



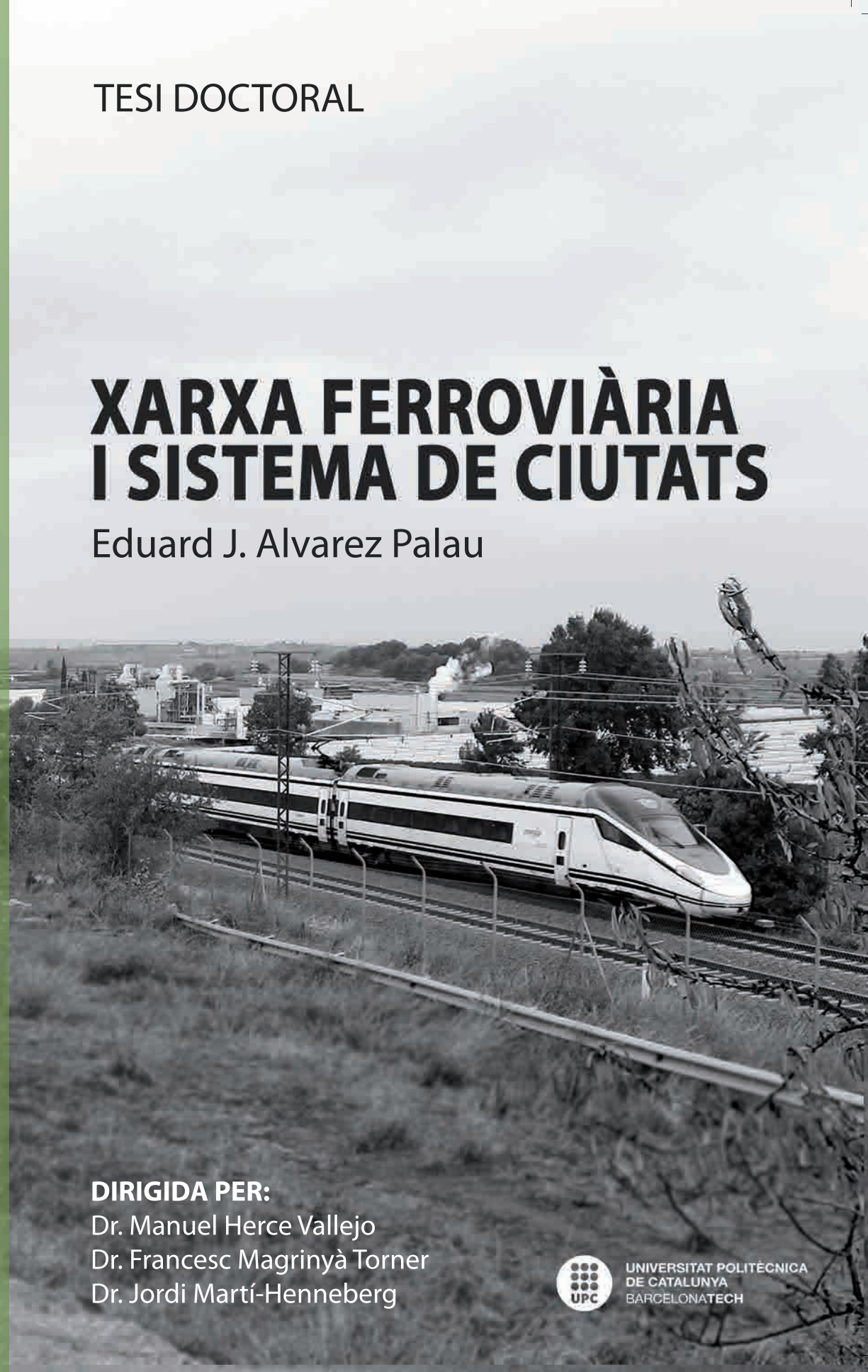
XARXA FERROVIÀRIA I SISTEMA DE CIUTATS

Eduard J. Alvarez Palau

TESI DOCTORAL

XARXA FERROVIÀRIA I SISTEMA DE CIUTATS

Eduard J. Alvarez Palau



DIRIGIDA PER:

Dr. Manuel Herce Vallejo

Dr. Francesc Magrinyà Torner

Dr. Jordi Martí-Henneberg



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

AGRAÏMENTS

La present tesi ha estat redactada a temps parcial i compaginada amb tasques professionals. Això m'ha portat a renunciar a una part important del temps lliure dels darrers anys, cosa que ha condicionat també la vida de familiars i amics. El primer agraïment és per tots ells.

De forma especial, voldria agrair la paciència i comprensió que ha tingut la meva parella: la Núria. M'ha donat suport des del primer moment, ha respectat la decisió de tirar endavant aquest projecte i m'ha ajudat a trobar motivació en els moments més difícils. Sense ella no m'hagués estat possible arribar fins aquí.

Voldria també manifestar un agraïment especial per tots aquells companys i amics amb qui he pogut debatre sobre la tesi i la temàtica d'estudi. M'han ajudat molt més del que podria semblar, doncs l'interès mostrat ajuda a entendre fins a quin punt pot tenir acceptació el treball realitzat. Tot i que no els citaré, per no allargar-me, els tinc a tots presents.

Tema apart és la relació amb tots aquells que, a part de ser companys i amics, han col·laborat activament en els diferents treballs que componen el compendi. És evident que sense la seva feina i el seu suport hagués resultat molt més difícil acabar el doctorat. Gràcies Mireia, Berenguer, Anna, Xavi, Alfons i Kaloyan per la vostra generositat.

Des d'un punt de vista acadèmic aquest programa m'ha portat a realitzar contactes amb diferents universitats per tal de realitzar estades de mobilitat. En aquest sentit, voldria agrair la tasca desinteressada d'aquells que m'han atès: Leigh, Regina i Magda, independentment de si finalment s'han pogut concretar o no. Al mateix temps, agraeixo aquí la feina de tots aquells que m'han ajudat amb els tràmits i les gestions necessàries, així com als membres del tribunal i avaluadors que han accedit amablement a la invitació que els vaig formular.

Finalment, vull agrair especialment la feina feta pels directors: Manuel, Francesc i Jordi. En Manuel ha estat des de fa anys el meu referent. El seu discurs m'ha guiat i m'ha permès aprofundir en aquesta disciplina tan apassionant com és l'urbanística. En Francesc ha acompanyat el meu creixement acadèmic i docent al llarg de quasi una dècada. I en Jordi ha estat qui m'ha introduït al món de la recerca acadèmica de primer nivell. La seva constància i tenacitat són realment envejables.

Gràcies sinceres a tots,

Eduard J Alvarez Palau

Octubre de 2015

RESUM

La relació entre xarxa ferroviària i el sistema de ciutats ha estat llargament estudiada des de fa dècades. Com a infraestructura de transport, el ferrocarril ha esdevingut un element cabdal en la configuració urbana i territorial de les ciutats connectades. N'ha condicionat aspectes tan diversos com la morfologia urbana, el desenvolupament sòcio-econòmic o la jerarquia regional de les localitats.

Amb la proliferació dels Sistemes d'Informació Geogràfica Històrics, per a la creació de bases de dades territorials, s'obre un nou ventall de possibilitats a l'hora d'analitzar els possibles efectes causats pel ferrocarril. El present treball planteja nous mètodes i instruments, que permeten modelitzar i quantificar noves variables explicatives, podent arribar així a una major comprensió de les correlacions esmentades. Al mateix temps, i donat que la implementació de models macroscòpics no sempre és prou explicativa, es plantegen també diversos estudis de cas per tal de verificar les condicions en les que es compleixen les correlacions establertes.

La correlació entre cobertura ferroviària i creixement poblacional, la correlació entre accessibilitat territorial i distribució de població o la influència ferroviària en la estratègia d'expansió territorial representen alguns dels models aquí plantejats. Al mateix temps, l'anàlisi morfològic de ciutats en relació al ferrocarril, la colonització ferroviària basada en el ferrocarril o la interrelació entre infraestructures i desenvolupament regional son alguns dels tèmics desenvolupats en detall per tal de comprendre les dinàmiques específiques.

Amb tot, es demostra un gran potencial transformador del ferrocarril sobre el sistema de ciutats. Ara bé, aquest potencial no sempre ha estat aprofitat de forma adequada pels promotors ferroviaris o pels habitants dels territoris servits. La necessitat d'articular polítiques urbanístiques específiques per maximitzar els beneficis territorials i minimitzar els impactes causats és essencial. I el present treball planteja certes indicacions que permetrien un millor encaix d'ambdós elements.

