oviedo a León hacia el interior de la Península coincide plenamente con la simulada, a pesar de las dificultades orográficas. También coinciden los trazados de las líneas Oviedo-Gijón, Oviedo-Grado y un sector de la de Llanes. La complejidad del relieve asturiano, la incidencia de la actividad minera y el carácter no urbano de algunos de los municipios que entran en nuestro estudio, creemos es la causa que ha motivado la no correspondencia de las demás líneas simuladas y las realmente existentes en la región asturiana.

En el área de Santander la línea entre esta capital y Burgos prevista por el modelo, sólo se construyó en el sector meseteño, terminándose las obras en Ciudad Dosante. En cambio, existen completas las líneas Santander-Bilbao y Vitoria-Logroño. Ya explicamos anteriormente la causa de que no sea Bilbao la capital de esta área, como cabía esperar, al no haberse añadido la población de los municipios próximos que poco después se le anexionaron.

En el área de Zaragoza todas las líneas simuladas corresponden con líneas realmente existentes. Lo mismo ocurre en Cataluña, con la única excepción de la línea Igualada-Lérida; dicha línea fue de hecho proyectada, pero no se llevó a la práctica al decidirse la construcción de la línea de unión Barcelona-Lérida por Manresa y Calaf.

En el área de Valencia se construyeron todas las líneas previstas, aunque

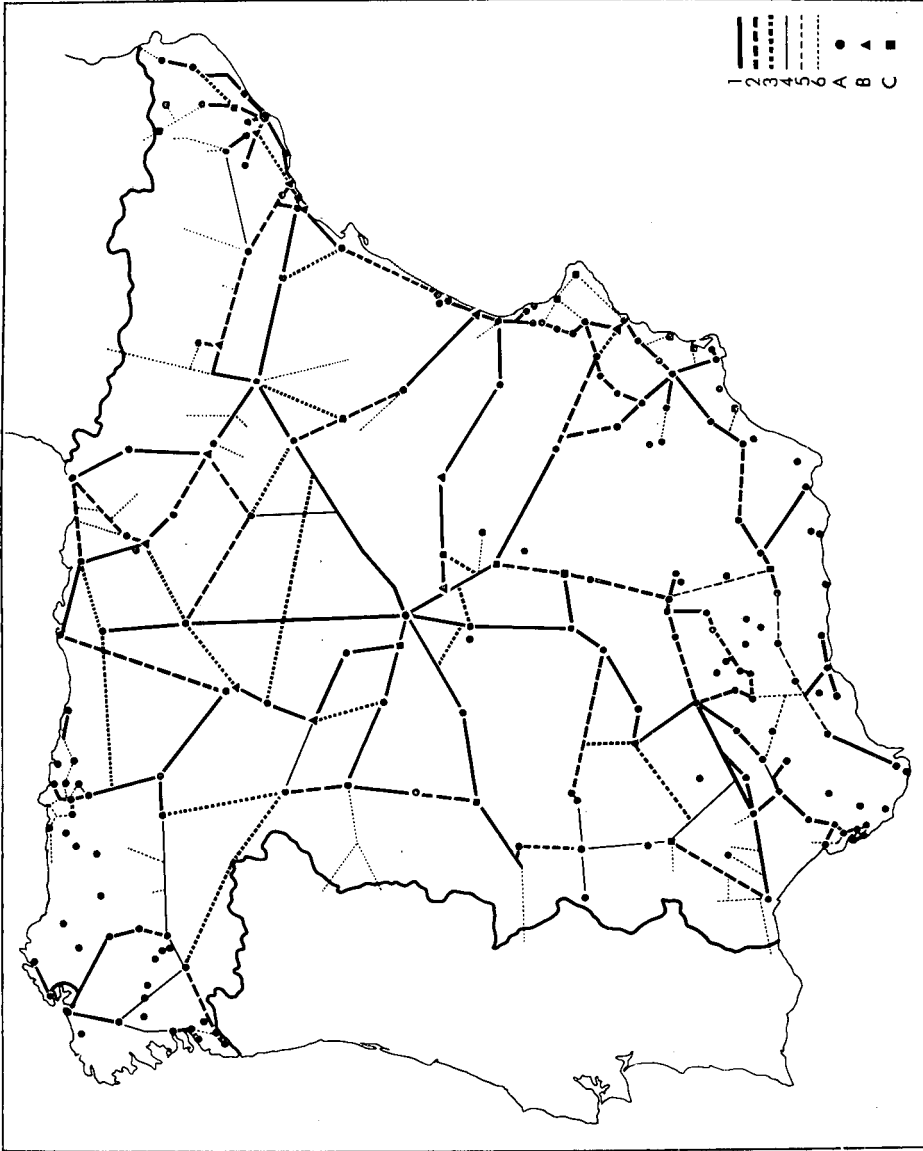


Fig. 3. Correspondencia entre la red actual y la red simulada.

1. Líneas previstas y existentes con idéntico trazado; 2, conexiones entre terminales; 3, conexiones intermedias; 4, líneas que unen nodos comunicados según el modelo, pero construidas con trazado que disminuye coste; 5, líneas previstas pero cuyo trazado está influido por factor orográfico; 6, líneas no previstas y existentes. A, nodos integrados en el modelo (municipios de más de 10.000 hab. en 1877); B, estaciones de empalme que pueden asimilarse a nodos próximos; C, nodos no integrados en el modelo por no alcanzar 10.000 hab. en 1877.

la de Valencia-Teruel sigue un trazado con una pequeña diferencia sobre lo previsto: la unión de las dos capitales no se realiza directamente sino mediante el enlace en Sagunto — ciudad que por no alcanzar los diez mil habitantes en 1877 no ha intervenido en nuestros cálculos — y la penetración por el valle del Palancia.

En el área subregional de Murcia se han construido la mayoría de las líneas previstas, con excepción de la de Moratalla a Caravaca y Lorca. Caravaca ha quedado unida por ferrocarril a Murcia pasando por Mula; debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la influencia de Lorca y de Murcia sobre Caravaca es, según nuestros cálculos, prácticamente equivalente, ya que los índices de interacción resultantes son de 316.491 con Murcia y de 317.963 con Lorca; por ello en el trazado definitivo del ferrocarril habrá pesado sobre todo el hecho de ser Murcia la capital de la provincia. En cuanto a la línea Mazarrón-Cartagena no ha llegado a convertirse en realidad, a pesar de existir un proyecto en este sentido y de haberse construido incluso casi toda la infraestructura del trazado.

En el área subregional granadina el trazado simulado y el real se corresponden exactamente en las líneas Almería-Guadix-Granada, Baza-Guadix, Andújar-Linares, Martos-Jaén-Linares y Baeza-Ubeda-Linares. No se ha realizado, en cambio, la unión Linares-Granada a través de Jaén, debido, posiblemente, a las dificultades orográficas y por existir ya el enlace entre estas ciudades a través de Moreda; cabe considerar además que en aquellos momentos de intenso desarrollo minero, la población y la actividad de Linares era superior a la de la capital de su provincia. El relieve justifica igualmente el que no se haya realizado un ferrocarril que una Granada a Málaga a través de Vélez Málaga; debe destacarse, sin embargo, el hecho de que llegara a construirse un ferrocarril de vía estrecha que desde Vélez Málaga ascendía hasta Ventas de Zafarrayas, en lo alto de la sierra de Alhama. Con respecto a la ruta simulada Granada-Motril debe igualmente señalarse que aunque no existe en la realidad sin duda por razones orográficas, un pequeño ferrocarril recorre parte de la misma en el itinerario Granada-Durcal.

La escasa actividad económica de Adra, Berja y Níjar explica suficientemente la no construcción de un ferrocarril que uniera dichas poblaciones a Almería. Además, cualquier conexión entre Adra y Berja hubiera resultado costosísima por la presencia de las montañas penibéticas.