RESUMEN

La relación entre red ferroviaria y el sistema de ciudades ha estado largamente analizada durante décadas. Siendo una infraestructura de transporte, el ferrocarril se ha convertido en un elemento imprescindible para explicar la configuración urbana y territorial de las ciudades conectadas. En éstas, ha condicionado aspectos tan diversos como la morfología urbana, el desarrollo socio-económico o la jerarquía regional de las localidades.

Con la proliferación de los Sistemas de Información Geográfica Históricas, para la creación de bases de datos sobre el territorio, se ha abierto un nuevo abanico de posibilidades al estudiar los efectos causados por el ferrocarril. El presente trabajo plantea nuevos métodos e instrumentos, que permiten modelizar y cuantificar nuevas variables explicativas, pudiéndose conseguir una mejor comprensión de las correlaciones citadas. Al mismo tiempo, y dado que la implementación de modelos macroscópicos no es siempre lo suficientemente explicativa, se plantean también diferentes estudios de caso con la finalidad de verificar las condiciones en las que se cumplen las correlaciones preestablecidas.

La correlación entre cobertura ferroviaria y crecimiento poblacional, la correlación entre accesibilidad territorial y distribución de población o la influencia ferroviaria sobre la estrategia de expansión territorial representan algunos de los modelos aquí desarrollados. Al mismo tiempo, el análisis morfológico de ciudades en relación al ferrocarril, la colonización ferroviaria basada en el ferrocarril o la interrelación entre infraestructuras y desarrollo regional son algunos de los tópicos estudiados en detalle con la finalidad de comprender ciertas dinámicas concretas.

Con todo, se demuestra el gran potencial transformador del ferrocarril sobre el sistema de ciudades. Sin embargo, también se pone de manifiesto que este potencial no siempre ha sido aprovechado de forma adecuada por parte de sus promotores o de los residentes de los territorios cubiertos. La necesidad de articular políticas urbanísticas específicas para maximizar los beneficios territoriales y minimizar los impactos causados es esencial. Y el presente trabajo plantea ciertas indicaciones que permitirían llegar a un mejor encaje de ambos elementos.

1. INTRODUCCIÓ

Les **infraestructures de transport** constitueixen una variable fonamental per poder entendre la distribució territorial del **sistema de ciutats**. Vivint en una societat permanentment connectada on la ubiqüitat i la immediatesa han esdevingut un requisit indispensable, els transports son considerats caudals per donar resposta a la forta demanda de desplaçaments de persones i mercaderies. D'aquesta forma, tota aportació que ajudi a constituir un major enteniment del binomi transport-ciutats manté la vigència i l'interès, alhora que ajuda a planificar actuacions posteriors de l'urbanisme o l'ordenació territorial.

Al centrar l'atenció en aquestes infraestructures, cal fer un primer incís per indicar que la seva materialització sobre el territori no és neutra ni homogènia, de forma que pot causar greuges entre regions amb diferents índex de dotació o densitat. Però de fet, ni la pròpia disposició d'infraestructures és bon indicador per contrastar diferents situacions, doncs més important que la dotació son les possibilitats de connexió que la xarxa ofereix. O dit d'una altra forma, la cobertura territorial de cada infraestructura. En aquest sentit, per exemple, tot i disposar de línia de tren si no es disposa també d'una estació al municipi les repercussions de la infraestructura sobre la ciutat tendeixen a ser inferiors en comparació amb altres amb millors nivells de connectivitat. Alhora, estar connectat a la xarxa tampoc és sinònim d'estar ben connectat al sistema, doncs les propietats intrínseques a les xarxes permeten l'existència de subxarxes amb baixos graus de connexitat amb la xarxa principal. Fins i tot, es donen casos en que les subxarxes no son connexes, és a dir són independents les unes de les altres.

Tot això dificulta l'anàlisi de les infraestructures de forma genèrica i requereix de la seva modelització de forma simplificada mitjançant arcs i línies, i aplicant la **teoria de grafs**. Aquesta aproximació, molt comú en disciplines afins a les ciències exactes com les matemàtiques, va ser introduïda a l'estudi de la geografia dels transports al llarg de la dècada dels '70, amb importants contribucions des de l'escola anglosaxona (p. ex. Lösch, Hagget, Taaffe, Kansky, etc.), o la l'anàlisi de xarxes, amb major contribució francòfona (p. ex. Dupuy, Offner, Mandelbrot, Genre-Grandpierre, etc.). Actualment, es troba fortament arrelada en els estudis que plantegen aproximacions quantitativistes des d'un enfocament d'oferta, és a dir, que focalitzen l'anàlisi en l'oferta infraestructural i de serveis més que en la demanda de passatgers i mercaderies que transporten.

Amb tot, l'estudi d'ambdues variables ha estat origen de milers de treballs arreu. Alguns s'han enfocats de forma monogràfica i especialitzada, des de diferents disciplines, però també de forma transversal per intentar explicar fenòmens més complexos. En aquest sentit, el present treball no es planteja com un estat de la qüestió sobre la matèria, sinó que s'enfoca de forma específica al desenvolupament de **noves metodologies d'anàlisi**, alhora que al desenvolupament d'**estudis de cas** que puguin contribuir a una major comprensió del fenomen general. La presentació final, en forma de compendi de publicacions, permet que cada article exposi una metodologia, o cas concret, i que la tesi resultant sigui un text articulador de conjunt.

Aquesta mateixa forma d'aproximació dintre la temàtica d'estudi ha obligat a plantejar un seguit d'acotacions infraestructurals, temporals i geogràfiques.

En primer lloc, des d'un punt de vista infraestructural s'ha centrat l'atenció únicament en el ferrocarril. Entre totes les infraestructures de transport, el **ferrocarril** constitueix una xarxa única pel seu coneixement històric, la seva interacció amb el territori i per la facilitat de ser analitzada de forma independent a la resta de xarxes. Actualment, es conserven registres que permeten reconstruir de

forma fidedigna les xarxes en SIG¹ i assignar-hi dades en forma d'atributs. Es pot arribar a disposar d'informació sobre obertures i tancaments de línies i estacions, de serveis o fins i tot de passatgers i mercaderies transportades. Això, per exemple, contrasta amb la dificultat de tractar el transport per mitjans hidràulics, com rius i canals, degut a la dificultat d'obtenir registres sobre les possibilitats de transport en cada època de l'any i atenent a les condicions climàtiques. Alhora, és més senzill també que tractar el transport marítim, aeri o per carretera, que no disposa d'una infraestructura tan ben delimitada. Això fa que tendeixin a ser modes molt més adaptables a la voluntat individual de cada servei, cosa que en dificulta els registres de dades i la seva conseqüent modelització.

Per altra banda, l'estudi no parteix d'una **acotació temporal** dels treballs, és a dir, l'anàlisi engloba tot el període comprès entre la construcció del primer ferrocarril entre Stockton - Darlington (1825) i l'actualitat. Els canvis en les ciutats i les seves àrees d'influència són lents i complexos, de forma que s'ha optat per considerar tot el període en que han operat els ferrocarrils. Cada investigació desenvolupada, però, sí que ha requerit de les seves pròpies acotacions. Bé sigui per la disponibilitat de dades o simplement per l'existència de factors externs específics, cada treball aportat justifica convenientment el perquè de la seva acotació.

I finalment, des d'un punt de vista **geogràfic** tampoc es va plantejar cap mena de restricció. En aquest cas però, la qüestió idiomàtica ha jugat un paper important a l'hora de tractar les dades i, per tant, d'abordar un tipus d'anàlisi o altre. D'aquesta forma s'han desenvolupat anàlisis a nivell europeu, de forma general sobre el conjunt i de forma específica sobre el Regne Unit, Espanya o els Balcans; però al mateix temps s'ha treballat també al continent sud-americà, concretament a la Patagònia argentina.

Acotat el tema infraestructural, convé centrar l'atenció en la segona variable del binomi: el sistema de ciutats. I més concretament en el territori que el circumscriu. A tal efecte, el primer pas passa per acotar els diferents conceptes, alhora que les variables considerades al llarg de l'estudi.

Quan es tracta sobre temes territorials, sempre és convenient tenir clara la visió des de la que l'autor pretén realitzar la seva aproximació en particular. En el meu cas, tant la meua formació tècnica com la posterior derivació professional, em porten a l'estudi del **territori** des de la tradició espacial. És a dir, considerant que es tracta d'un sistema format per un conjunt d'**assentaments** interconnectats, per **xarxes de transport i comunicacions**, que en garanteixen el funcionament.