En el área subregional de Málaga existen cinco líneas simuladas confluyentes en la capital. De ellas tres coinciden con las líneas de ferrocarril existentes y en los otros casos existen adaptaciones fácilmente explicables. Ya nos hemos referido anteriormente a la línea Málaga-Vélez Málaga-Granada seguida en parte por el ferrocarril de Málaga a Ventas de Zafarraya. En cuanto a las líneas previstas de Málaga a Loja, Málaga-Antequera, Málaga-Alora-Morón y Málaga-Coín-Ronda, presentan el gran obstáculo del relieve. De todas formas, el obstáculo serrano que dificultaba la comunicación de Málaga con el interior debía vencerse de algún modo. El camino escogido para el trazado del ferrocarril hacia el interior coincide en su primer tramo con la línea simulada

Málaga-Alora siguiendo el valle del Guadalhorce. A partir de aquí, el trazado del ferrocarril resultó muy costoso; sin embargo se comprende muy bien que siga bordeando el Guadalhorce ya que su valle constituye un paso que facilita el cruce de la serranía. La cuenca superior del Guadalhorce constituye un llano cuyo centro lo ocupa la ciudad de Antequera; el desnivel a salvar por el ferrocarril para pasar a la cuenca del Guadalquivir es aquí prácticamente inexistente, por lo que la vía férrea puede seguir hacia el interior sin ulteriores problemas. Hacia el Este, la hoya de Antequera guarda relación con la depresión interior penibética que se prolonga a Loja y Granada. En vista de ello se comprende fácilmente que la unión de Málaga y Antequera se realice a través de Alora, y no directamente, así como el hecho de la utilización del nudo de Antequera para el enlace con Loja y Granada.

La línea simulada Málaga-Coín-Ronda-Algeciras sólo coincide con una línea real en los tramos Málaga-Coín y Ronda-Algeciras, pero la razón es fácilmente comprensible. Ante todo debe tenerse en cuenta que la hoya de Málaga, que se prolonga hasta Coín, está limitada a continuación por altas sierras, como la de Tolox y la propia serranía de Ronda, que presentan un frente difícilísimo de salvar para un hipotético ferrocarril. Por ello la comunicación ferroviaria con Ronda ha debido realizarse siguiendo el valle del Guadalhorce para desde la hoya de Antequera (en Bobadilla) dirigirse hacia dicha ciudad. Desde Ronda la línea hacia Algeciras ha sido fácilmente realizable utilizando el paso de los ríos Guadiaro, Hozgarganta y Guadarranque.

A partir de Antequera el modelo utilizado permite prever una línea hacia Lucena, la cual no existe en la realidad. Por el contrario un enlace realizado en Bobadilla, junto a Antequera, permite la comunicación directa con Puente Genil. Bobadilla se convierte así en un nudo ferroviario de primer orden en el que conectan las líneas hacia Ronda y Algeciras por el oeste, hacia Málaga por el sur, hacia Granada por el este y hacia el interior de la Península por Puente Genil. En cuanto al resto de las líneas previstas en la subárea malagueña, coinciden con el trazado actual la línea que une Lucena con Cabra y Baena y parte de la de Aguilar a Castro del Río, en el tramo Aguilar-Montilla. La unión simulada de Aguilar con Lucena se efectúa de hecho a través de Puente Genil, por razones de economía en el enlace con la red cordobesa. Volveremos sobre ello más adelante.

En el área subregional de Córdoba existe cierta identidad entre la línea simulada y la red en los tramos Pozoblanco-Peñarroya-Córdoba y en la línea Ecija-Córdoba. En lo que respecta al área sevillana existe coincidencia total entre las líneas simuladas y las reales en los tramos Sevilla-Huelva, Sevilla-Córdoba, Sevilla-Utrera-Morón, y Utrera-Lebrija-Jerez. Debe hacerse notar que en el área sevillana no existen obstáculos de relieve que obliguen a desviaciones respecto a las previsiones del modelo. Lo mismo cabe decir para una parte de la subárea gaditana en la que hay coincidencia total entre lo previsto y la realidad en las líneas Cádiz-San Fernando-Puerto de Santa María-Jerez de la Frontera y en la de Jerez-Sanlúcar.

En la región meseteña la coincidencia de las líneas simuladas y las actuales

es evidente. Son totalmente coincidentes la Madrid-Avila-Salamanca, la Madrid-Segovia-Medina del Campo; la Valladolid-Palencia-León, con bifurcación a Astorga y a Oviedo. En la línea Madrid-Burgos-Santander queda pendiente de construir, como ya dijimos, el tramo Ciudad Dosante-Santander, en proyecto desde hace muchos años y que acercaría considerablemente aquella provincia cantábrica a la capital española. Líneas simuladas que coinciden con el trazado real son las de Madrid-Guadalajara-Calatayud-Zaragoza, la de Madrid-Cuenca, y la de Madrid-Albacete. Hacia el sur, la línea de Madrid a Ciudad Real tiene enlace en Valdepeñas por un lado y con prolongación del trazado ferroviario hacia el sur por Puertollano, de donde había partido un ferrocarril de vía estrecha que comunicaba con Peñarroya, y del que se hablará más adelante.

LAS CONEXIONES ENTRE TERMINALES

En el modelo de Malin y Kolars se acepta que la red de ferrocarriles tenderá a formar circuitos conectados, por lo cual se enlazan las terminales de líneas con las líneas más próximas, siempre que esto es posible. Consideran dichos autores que estas conexiones forman parte de la red simulada de la misma manera que las líneas previstas tras el cálculo del índice de interacción y la amplificación subsiguiente realizada con la «*law of parsimony*».

Por nuestra parte, hemos señalado en el Mapa 3 sobre la red actual las líneas que más claramente pueden ser consideradas como conexiones entre terminales, de acuerdo con el modelo.

Una de estas conexiones es la que se realiza en la región gallega entre Orense — en una línea prevista y existente en la actualidad, aunque con trazado que disminuye coste — y el tramo Tomiño-Tuy. En la provincia de Santander la propia capital es terminal de la línea simulada y existente Santander-Logroño; desde Santander esta línea conecta con Palencia y la Meseta y desde Logroño con Tudela (por Castejón), enlazando así con la red aragonesa. Además de la citada, diversas conexiones unen la red aragonesa con las vecinas.

De San Sebastián, terminal de la línea de Zaragoza, salen asimismo dos conexiones hacia la línea de Santander y Logroño: la septentrional une a dicha ciudad con Bilbao, la meridional con Vitoria. Desde Castejón, que prácticamente puede identificarse por su vecindad con el nodo de Tudela, surge una conexión hasta Soria, siguiendo el valle del río Alhama, hasta alcanzar la Meseta. Desde Teruel otra conexión se dirige a Calatayud, siguiendo durante todo su recorrido el valle del río Jiloca.

En la región catalana, aparte de las conexiones Valls-Lérida y Valls-Vendrell existen otras dos que unen su red con las de las regiones vecinas; se trata, por un lado, de la línea de Lérida a Huesca (en realidad hasta la vecina Tardienta) que conecta con la red aragonesa; y por otro, de la línea Tortosa-Castellón y enlace con la red valenciana.

La conexión de la red valenciana con el interior de la Península se realiza mediante la prolongación desde Alcoy, por Villena, a Albacete (en Chin-

chilla de Monte Aragón). En la parte meridional, el tramo de Huerca Overa a Baza permite el enlace con la red andaluza.

En la región andaluza se han establecido conexiones entre terminales entre Linares y Valdepeñas, a lo largo del desfiladero de Despeñaperros, camino natural que a través de la historia ha sido siempre utilizado como paso entre la Meseta y la Andalucía oriental; entre Córdoba y Andújar, siguiendo igualmente la ruta natural hacia Sevilla por el valle del Guadalquivir; entre Martos y Luque y Lucena y Puente Genil, dos tramos que faltaban en la línea que une Jaén con Málaga. Otras conexiones han unido Montilla con Córdoba, completando la línea que enlaza esta última ciudad a Málaga; y de Ecija a Marchena para completar igualmente otra línea, la que de Córdoba se dirige a Cádiz. Finalmente, desde Huelva se ha efectuado la conexión a la ruta Sevilla-Cáceres en el municipio de Zafra.