Sobre aquesta visió, les diferents xarxes que es despleguen pel territori generen uns intersticis, amb major o menor grau d'interrelació, que constitueixen el que podríem anomenar com a **medi natural**. Aquest, pot haver estat sotmès a diferents processos d'antropització, cosa que en pot haver alterat significativament l'ús i l'estètica, però segueix constituint la base sobre la que es desenvolupa el sistema. A més a més, convé tenir en consideració que la societat que habita una regió manté una forta interacció amb els elements físics, però també en determina unes característiques socio-culturals específiques. L'**estructura politico-administrativa**, les **relacions econòmiques** o la **demografia** són també elements caudals per entendre aquesta vinculació entre infraestructures i assentaments. I així s'ha mantingut al llarg del treball.

Totes aquestes variables s'han considerat en els diferents treballs que formen part d'aquesta tesi. Per tant, es considera que el conjunt de casos sobre els que s'ha treballat contribueixen a un millor coneixement de la interacció entre ferrocarril i ciutat. Tanmateix, les bases de dades utilitzades, les

¹ SIG: acrònim de Sistemes d'Informació Geogràfica.

eines emprades i les modelitzacions aplicades permeten no solament aquest millor coneixement de la disciplina, sinó que alhora obren noves possibilitats d'anàlisi futures. Els sistemes SIG aplicats de forma històrica són relativament recents i encara no han estat prou explotats (Gregory 2003). Tot i disposar cada dia de més i millors bases de dades, des del punt de vista de la modelització quantitativa i la correlació amb d'altres variables que puguin ser d'interès, encara queda molt marge per recórrer. La forma en que es plantegen els presents models sobre les xarxes de transport són fonamentals per obtenir resultats coherents i fàcilment interpretables. No totes les variables són útils per a tots els anàlisis, i no tots els resultats estadístics porten a correlacions reals entre variables. I en aquest sentit, els diferents treballs que componen aquesta tesi sí que representen una contribució essencial a la disciplina.

2. ESTRUCTURA DE LA TESI

La tesi presentada s'organitza a mode de compendi de publicacions. D'aquesta forma, després de la **introducció** prèvia, es desenvolupa el present capítol d'**estructura de la tesi** que te com a finalitat orientar al lector a través de l'estat de l'art, les hipòtesis de recerca, els treballs del compendi, les conclusions generals, la lectura dels resultats en lògica actual, així com les futures línies de recerca obertes. A continuació es llisten les referències bibliogràfiques emprades, i finalment la traducció de continguts necessària per accedir a la Menció Internacional.

L'**estat de l'art** es planteja com una revisió general de les principals publicacions que tracten la interacció entre ferrocarril i territori, o sistema de ciutats.

En primer lloc s'agrupen els treballs que tracten la relació de forma eminentment qualitativa, intentant explicar conceptualment la relació des d'una perspectiva general. La configuració espacial dels ferrocarrils, l'encaix urbà del traçat, la ubicació de les estacions, l'evolució morfològica de les ciutats, la conformació metropolitana, la interacció amb altres models de transport o els impactes causats pel ferrocarril son només alguns dels temes tractats. A escala més concreta, s'inclouen també casos particulars de determinades regions o ciutats d'arreu. A continuació es desenvolupa la mateixa interrelació però portada al context actual. La construcció de noves infraestructures ferroviàries està focalitzada principalment entorn l'Alta Velocitat. En aquest sentit, es repassen les principals prediccions plantejades, així com els primers estudis explicatius emanats de les línies precursors.

El segon apartat planteja esquema resum que intenta sintetitzar la correlació entre ferrocarril i sistema de ciutats des de l'òptica general i qualitativa. La finalitat del mateix és facilitar la comprensió per part del lector, alhora que servir de base per a posteriors estudis del camp.

Per últim, es planteja un canvi d'enfocament passant dels anàlisis qualitatius cap als quantitius. S'intenta mesurar les interaccions anteriorment especificades. Es mostren els principals mètodes i instruments de càlcul aplicables a la modelització de la xarxa ferroviària. I, finalment, el darrer apartat es constitueix com una breu síntesi dels principals treballs que han intentat mesurar aquestes interaccions. S'hi especifica tant la metodologia seguida com els principals resultats obtinguts.

La **tesi**, les **hipòtesis** de la investigació i els **objectius** plantejats es desenvolupen en el capítol quart. Donat el plantejament de la tesi a mode de compendi, en aquest apartat es planteja únicament la problemàtica general i les hipòtesis de conjunt de la tesi. Cal entendre que cadascun dels treballs inclosos en el recopilatori desenvolupa també les seves pròpies hipòtesis i conclusions específiques, però aquesta informació no s'inclou en el present capítol sinó en el posterior.

Els treballs que componen el **compendi** inclouen aquells documents que han estat preparats per l'autor durant el període de recerca del programa de doctorat, tant siguin articles, ponències a simposis i congressos o altres publicacions de caràcter més divulgatiu. El nexa comú entre les publicacions és sempre la relació entre ferrocarril i sistema de ciutats als països analitzats. És a dir, la temàtica central que aborda la present investigació.

El primer article planteja una modelització de la cobertura ferroviària d'Anglaterra i Gales, entre 1871 i 1931, per tal d'analitzar les possibles correlacions estadístiques amb el creixement de població a nivell municipal.

El segon article desenvolupa un model d'accessibilitat ferroviària amb les mateixes acotacions temporals i espacials. En aquest cas, però, la finalitat es intentar predir la distribució de població a nivell nacional, més que no pas el seu creixement.

El tercer article planteja una reconstrucció de la trama urbana històrica de les ciutats mitjanes catalanes, amb la finalitat d'intentar establir patrons comuns a l'hora de d'identificar el creixement urbà en relació a l'estació i la línia ferroviària.

El quart article intenta explicar com el desenvolupament de la xarxa ferroviària va ajudar a constituir els estats balcànics tal i com son avui en dia. L'origen dels capitals, la longitud de xarxa, la cobertura ferroviària o la permeabilitat fronterera son algunes de les variables emprades.

El cinquè article planteja una comparativa entre dos projectes ferroviaris a la Patagonia argentina. Tot i partir de força similituds geogràfiques, la forma d'abordar-los acaba sent cabdal a l'hora d'aconseguir els resultats esperats.

El sisè treball es planteja com un estudi de cas en un dels corredors del Pirineu català amb més dotació infraestructural, però que mostra nivells de desenvolupament molt baixos. La integració, i la interacció, entre infraestructura i assentaments esdevé un factor fonamental per justificar la manca de correlació entre variables.

El setè treball es planteja també com a estudi de cas al corredor del *Alto Valle de Río Negro y Neuquén*, a l'Argentina. En aquest cas, es mostra com l'empresa concessionària del ferrocarril porta a terme un seguit d'inversions en infraestructures complementaries que permeten un funcionament òptim de la línia de transport i un desenvolupament territorial important.

El vuitè treball es planteja com una síntesi dels principals instruments i mètodes de mesura de l'oferta infraestructural ferroviària de forma històrica. La finalitat del mateix és que altres investigadors no experts en infraestructures puguin emprar-los en els seus treballs de forma més intuïtiva.

En el context de la mateixa investigació s'han iniciat altres treballs complementaris que han de permetre continuar la recerca plantejada. No obstant, pel seu estat embrionari encara no podien ser inclosos en el compendi. En un dels treballs, s'ha desenvolupat un indicador per quantificar el creixement urbà de diferents ciutats i intentar correlacionar-lo amb la ubicació del ferrocarril i la línia ferroviària. En un segon treball s'està implementant un model economètric per intentar correlacionar la cobertura ferroviària regional amb el creixement econòmic en termes de PIB a Europa occidental. També s'està treballant en un model similar per aplicar a la regió dels Balcans. En aquest cas, però, la manca de dades sobre PIB fa que s'utilitzi la població com a variable interpretativa. S'està treballant també en un model per intentar explicar el poblament de les regions més septentrionals de Finlàndia en relació al ferrocarril. I, finalment, s'ha desenvolupat un model de transport intermodal per a tot Europa per a la segona dècada del segle XIX, que té com a finalitat intentar quantificar la influència dels transports en la integració dels mercats de les principals ciutats.