Quedan, por último, las conexiones realizadas en el área meseteña, donde la ruta tradicional que de Castilla se dirige a Andalucía por Despeñaperros se completa con la conexión que une Manzanares a Alcázar de San Juan, sobre la línea Madrid-Albacete. Por otra parte, se ha unido Almodóvar del Campo a Villanueva de la Serena mediante una línea que además ha adquirido cierta importancia al atravesar una activa región minera. La ruta natural que une la Meseta a la Andalucía occidental se ha completado con la conexión entre Cáceres y Mérida, mientras que la que une Extremadura con la submeseta norte se completa asimismo con la conexión entre Plasencia y Béjar. En la Meseta Norte puede señalarse, finalmente, la conexión existente entre las ciudades de Soria y Burgos.

LAS CONEXIONES INTERMEDIAS

Un cierto número de líneas férreas existentes hoy en España pueden explicarse como conexiones intermedias que ponen en comunicación algunas de las grandes líneas fundamentales y que aumentan por ello la capacidad de circuito de la red — es decir aumentan su redundancia —, o bien reducen considerablemente las distancias entre dos puntos. En el Mapa 3 hemos señalado todas aquellas líneas que podemos considerar como conexiones intermedias entre líneas actuales previstas por el modelo. Enumeraremos ahora brevemente cuales son estas líneas y expondremos los motivos concretos que justifican su construcción.

La línea de Zamora a Orense, realizada a pesar de las dificultades que representa la región montañosa de Sanabria, tiene por finalidad reducir el trayecto Madrid-Galicia y evitar el rodeo que de otra forma debería efectuarse por Palencia, León y Astorga.

En el área aragonesa, dos conexiones permiten unir la línea Aragón-Madrid con la submeseta norte (Ariza-Valladolid y Calatayud-Soria). La conexión Caminreal-Zaragoza establece la unión con Teruel y la de Puebla de Híjar-Tortosa permite alcanzar fácilmente el mar.

LAS LINEAS NO PREVISTAS

Examinando la red actual de los ferrocarriles españoles se observa la existencia de un cierto número de líneas que no quedan en modo alguno explicadas por el modelo utilizado. Dichas líneas no han aparecido como líneas simuladas ni pueden entenderse tampoco en términos de conexiones entre terminales ni de conexiones intermedias entre las líneas principales. Por otra parte, encontramos que algunas de las líneas simuladas que resultan al aplicar el modelo, no existen en la realidad. A estas últimas hemos hecho referencia ocasional en páginas anteriores al aludir a tramos no construidos por razones de relieve, por la existencia de otros trazados que disminuyen coste o por el carácter no urbano y débil dinamismo de los municipios afectados. No insistiremos aquí, por ello, en estas líneas previstas pero no existentes, aunque quisiéramos llamar la atención sobre el gran interés del estudio en este aspecto, que puede arrojar luz sobre el peso de determinados hechos geográficos que influyen negativamente en el trazado de la red ferroviaria: factores de relieve, competencia de medios alternativos de transporte — factor importante en el caso de los ferrocarriles turcos, según Kolars y Malin —, etc.

Centraremos aquí la atención en las líneas no previstas por el modelo y existentes en la realidad, exponiendo las razones que justifican su construcción. Estas líneas pueden ser clasificadas en varios grupos. Comprende el primero aquellas líneas que sirven a cuencas mineras sin centro urbano o descubiertas con posterioridad a 1877; en el segundo se incluyen las que enlazan la red nacional con puestos fronterizos; por último, el tercero es el de las líneas de interés local o comarcal.

Entre las líneas construidas para la explotación de cuencas mineras se encuentran las de Ponferrada a Villablino, en la provincia de León; algunas del interior de la cuenca asturiana; la de Zaragoza a Utrillas; la de Manresa a Suria así como la de Manresa a Berga y Guardiola; la de Ripoll a Sant Joan de les Abadesses; la de Teruel a Ojos Negros; la de Sevilla a Aznalcóllar, y la de Huelva a Río Tinto y Tarsis. A ellas debe unirse la línea de Almendricos a Aguilas que, al enlazar con la de Baza, permitió la exportación del mineral de hierro de la sierra de los Filabres.

En el segundo grupo, es decir las que se dirigen a la frontera, deben incluirse la línea de San Sebastián a Irún y Hendaya; la de Almodóvar a Jaca y Canfranc, así como la conexión entre Huesca y Ayerbe para enlazar en este punto con la línea de Jaca; la de Lérida a Pobla de Segur; la de Vic a Puigcerdá; la de Figueras a Port Bou; la de Huelva a Ayamonte; la de Cáceres a Valencia de Alcántara, y la de Salamanca a Ciudad Rodrigo y Fuentes de Oñoro.

Por último encontramos también diversas líneas de interés local o comarcal tales como la de Toral de los Vados a Villafranca del Bierzo; la de Vitoria a Micolade y Malzaga, actualmente ya en parte levantada; la de Zumárraga a Zumaya; la de Vitoria a Estella, acualmente levantada; la de Tudela a Tarazona; la de Cortes a Borja, ya levantada; la de Gallur a Sádaba, en las Cinco

Villas; la de Gerona a Sant Feliu de Guíxols; en relación con la explotación del corcho y hoy ya levantada; la de Selgua a Barbastro; la de Valencia a Liria; la de Carcagente a Gandía y la de Alcoy a Gandía, ambas no existentes en la actualidad; la de Torre Pacheco a San Javier; la de Orihuela a Torrevieja, no existente en la actualidad; la de Zafra a Jerez de los Caballeros, y la de Cinco Casas a Tomelloso. La mayoría de estas líneas son de vía estrecha y fueron construidas durante el auge del ferrocarril obedeciendo a intereses locales muy concretos o a la acción de caciques influyentes. Muchas de ellas han sido posteriormente levantadas, demostrando así el escaso valor que poseían.

CONCLUSIONES

El trabajo que hemos realizado trata esencialmente de poner de manifiesto la relación existente entre la población y las mallas de transporte y, en particular, entre la distribución y la importancia de los núcleos urbanos y la red de ferrocarriles. Para ello se ha realizado una simulación postdictiva de la red ferroviaria, utilizando un modelo —basado en un trabajo anterior de Kolars y Malin— que integra los factores «población de los núcleos urbanos» y «distancia» entre ellos, y que se basa en el cálculo del potencial de interacción y en una serie de simplificaciones y correcciones posteriores.

El cálculo del potencial de interacción nos ha permitido como subproducto, determinar las áreas de atracción teóricas de los núcleos urbanos españoles a finales del siglo XIX. Utilizando las cifras de población de los municipios de más de diez mil habitantes en 1877 se han llegado a identificar ocho grandes áreas de atracción teóricas que gravitan en torno a otros tantos centros metropolitanos (La Coruña, Oviedo, Santander, Zaragoza, Barcelona, Valencia, Sevilla y Madrid) así como un cierto número de áreas subregionales subordinadas.

En lo que respecta a la simulación de la malla ferroviaria, los resultados han sido verdaderamente sorprendentes. Mucho más de la mitad del trazado de la red de ferrocarriles españoles corresponde exactamente a las líneas simuladas por el modelo, y la casi totalidad puede explicarse cómodamente a partir del mismo —si consideramos a determinadas líneas como conexiones entre terminales de redes parciales o como conexiones intermedias que aumentan la redundancia de la red.

Los resultados deben interpretarse en el sentido de que en la construcción de los ferrocarriles españoles han influido esencialmente los factores integrados en el modelo —es decir, «población» y «distribución» de los núcleos urbanos— y secundariamente, para líneas menores, otros factores como la explotación de yacimientos mineros, la necesidad de conectar con las redes exteriores o determinados intereses locales. Evidentemente, el factor «población» puede ser considerado, en términos generales, como un indicador del dinamismo económico de los respectivos núcleos urbanos.