La **discussió de resultats** s'exposa en el capítol sisè, amb la finalitat de resumir les principals conclusions obtingudes i donar resposta a les hipòtesis plantejades.

En primera instància es correlacionen els treballs desenvolupats al llarg del compendi amb l'esquema de relacions entre ferrocarrils i sistema de ciutats plantejat com a resum de l'estat de l'art. D'aquesta forma es permet apreciar que, tot i no haver-se tractat tots els elements involucrats, al llarg de la tesi s'han tingut en consideració un nombre important de les variables involucrades.

A continuació s'articulen les conclusions particulars de cadascun dels treballs del compendi, per tal de donar una resposta unificada a les hipòtesis centrals de la tesi.

El capítol setè es planteja com una **lectura dels resultats aplicada al context actual**. És a dir, es plantegen un seguit de consideracions i reflexions personals sobre la temàtica estudiada justificades en base a l'aprenentatge obtingut. Si en l'apartat anterior s'ha seguit una metodologia de treball estricta i focalitzada en els fets i les evidències emanades dels treballs, en aquest apartat l'autor exposa també idees sorgides durant els anys de dedicació a la tesi doctoral però que no han estat contrastades empíricament encara. Els efectes del ferrocarril sobre el sistema de ciutats en perspectiva històrica o les perspectives de desenvolupament en el context territorial actual son alguns dels temes tractats. Tanmateix, s'inclou un apartat final en el que es proposa un intens debat sobre el sistema de planificació i construcció infraestructural al nostre país, i que tindria com a finalitat resoldre alguns dels grans problemes detectats al llarg de la tesi.

Posteriorment, es planteja un capítol en el que s'exposen **noves línies de recerca** que podrien desenvolupar-se en posteriors treballs. Algunes d'aquestes ja han estat avaluades de forma preliminar i sembla que podrien donar bons resultats, mentre que les altres responen més a intuïcions de l'autor.

El novè capítol conté les **referències bibliogràfiques** emprades per redactar la present tesi. No obstant no s'inclouen les referències específiques de cadascun dels articles i treballs que componen el compendi, doncs ja han estat llistades en els mateixos.

El darrer capítol es compon de les **traduccions** dels textos necessaris per tal de poder acomplir la normativa vigent en relació a l'obtenció de la Menció Internacional al títol de Doctorat. S'hi exposa doncs les traduccions del resum, les hipòtesis de la investigació i les conclusions a l'anglès.

L'índex de continguts i les relacions de figures i taules es disposen a la part final del document.

3. ESTAT DE L'ART

Abans d'entrar en una revisió exhaustiva de la relació ferrocarril – sistema de ciutats, és convenient centrar l'atenció puntualment en intentar caracteritzar, ni que sigui superficialment, la disciplina des de la que es treballa i des d'on es pretén fer l'aproximació a la temàtica: la **Ordenació Territorial**.

Zoido (1998:4), influït per l'escola francesa (Merlin 1988), la definia com "l'acció i la pràctica de disposar ordenadament, a través de l'espai d'un país i en una visió prospectiva, els homes, les activitats, els equipaments i els mitjans de comunicació que poden utilitzar, prenent en consideració les limitacions naturals, humanes, econòmiques o inclús estratègiques".

Aquesta definició és especialment interessant per al cas que ens ocupa. En primer lloc perquè delimita clarament els elements que requereixen ser considerats des de la disciplina en estudi: població, activitats econòmiques, equipaments i infraestructures. En segon lloc pel fet d'entendre que la seva disposició no pot ser aleatòria o desordenada, sinó que es fruit d'un treball previ de planificació que intenta ser conseqüent amb totes les variables considerades. I que, per aquest mateix motiu, no sempre es pot suposar que les interaccions produïdes entre els seus elements siguin aleatòries o espontànies, sinó que moltes vegades responen a un llarg procés de treball i reflexió urbanística. A part, convé tenir en consideració també totes aquelles limitacions evidents a l'escala del corresponent treball: el medi ambient, la població servida, el sistema econòmic o el poder polític. Totes elles poden haver estat determinants en la presa de decisions prèvia a la construcció de les línies, així com també en garantir-ne el funcionament posterior; via justificació de la rendibilitat estratègica, social o econòmica.

Seguint aquesta categorització, Barba (1998: 170) plantejava una aproximació a l'ordenació del territori des d'una òptica més funcional. Utilitzava el concepte *fer ciutat* assimilant-lo a "una modificació important dels factors ambientals d'un enclavament a través de la construcció d'infraestructures i de la implantació de nous usos en el sòl". Assumia per tant transformacions importants en "el marc físic però també en el marc social que les promou i les rep". Tractaria per tant infraestructures i nous usos del sòl (equipaments i activitats econòmiques) com els elements bàsics sobre els que es pot actuar des de l'òptica de la planificació. Els homes i les seves interrelacions serien, segons la seva visió, els elements adaptables que evolucionarien gradualment dins el nou marc territorial preconcebut.

El vincle entre infraestructures i ciutat, doncs, comença a prendre més força sota aquesta perspectiva a l'hora de categoritzar el territori que els circumscriu. Al cap i a la fi, si considerem els equipaments i les activitats econòmiques de forma local, les infraestructures són l'únic element que garanteix el vincle entre assentaments diferents. I són aquestes connexions intermunicipals les que faciliten les relacions. És a dir, el comerç i els desplaçaments. És doncs de vital importància controlar les infraestructures si es pretén ordenar el territori i els seus elements des d'una òptica supramunicipal i aplicant criteris de racionalitat i bones pràctiques que garanteixin un desenvolupament sostenible.

En els apartats següents, doncs, es realitza una revisió bibliogràfica de la relació entre ferrocarril i sistema de ciutats analitzada des d'una perspectiva històrica.

El primer gran bloc tracta els vincles genèrics de forma qualitativa. Primerament des d'una perspectiva general, englobant la planificació i construcció ferroviària en relació a la ciutat preexistent, la ubicació de les estacions, la resposta morfològica de les ciutats, la conformació de les àrees urbanes i metropolitanes, els principals impactes causats i les intervencions portades a terme per millorar

l'encaix dels traçats antics i per projectar noves línies, principalment d'Alta Velocitat. En aquest últim cas, però, el nivell d'aprofundiment en els casos és menor, doncs no constitueix part essencial de la present tesi. En qualsevol cas, donat que la bibliografia sobre aquest tema està creixent notablement en els últims anys, s'ha considerat oportú incloure'n una breu síntesi.

El segon apartat es planteja a mode de síntesi de tots els anteriors, intentant resumir mitjançant un esquema les principals correlacions entre xarxa ferroviària i sistema de ciutats.

Per últim, el tercer apartat es planteja de forma diferent. Aquí no interessa tant la visió general qualitativa sobre la relació entre variables, sinó els mètodes i instruments disponibles per poder arribar a quantificar correlacions específiques entre ferrocarril i desenvolupament territorial. En aquest sentit, es considera la xarxa ferroviària com un sistema i es detallen els principals indicadors que es poden aplicar, segons la teoria de grafs, per tal d'obtenir noves variables explicatives. Finalment, es planteja una taula de síntesi on s'especifiquen els principals anàlisis portats a terme darrerament arreu del món.

3.1 La complexa relació entre ferrocarril i sistema de ciutats

Partint inicialment des d'una perspectiva general, Capel (2007) va presentar una interessant aproximació a la relació aquí estudiada mitjançant l'article "*Ferrocarril, territorio y ciudades*". L'article constituïa un important avanç en la forma de caracteritzar la xarxa ferroviària i l'activitat urbana que s'havia vist condicionada pel desenvolupament infraestructural. L'enfocament plantejat, en forma d'estat de la qüestió, va oferir una visió de conjunt no disponible fins al moment. A més, va acabar constituint una primera versió de l'obra que acabà publicant l'any 2011: "*Los Ferrocarriles en la Ciudad. Redes técnicas y configuración del espacio urbano*".

El desgranatge de la citada publicació, complementada per la visió d'altres autors nacionals i internacionals, es va desenvolupant en els subapartats següents amb la finalitat d'obtenir aquesta visió general de la temàtica.

3.1.1 L'arribada del ferrocarril sobre territori preexistent

Atenent al caràcter transformador d'una infraestructura de caire territorial com el ferrocarril, primer de tot cal parar atenció a la forma com va ser projectada. La configuració espacial de les línies, l'encaix de la infraestructura en el territori preexistent i la ubicació de les estacions en relació a les ciutats constitueixen aspectes de crucial interès per entendre les lògiques posteriors. A continuació es desenvolupen aquests tres aspectes claus per entendre l'encaix ferroviari en els medis natural i antropitzat.

En quan a la **configuració espacial** de les línies, Capel (2007) argumenta que les primeres línies ferroviàries van ser instaurades per grans grups econòmics en els països industrialitzats, per després estendre's cap als països perifèrics així com a les colònies i territoris dependents.

El principal criteri emprat en aquesta primera etapa era l'obtenció de rèdits econòmics, de forma que es tendia a minimitzar costos en la construcció i connectar únicament els nodes més dinàmics econòmicament. D'aquesta forma es van constituir xarxes relativament mallades a Europa per connectar les localitats preexistents, però arbòries i no connexes en països menys desenvolupats, on es pretenia simplement ampliar l'àrea de mercat dels assentaments estratègics.

Durant els primers anys d'esplendor ferroviària es van intentar desenvolupar criteris matemàtics de disseny de rutes, com els promulgats per Haggett (1976) o Black (1993), intentant vincular el problema de disseny de rutes de transport a la teoria de localització d'assentaments poblacionals i industrials. D'aquesta forma es pretenia afavorir els interessos particulars dels promotors ferroviaris, minimitzant traçats i maximitzant les possibilitats de càrrega de béns i persones.

No obstant, aviat sorgiren els primers conflictes politico-econòmics a l'hora de planificar les noves infraestructures. El poder local i els interessos particulars de les ciutats per estar connectades van condicionar fortament els nous projectes infraestructurals concessionats.

D'aquesta forma, en etapes posteriors i amb una major intervenció dels poders públics es va millorar notablement l'estructura topològica i el grau de connectivitat de les xarxes. Es va facilitar la connexió entre ciutats i àrees productives, però també es van introduir consideracions polítiques i estratègiques en la forma de connectar amb els països veïns.

Aquesta visió és reforçada per Purcar (2007: 335), qui considera que els primers ferrocarrils van estar condicionats per interessos privats, centrats en la maximització dels beneficis; mentre que posteriorment van prioritzar-se els interessos públics, amb una major preocupació pels aspectes estratègics, militars o macroeconòmics.

A nivell espanyol, és sabut que el nivell de desenvolupament de la xarxa va ser més lent que als països veïns. Els primers ferrocarrils s'hi van construir de forma disseminada entorn les ciutats portuàries i les capitals interiors d'igual forma que als territoris subdesenvolupats. En son exemples els ferrocarrils: Habana – Güines (1837), Barcelona – Mataró (1848), Madrid – Aranjuez (1851)², Langreo – Gijón (1852) o València – Xàtiva (1854). A priori, al desenvolupar aquestes primeres línies no hi hauria d'haver hagut més que interessos privats dels concessionaris que pretenien explotar econòmicament el nou mode de transport. No obstant això, si s'analitza les línies Madrid – Aranjuez o la València – Bétera s'hi observen les primeres injerències des de les diferents administracions. D'aquesta forma, es reforçaria la idea que la xarxa ferroviària espanyola ha estat més marcada per interessos polítics que no pas econòmics (Bel 2010).

El projecte de Ferrocarril del Graó de València a Bétera, mostrava una referència explícita a tal efecte (Alcaide 1999): “la nostra elecció de rumb ha tingut en compte: 1r els interessos dels pobles, 2n els interessos del ferrocarril en projecte i 3r la topografia del terreny”. En el cas de la línia Madrid – Aranjuez el cas és encara més significatiu, doncs el promotor privat de la línia era Ministre d'Hisenda del Govern Espanyol i va emprar recursos públics per completar la infraestructura que lligava la capital amb el Palau Reial d'Aranjuez (Bel 2010). Per tant, resulta evident que els interessos polítics podrien haver estat prioritzats per sobre dels interessos de les companyies i, fins i tot, del cost de construcció de les obres.

Una vegada decidida la ruta és moment de plantejar **l'encaix de la infraestructura** en el territori per on transita, especialment en els entorns urbans.

² Aquest ferrocarril, tot i ser interior, constituïa el primer tram d'un corredor de llarg recorregut que pretenia connectar Madrid amb la costa mediterrània via Alacant.

Autors com Purcar (2007), Governa (2007), Herce (2008) o De Block (2011) han posat de manifest la importància de planificar traçats infraestructurals adaptables a la ciutat, doncs és l'única forma d'aconseguir una bona integració futura.

Els criteris de disseny dels ferrocarrils són estrictes i les normatives inflexibles. Per mantenir una velocitat mitjana alta convé projectar tant en planta com en alçat de forma harmònica i relaxada. És a dir, la planta ha de traçar-se principalment amb rectes i corbes de gran radi, mentre que l'alçat ha d'evitar pendents pronunciats³.

Capel (2011) indica també que els obstacles naturals, com rius i muntanyes, van limitar el desenvolupament de la xarxa a nivell territorial a Espanya, doncs encarien notablement el cost de construcció per la necessitat de projectar estructures. El moviment de terres, i el seu cost associat, van ser també un important condicionant a l'hora de determinar la localització de les vies. I finalment, el cost de les expropiacions també va ser cabdal. Tot i que la legislació ferroviària de l'època⁴ concedia tots "els terrenys de domini públic que haguessin d'ocupar el camí i les seves dependències", el procediment per expropiar no deixava de ser lent i complex.

En entorns urbans, per exemple, això va comportar diferents conseqüències que han estat analitzades des d'aproximacions diverses. Per una banda, l'interès dels grups industrials locals els portava a oferir terres a les companyies ferroviàries, al mateix temps que pressionava als poders públics per oferir-los facilitats diverses. Per altra, són abundants les referències que inviten a allunyar el traçat de la trama preexistent per diferents motius. Evitar l'expropiació de terrenys urbans era un factor de pes, però també evitar la demolició d'edificis construïts o disposar de més espai per a desenvolupar l'activitat ferroviària sense interferències.

Cal tenir present que encaixar un traçat recte i semisoterrat pot ser relativament senzill, doncs facilita les alineacions vials i la permeabilitat transversal. Ara bé, els traçats corbs, amb pendent i mal enllaçats geogràficament podien arribar a dificultar enormement el creixement urbà posterior.

A nivell espanyol, a més, cal tenir present que al segle XIX encara es gravava amb aranzels l'entrada de mercaderies a determinades ciutats (González 2002). Per tant, l'accés directe del ferrocarril hagués implicat importants fluctuacions en les arques municipals, cosa que tampoc ajudava a aconseguir una ubicació més central de l'estació. Fins i tot, els poders militars podien arribar a ser un impediment, doncs controlaven la radicació d'activitats en els terrenys annexes a les muralles per evitar conflictes bèl·lics. I, finalment, no es pot oblidar que al cap i a la fi, les companyies explotadores, i els seus inversors, tenien interessos específics que calia preservar.

Atenent a les consideracions anteriors i seguint el raonament de Capel (2011), més enllà del propi traçat, un altre aspecte de vital importància en la futura morfologia urbana va ser la **ubicació de les estacions** en relació a la ciutat preexistent.

³ Una mostra d'aquests paràmetres específics de disseny ferroviari es pot observar en el treball d'Alcaide (1999) sobre la línia València - Bétera, anteriorment citat. Per més informació relativa als paràmetres actuals es suggereix la consulta de López Pita (2006a).

⁴ Ley General de los Ferrocarriles de 3 de junio de 1855.

Domingo Clota (1986), mitjançant un complet anàlisi de la xarxa ferroviària catalana, va categoritzar les diferents posicions que les estacions podien adoptar en relació a la trama urbana, doncs considerava que podien arribar a condicionar les futures pautes de creixement urbà.

La primera casuística correspondria a les ciutats que van projectar estacions relativament a prop de la trama urbana, de forma que han acabat integrades en la mateixa. Dins aquesta categoria diferenciava aquells casos en que existia una única estació de quan n'hi havia més d'una. El primer cas podia ser relativament senzill d'integrar, mentre que el segon tendia a ser més complex. En segona instància, identificava aquelles ciutats que van veure com el ferrocarril era projectat de forma tangencial i a certa distància de la trama preexistent. En aquestes ciutats, el creixement posterior va portar a omplir aquest espai intersticial, arribant a fixar la traça ferroviària com a límit al futur creixement urbà. De fet, constatava casos en que el creixement estava totalment truncat per les vies i d'altres en que s'iniciava el salt cap a l'altre costat. Finalment, identificava un tercer cas en que la infraestructura era projectada de forma allunyada de la ciutat, i que aquesta no havia crescut prou per arribar-hi. En aquest sentit, constatava l'existència de carrers, camins o carreteres que connectaven ciutat i estació, en alguns casos amb activitats radicades i en d'altres sense.