La predicción de la red hubiera sido total si hubiéramos podido aplicar

un modelo en el que se integraran datos más amplios y variados que los utilizados aquí. Pensamos concretamente en datos sobre el valor de la actividad económica de los núcleos urbanos — medido por ejemplo, por la renta total —, la importancia relativa de la actividad industrial y comercial, el porcentaje de la producción exportado al extranjero, el peso de la burguesía y la capacidad innovadora de la misma, los capitales disponibles para inversión, las relaciones con el extranjero, las variables topográficas, etc. Pero para ello hace falta un trabajo interdisciplinario y, especialmente, la colaboración de historiadores.

Uno de los mayores motivos de interés de la realización de una simulación de la malla de transportes radica en el hecho de que permite simplificar considerablemente el análisis de la red, en este caso la red ferroviaria. En esencia, las fases del análisis quedan reducidas a las siguientes: 1) Elaboración de la red simulada y análisis comparativo de las coincidencias que existen con la red real; puede decirse que todas aquellas líneas en las que la coincidencia se da responden en su construcción a la influencia de los factores integrados en el modelo. 2) Análisis de las líneas previstas y no existentes; puede arrojar luz sobre la competencia de medios alternativos de transporte o sobre la incidencia de determinados factores geográficos. 3) Análisis de las líneas no previstas y existentes; su construcción se debe a factores no integrados en el modelo.

Simulation d'une maille de transports: les chemins de fer espagnols (Resumé)

Cet article tente essentiellement de mettre en évidence le rapport existant entre la population et les mailles de transport et, en particulier, entre la distribution et l'importance des centres urbains et le réseau des transports. Nous avons réalisé pour cela une simulation postdictive du réseau ferré, en utilisant un modèle (basé sur une étude précédente de Kolars et de Malin) qui intègre les facteurs «population des centres urbains» et «distance» entre eux, et dont le point de départ est le calcul du potentiel d'interaction et toute une série de simplifications et de corrections postérieures.

Le calcul du potentiel d'interaction nous a permis de déterminer, en tant que sous-produit, les aires d'attraction théoriques des centres urbains espagnols à la fin du XIX^e siècle. En utilisant les chiffres de population des communes de plus de 10.000 habitants en 1877, nous sommes arrivés à identifier huit grandes aires d'attraction théoriques qui gravitent autour du même nombre de centres métropolitains (La Coruña, Oviedo, Santander, Zaragoza, Barcelona, Valencia, Sevilla et Madrid), ainsi qu'un certain nombre d'aires sous-régionales.

En ce qui concerne la simulation de la maille ferroviaire, les résultats ont été réellement surprenants. Bien plus de la moitié du tracé du réseau des chemins de fer espagnols correspond exactement aux lignes simulées par le modèle, et la presque totalité du réseau peut être facilement expliqué à partir du modèle — si nous considérons certaines lignes comme des points de rattachement entre terminales de réseaux partiels ou comme points de rattachement intermédiaires qui augmentent la recordance du réseau.

Les résultats doivent être interprétés dans ce sens que les facteurs intégrés dans le modèle — c'est-à-dire «population» et «distribution des centres urbains» — et, en second terme, pour les lignes secondaires, d'autres facteurs comme l'exploitation de gisements miniers, le besoin d'établir la jonction avec les réseaux extérieurs, ainsi que certains intérêts locaux, ont eu une influence réelle dans la construction des chemins de fer espagnols. Évidemment, le facteur «population» peut être considéré, dans l'ensemble, comme un indicateur du dynamisme économique de chaque centre urbain.