Una estació propera al nucli podia reforçar la centralitat d'aquest, doncs donava accessibilitat directa a les edificacions ubicades a la trama urbana construïda. Una estació allunyada, en canvi, suposava la necessitat de projectar un gran creixement urbà. I el procés d'urbanització i edificació suposava una gran inversió que tendia a desplaçar la centralitat cap als nous sectors. L'estació, doncs, esdevenia un nou pol de centralitat urbana, relegant el paper del nucli antic. Son nombrosos els casos en que es projectaven nous carrers en direcció a l'estació i, fins i tot, es constituïen plans urbans específics al respecte i que van condicionar el creixement urbà posterior durant dècades.

En aquesta línia, és evident que les ciutats petites i mitjanes haurien estat les més influenciades pel ferrocarril, doncs la perdurabilitat infraestructural i la dificultat d'implementar actuacions de millora hauria portat a la creació d'importants friccions espacials. En ciutats grans el problema tendia a ser un altre. En aquests casos la xarxa ferroviària no solia projectar una única línia sinó que n'hi havia varies. I, al ser de companyies diferents, cadascuna tenia la seva estació independent de la resta (Macías 2002). D'aquesta forma, el creixement i la morfologia urbana es van veure afectats de forma molt diferent al cas anterior.

En primer lloc, l'existència de diferents línies i estacions, moltes vegades terminals, multiplicava la dotació infraestructural de les ciutats (Santos 2007). Això podia tenir efectes positius, com l'increment d'accessibilitat cap a diferents latituds o la generació d'activitats econòmiques vinculades a la ruptura de càrrega i la intermodalitat (Cuéllar 2007, Díaz 2011).

Cal tenir present que la construcció d'aquestes estacions suposava grans inversions de capital, cosa que atreia més activitat econòmica. I més gran era la atracció com més monumental era l'estació projectada. Al mateix temps, el procés d'urbanització dels nous eixamples atreia inversions complementàries que ajudaven a la creació de noves centralitats. Però a més, es desenvolupava una indústria auxiliar especialitzada en el transport intermodal. Entorn les terminals de passatgers sorgien serveis de carruatge i òmnibus per garantir l'arribada a destí. I, entorn les terminals de mercaderies, es tendia a crear indústria especialitzada en l'emmagatzematge i distribució a escala urbana, així com mercats on es comerciava amb els productes importats.

Per altra banda, és clar, la falta de connectivitat entre estacions constituïa un evident contratemps pel transport de llarga distància. En primer lloc per la ruptura de càrrega que impedia el transport directe

de mercaderies que no tenien origen ni destí a la ciutat. Però al mateix temps, per la gran quantitat de barreres i condicionants que es posaven al creixement urbà de la localitat en qüestió.

Les autoritats municipals van intentar posar solució al problema incitant a les empreses a unificar estacions i serveis, però no sempre van tenir èxit. Només a finals de segle XIX, al iniciar-se els processos de fusions i adquisicions entre companyies, es van poder unificar vies i traslladar estacions. Aquest procés, que es reprendrà més endavant, no va ser en va, doncs es van aprofitar els desmantellaments per constituïr importants operacions urbanístiques amb la generació de quantiosos beneficis pels promotors i agents immobiliaris relacionats.

A nivell britànic, Haywood (1997, 2005, 2009) va desenvolupar extensament aquest aspecte en diversos treballs. Segons indicava l'autor, fins a la dècada de 1920 existien nombrosos casos en els que es van implementar polítiques específiques de coordinació urbanística entorn les estacions construïdes per millorar l'encaix urbà. Es posava així de manifest que "tot i que els ferrocarrils s'estructuren en corredors, l'accés es dona a través de les estacions". Per tant, un bon disseny ferroviari, una bona elecció de la ubicació de la estació i una correcta política d'integració urbana podien maximitzar l'accessibilitat i la utilitat del ferrocarril. En altres països, com Espanya, aquests criteris no van calar tant en els procediments constructius seguits i els resultats són evidents.

3.1.2 L'adaptació territorial i urbana vers el nou mode de transport

Els processos de planificació i construcció ferroviària, tot i ser importants, no poden ser considerats com els principals condicionants de la relació entre ferrocarril i ciutats. Al cap i a la fi, cal entendre que el ferrocarril va ser projectat sense implementar polítiques de coordinació amb l'urbanisme i la planificació territorial. Ara bé, una vegada construït, també és cert que la infraestructura ha restat pràcticament immutable fins a data d'avui. Per tant, han estat les ciutats les que han crescut demogràfica i espacialment. I en moltes ocasions ho han fet sense adequar-se a les necessitats infraestructurals. En d'altres, evidentment, han sabut aprofitar els beneficis ferroviaris lligats al transport patint uns impactes mínims sobre la ciutat. Seguint aquestes línies argumentals, en els paràgrafs posteriors es desenvolupen aspectes tan diversos com el creixement morfològic de les ciutats, la conformació d'àrees urbanes supramunicipals, els models de planificació urbana centrats en el ferrocarril o la relació entre ferrocarril i altres infraestructures urbanes de vital interès. Per acabar, es desenvolupen alguns casos concrets en que s'explica com determinats territoris i ciutats han evolucionat tenint en compte la infraestructura ferroviària.

Santos (2007: 197) exposa que el **creixement morfològic de les ciutats** decimonòniques a Espanya es va basar en el ferrocarril, els canvis en l'estructura de la propietat, les inversions públiques i la millora de les xarxes tècniques i de serveis. A Europa, en canvi, Mumford (1961) apunta que els factors decisius van ser la mina, la fàbrica i el ferrocarril. S'aprecia així un canvi considerable en la forma de fer ciutat que podria ser decisiu. El fet de no tenir el ferrocarril vinculat al desenvolupament industrial podria haver facilitat l'encaix urbà en les ciutats espanyoles, doncs donava més llibertat als planificadors per proposar els nous creixements.

En aquest sentit, Santos (2007: 222) indica que la majoria d'eixamples de les capitals de província van ser projectats durant el segle XIX, no obstant el ferrocarril ja era considerat com un element de rang nacional, de forma que era prioritari i calia respectar-lo. Això va obligar a adaptar illes urbanes, així com la vialitat d'alguns sectors, per encaixar millor les vies. Son nombrosos els casos en que els

eixamples van ser projectats amb l'estació com a referència principal, i segons la seva disposició es va definir la futura quadrícula de creixement resultant. Vitòria, Girona, Balaguer o Alacant en son exemples clars.



Figura 01: Mapes urbans de Girona i Tarragona on s'aprecia l'eixample urbà projectat en relació a la ciutat històrica i la infraestructura ferroviària. Font: Cartoteca ICC i Jürgens (1992).

A Barcelona, per exemple, quan Cerdà (1867) va projectar l'eixample va fer-ho preveient la possibilitat d'encabir en la vialitat els ferrocarrils junt amb la resta de modes de transport. Però a més, va definir una estructura urbana que encaixava perfectament amb els ferrocarrils preexistents sense deixar espais intersticials que poguessin ser objecte de marginalitat. L'únic problema que va acabar sorgint va ser la barrera que constituïen aquests sobre la trama urbana, cosa que va portar a soterrar-los progressivament (Marzá 2009).



Figura 02: Plano de Barcelona de 1890 on s'hi observa clarament l'encaix entre ferrocarrils i trama urbana construïda. Font: Catoteca ICC

El problema sorgia quan la ciutat no havia estat capaç de planificar el seu creixement. En aquests casos, l'expansió cap al ferrocarril es feia de forma desordenada i sense garantir una correcta accessibilitat. La radicació d'activitats industrials o la posició d'infraestructures ferroviàries complementaries, com cotxeres o tallers, va suposar la creació de zones marginals i de difícil encaix urbà. En qualsevol cas, a partir de la dècada dels '20, amb l'aprovació de l'Estatut Municipal, l'urbanisme espanyol va començar a prendre força, dictant normes d'obligat compliment que calia respectar. No obstant això, les normes dictades tenien utilitat davant la projectació de nous creixements, però van mostrar una inutilitat manifesta per solucionar els problemes de les ciutats preexistents.

Amb els forts creixements poblacionals de finals del segle XIX i principis del XX, les ciutats van deixar de ser vistes com a localitats aïllades, arribant a conformar importants conglomerats urbans. Antrop (2004: 13) considera que els ferrocarrils van ser una de les infraestructures cabdals per difondre la urbanització de la ciutat cap a la perifèria, és a dir per la **conformació d'àrees metropolitanes**.

Herce (2013a: 162) matisa considerablement l'afirmació anterior, doncs indica que la situació no podia ser generalitzable, però sí que intuïa un clar efecte túnel sobre el territori a llarg termini que permetria el creixement urbà polaritzat entorn les estacions ferroviàries perifèriques. Segons l'autor, les elevades tarifes del transport actuarien com a factor limitant durant dècades i únicament les classes més adinerades es podrien permetre tals desplaçaments de forma quotidiana. La principal conseqüència d'aquest fenomen, va ser la proliferació d'urbanitzacions de nova creació entorn les localitats servides amb estacions de ferrocarril. L'accessibilitat conferida pels ferrocarrils i tramvies suburbans les van fer idònies per construir segones residències de les classes més adinerades. Només anys més tard, quan els empresaris industrials van optar per radicar-se a la perifèria, es van consolidar nous barris obrers situats entorn les fàbriques, que optaven per una localització més allunyada i barata. Per tant, es va incrementar el polinuclearisme metropolità de forma anisòtropa discontinua i polaritzada entorn el metro i el ferrocarril. Al mateix temps, es va tendir també a un creixement anisòtrop continu linealment entorn les línies de tramvia elèctriques projectades i les incipients carreteres (Navas 2012).

Tema a part seria que el territori va quedar segregat en sectors de diferent poder adquisitiu, alterant el preu del sol i de l'habitatge de forma considerable. De fet, Herce (2013a) considera la plusvàlua urbanística com un dels grans motors de la urbanització del segle XX, exemplificant-ho en la constitució de centenars de societats d'urbanització destinades a aquest efecte arreu del món. Altres autors també han destacat aquest fenomen, qualificant-lo directament d'especulació urbanística (Cuéllar 2007 i 2009, González-Yanzi 2012). En molts casos, aquestes societats tenien relació directa amb les companyies ferroviàries, o n'eren filials directes.

En qualsevol cas, cert és que la millora en l'accessibilitat va permetre ampliar l'àrea d'influència urbana considerablement. Oyón (2008) indica que, a principis del segle XX a Barcelona, el 80% dels obrers de les grans empreses residien a menys de 2 km del lloc de treball. Al mateix temps, senyala que altres ciutats com Londres admetien distàncies de desplaçament casa-treball de fins a 10 km. Aquesta diferència s'explicaria per la carestia del transport lligada a la localització industrial. A nivell europeu, Antrop (2000: 259) considera una extensió en les relacions quotidianes des dels 5 fins als 50 km a Europa, cosa que reforçaria encara més la idea de l'endarreriment espanyol en matèria territorial.

Per tant, les ciutats més dinàmiques econòmicament i amb costos de transport més barats, per intervencionisme públic o per un sistema de lliure competència entre modes, podien permetre's una major expansió metropolitana. Però en qualsevol cas, la comparativa amb els modes de transport anteriors segueix sent molt desigual, sobretot en termes de temps de transport i de capacitat de càrrega, cosa que permet justificar la correlació entre ferrocarril i extensió urbana.

Atenent al paper transformador del ferrocarril a l'entorn periurbà, diversos urbanistes van desenvolupar **models de planificació urbanística** utòpics per tal d'intentar racionalitzar i homogeneïtzar el creixement urbà de les localitats.

Arturo Soria, amb la *ciutat lineal* (De Terán 1964, Brandis 1981, Sambricio 1982), proposava un model urbanístic basat en un únic carrer de 500 metres d'amplada i de longitud indeterminada des de Cadis fins a Sant Petersburg (o Pequín, depenent de la font). En el carrer central hi projectava ferrocarrils y tramvies per al desplaçament dels residents, però també tots els serveis urbanístics necessaris com aigua, gas i electricitat. Al mateix temps, concebia cada certa distància, i de forma repetitiva, edificis municipals per a la neteja, sanitat, seguretat, etc. D'aquesta forma s'aconseguia ruralitzar la ciutat i reduir d'aquesta manera la insalubritat dels centres urbans històrics.

Ebenezer Howard, amb la *garden city* (Lucey 1973), va plantejar un sistema de ciutats satèl·lit amb forts vincles amb la natura i el medi ambient. En aquest cas, es tractava de ciutats radioconcèntriques de fins a 30.000 habitants, interconnectades entre elles i amb la ciutat central mitjançant ferrocarril. En el centre de cada satèl·lit s'hi concentraven tots els serveis urbans necessaris així com la indústria i el comerç. I, de forma concèntrica, s'anava disposant de sectors circulars amb diferents tipologies d'ús i intercalant sempre abundants zones verdes. En aquest cas, es partia d'un model de propietat pública o comunitària del sòl, de forma que havien de ser els propis habitants qui s'havien de fer càrrec del manteniment urbà.

Santos (2007) afegeix als models anteriors altres propostes menys conegudes però igualment interessants. Charles M. Robinson va proposar l'any 1902 una ciutat estructurada entorn l'estació ferroviària anomenada *model city*. Proposava la creació d'un passeig que connectés l'estació al centre urbà, entorn el qual es disposaven els edificis administratius. De forma concèntrica s'anaven disposant edificacions ordenades segons usos, garantint sempre una bona accessibilitat. Seguint aquesta mateixa màxima, l'autor proposava dos vials diagonals que sortien de la plaça central i que anaven a creuar les vies a diferent nivell, facilitant així l'accessibilitat dels terrenys situats a l'altre costat de les vies.

Anys més tard, altres urbanistes com Le Corbusier (*Plan Voisin*), Hénard (*Villes de l'avenir*), Garnier (*Cité industrielle*), Wright (*Broadacre city*) o Hilberseimer (*Metropolisarchitecture*) van plantejar també models de ciutat on el ferrocarril va tenir un paper important. En aquests casos, però, el tractament que se li donava estava molt més especialitzat. Moltes vegades, fins i tot, circulava soterrat per tal d'evitar les seves inferències i impactes sobre la trama urbana i les relacions socials que en ella es produeixen.

Tot i els esforços dels planificadors, finalment el territori no va internalitzar massa bé les seves recomanacions, sent escassa la materialització que van acabar tenint. De fet, el supòsit de projectar la ciutat ex-novo i sense atendre a les preexistències del territori va resultar cabdal per al fracàs dels plans proposats.

On aquesta forma de procedir sí va tenir més èxit va ser en les **ciutats de nova creació** del continent nord-americà (Reps 1965, Evenden 2006, Heath 2011, Herce 2013a), sud-americà (Barclay 1917, Tarragó 1981, Duarte 2006, Ferrari 2011, Herce 2013a) o d'altres regions asiàtiques (Kosambi 1986 i 1988, Kerr 2001 i 2011, Black 2004) i africanes (Taaffe 1973, Debie 2010, Jedwab 2011, Navarro 2012, Bourbonniere 2013, Castillo 2015). En aquests casos, la influència del ferrocarril sobre l'urbanisme va ser molt major, doncs constituïa el centre neuràlgic sobre el que s'estructurava la ciutat.

Nombrosos son els exemples que mostren la colonització interior portada a terme mitjançant línies de ferrocarril de penetració territorial des dels ports. I entorn de les estacions d'aquestes línies es constituïen pobles i ciutats ex-novo que eren poblats amb l'arribada de nous colons.

En aquests casos, la planificació urbanística va ser sempre molt bàsica, creant simples quadrícules alineades segons la infraestructura ferroviària, i situant l'estació com a node de màxima centralitat urbana. De fet, la plaça major i els edificis administratius es projectaven de forma colindant a la mateixa, d'igual forma que les oficines de telègrafs i els principals comerços. La propietat dels terrenys tendia a ser de l'empresa ferroviària, que els havia obtingut de l'Estat per l'interès general que suscitava la construcció de la línia. Per tant, van especialitzar-se en oferir serveis de parcel·lació i venda de terrenys, a mode d'agència immobiliària, incrementant quantiosament els seus comptes de resultats. En aquest cas, però, sí que es pot afirmar que el ferrocarril i la corresponent empresa explotadora van ser factors fonamentals per explicar el naixement i el posterior creixement de les localitats afectades.