La prévision du réseau aurait été totale dans le cas où nous aurions pu appliquer un modèle où auraient été comprises des données plus larges et plus variées que celles que nous avons utilisées dans notre travail. Nous faisons plus précisément allusion aux données qui concernent la valeur de l'activité économique des centres urbains — mesurée par exemple au moyen du revenu total —, l'importance relative de l'activité industrielle et commerciale, le pourcentage de la production exportée à l'étranger, le poids de la bourgeoisie et sa capacité innovatrice, les capitaux disponibles pour les investissements, les rapports avec l'étranger, les variables topographiques, etc. Mais pour cela, il aurait fallu un travail interdisciplinaire, et plus particulièrement la collaboration des historiens.

L'une des principales raisons d'intérêt de la réalisation d'une simulation de la maille de transports consiste dans le fait qu'elle permet de simplifier considérablement l'analyse du réseau, ferroviaire dans ce cas. En essence les étapes de l'analyse se réduisent aux suivantes: 1) élaboration du réseau simulé et analyse comparative des coïncidences qui existent avec le réseau réel; nous pouvons dire que la construction de toutes les lignes où la coïncidence apparaît est le résultat des facteurs intégrés dans le modèle. 2) Analyse des lignes prévues et non réalisées; elle nous fait comprendre clairement la concurrence des moyens alternatifs de transport ou l'incidence de certains facteurs géographiques. 3) Analyse des lignes non prévues et réalisées; leur construction est le résultat de facteurs non intégrés dans le modèle.

Simulation of a transportation network: the spanish railroad system (Abstract)

This paper essentially tries to show the relationship that exists between population and transportation networks; particularly, between the distribution of the main urban nuclei and the railroad system. With this aim, a post-dictive simulation of the Spanish railroad system has been made, using a model (according to the previous one by Kolars and Malin) integrating both factors, population of urban nuclei and distance among these, and including the evaluation of an interaction potential and several later simplifications and correction terms.

The evaluation of the interaction potential allows, as a by-product, the determination of the theoretical attraction area of each Spanish urban nucleus at about the end of the XIXth. century. From the population figures of the towns with more than 10.000 inhabitants according to the 1877 census, eight large theoretical attraction areas have been identified, each one gravitating around one of the following eight metropolitan centers: La Coruña, Oviedo, Santander, Zaragoza, Barcelona, Valencia, Sevilla and Madrid, as well as several subordinated sub-regional areas.

The results of the railroad-system simulation have really been conclusive: more than one half of the existing Spanish railroad network exactly coincides with the system simulated using the model, and almost the whole network can be easily explained by the model if certain lines are taken as connections among the partial-network terminals, or as intermediate connections increasing network redundancy.

The results should be interpreted as meaning that the construction of the Spanish railroad system has been essentially influenced by the factors integrated in the model: «population» and «distribution» of urban nuclei, and, only in a much lesser degree and for specific minor lines, by other factors of varied nature, as mining, need of connection to outer networks, local interests, etc. Obviously, the «population» factor could be, in a general sense, considered as an indicator for the economical dynamism of each urban nucleus.

The correlation between the predicted and the existing network would have been much higher if a model had been available which could integrate more copious and varied data. Specifically, the new model would have to handle data such as the output of the economic activity of the urban nuclei (for instance measured in terms of total income), the relative importance of industrial and commercial activity, the percentage of the total production which is exported, the relative weight of the bourgeoisie and its innovating ability, the capital

available for investment, the business relationships with foreign countries, the topographical environment, etc. But an inter-disciplinary work would then be necessary, with the particular assistance of historian co-workers.

One of the main reasons which justify the interest of the transportation-network simulation lies in the fact that it allows a considerable simplification in the network analysis; in this case, the railroad-network analysis. Essentially, the phases of this analysis are the following ones:

i) To work out the simulated network and study its coincidences with the actual network; it can be stated that the construction of all lines in which coincidence is found was motivated by the factors integrated in the model.

ii) Analysis of the predicted lines which do not exist in the actual network; it can be a hint of either a competitive transportation means or an incidental specific geographical factor.

iii) Analysis of the non-predicted lines which *do* exist in the actual network; the construction of the latter was then due to factors non-integrated in the model.