També es cert que en molts casos es va partir de supòsits similars però afegint un factor extra: l'existència d'una companyia interessada en la constitució d'un assentament entorn el ferrocarril. Aprofitant les simbiosis es creaven *company towns*, o ciutats especialitzades en una activitat econòmica en concret, i moltes vegades de propietat exclusiva de l'empresa explotadora. D'aquesta forma, era l'empresa qui oferia habitatge i serveis als seus treballadors. La majoria de casos documentats tracten entorn assentaments industrials, miners o agrícoles. A mode d'exemple es podria citar les *ciudades del cobre* xilenes (Garcés 2003) o els *campamentos petroleros* argentins (Ciselli 2006; Àlvarez 2008).

Tema a part, ha estat el tractament de les estacions ferroviàries en relació al sistema comercial previ. En concret, les relacions entre **ferrocarril i port** (Gómez Ordóñez 2000, Delgado 2009 i 2010) o **ferrocarril i vies navegables** (Schmal 2003, Klemann 2013) han estat llargament estudiades.

Per al primer cas, en termes generals, es pot diferenciar clarament entre dos tipologies de relació. Per una banda, aquells casos en que existia una ciutat portuària amb gran potencial d'expansió. En aquests casos, el ferrocarril va servir per estendre l'àrea d'influència del port terra endins. És a dir, per incrementar la cobertura portuària dels assentaments interiors que es trobaven en l'òrbita del nou mode de transport terrestre. Ara bé, també es podia donar la situació inversa: ciutats interiors amb gran potencial que aconseguien connectar amb una ciutat portuària i situar-la sota la seva òrbita comercial.

Des d'un punt de vista infraestructural, la relació es va basar gairebé sempre en la proximitat espacial. Les estacions ferroviàries es situaven sempre en terrenys propers al port. D'aquesta forma la intermodalitat estava garantida, i s'incrementava així les possibilitats de negoci amb el comerç i el transport de mercaderies. No obstant això, en molts casos es van construir infraestructures complementàries per facilitar el transbordament. Nombrosos són els exemples de vies tramviàries per poder realitzar el trajecte intermedi sense crear un efecte barrera tan marcat. I en els casos en que

aquesta infraestructura no era possible s'optava directament per suplir-ho amb carruatges. En tots els casos, però, el benefici per la ciutat era similar. La necessitat de ruptura de càrrega generava també una indústria complementària del transport en forma de modes complementaris, magatzems d'aplec o mercats.

En el cas de les vies navegables la situació va ser similar, tot i que a menor escala. Tant els canals com els rius esdevenien un mode de transport en competència al ferrocarril però que, al cap i a la fi, estaven limitats al mateix àmbit territorial. França, Bèlgica, els Països Baixos o Anglaterra disposaven d'extenses xarxes de vies navegables que garantien el transport interior abans de l'arribada del ferrocarril. En qualsevol cas, és cert que aquestes xarxes no aportaven la possibilitat de realitzar viatges intercontinentals com els ports nàutics.

En la mateixa línia s'ha tractat també la relació entre **ferrocarril i indústria, mineria o agricultura**. No es pot oblidar que el ferrocarril, com a mode de transport, feia negoci a partir del transport de matèries primes o de productes elaborats entre mercats allunyats geogràficament. És aquest, per tant, un dels aspectes més interessants a considerar a l'intentar entendre la contribució del ferrocarril a la configuració urbana i territorial.

Partint des d'una perspectiva macro i baixant gradualment l'escala d'enfocament, s'ha de tenir present que les primeres línies ferroviàries van fer de la indústria el seu principal objectiu. La majoria de línies van ser construïdes per intentar captar el transport de mercaderies en els corredors amb alta demanda. Tant podia ser per motius industrials, agrícoles o miners (Pascual 1985, Turnock 2001). I de fet, en etapes posteriors, mentre la xarxa ferroviària d'ample convencional era clarament influenciada per la política, es seguien construint ferrocarrils secundaris de via estreta per donar servei a aquest tipus d'explotacions.

D'altra banda, no es pot oblidar tampoc la forta activitat industrial necessària per mantenir els ferrocarrils en funcionament. Entorn determinades estacions els ferrocarrils habilitaven infraestructures auxiliars de grans dimensions, com tallers o cotxeres. En aquests casos, la necessitat de mà d'obra era tal que s'havien arribat a crear barris o petits assentaments especialitzats en aquest ofici. Cuéllar (2005) identifica el fenomen a Espanya amb els anomenats *poblados ferroviarios*, mentre que Ciselli (2006) ho detecta a l'Argentina.

Però, a més a més, es van donar també altres casos d'interacció: la inducció de noves activitats econòmiques vinculades al nou mitjà de transport. Certes empreses van aprofitar les economies d'escala generades per la proximitat a les vies de ferrocarril per sol·licitar permís a les companyies ferroviàries per instal·lar-se en els terrenys contigus i crear nous assentaments productius. El cas de Raïmat, on es va constituir un poble destinat a la producció vitivinícola, n'és un clar exemple (Martí-Henneberg 2000b).

Com a contrapartida, convé citar que la radicació industrial entorn els ferrocarrils no va ser sempre profitosa. De fet, la combinació entre ferrocarril i indústria requeria de grans quantitats d'espai urbà perdut en esplanades de vies, magatzems, cotxeres i tallers que representaven importants sutures en les localitats. Al mateix temps, els entorns d'aquests emplaçaments tendien a concentrar les residències dels treballadors de les fàbriques, que moltes vegades estaven associades a urbanitzacions informals o marginals, i de baixa renda.

Els diferents conceptes exposats en els paràgrafs anteriors poden ser entesos de forma més clara si atenem a exemples concrets, o **casos particulars**, que permetin entendre les lògiques específiques de determinats territoris.

Com bé s'indica en l'apartat anterior, el paper del ferrocarril en la conformació de les àrees urbanes va ser cabdal a l'hora de definir-ne l'estructura urbana que les caracteritzava, fins i tot, a dia d'avui. En aquesta línia, són abundants les publicacions monogràfiques que recullen experiències de diferents ciutats, però també es disposa d'articles i publicacions especialitzades en diferents mitjans.

Roth (2003a) va dirigir una de les compilacions més ambicioses sobre el tema. El llibre *The city and the railway in Europe* ha constituït un veritable referent en quan a l'encaix territorial del ferrocarril en diferents països i regions com Alemanya, Països Baixos, Itàlia, Transilvània, Sibèria, Portugal o Llevant. Alhora, analitzava també la influència que aquest ha exercit sobre la morfologia de grans ciutats europees com París, Praga, Londres, Dublín, Helsinki o Weimar.

En la mateixa línia, Cayón (2002) va editar *Ferrocarril y ciudad. Una perspectiva internacional* com a compendi de les ponències presentades al II Congrés d'Història Ferroviària⁵. El treball, de caire molt similar a l'anterior, permetia també una lectura a doble escala de la mateixa problemàtica. A nivell regional s'analitza casos com el de la regió de Los Angeles; mentre que a nivell urbà es plantejava els casos de Buenos Aires, Bombay-Lahore, París, Milà-Florència-Roma, Lisboa, Madrid, Barcelona, Bilbao i Sevilla.

L'anteriorment citat Santos (2007), va desenvolupar també un estudi sobre una quarantena de ciutats mitjanes espanyoles. En aquest cas, però, no es plantejava com a estudis de cas independents sinó que s'aprofitava l'anàlisi per articular un discurs de conjunt sobre la interacció entre urbanisme i ferrocarril a Espanya.

3.1.3 Exemplificació dels conceptes per a una millor comprensió: casos particulars

Si es pretén establir una primera comparació a nivell regional, primer de tot és desitjable entendre les característiques prèvies del territori a analitzar. Lògicament, a principis del segle XIX, les diferències entre els països de l'Europa central i l'Europa perifèrica eren grans. I més grans eren encara vers països d'altres continents. A Nord-Amèrica, s'estava teixint un fort sistema econòmic a la costa est, però la oest restava pràcticament deshabitada. A Sud-Amèrica s'havia aconseguit poblar les regions litorals, però la penetració territorial cap a l'interior era complicada. Un cas semblant es donava a Austràlia, amb un poblament incipient al litoral sud-est, però amb grans regions deshabitades a l'interior. Per no parlar dels territoris africans i asiàtics, fortament devastats degut a les polítiques imperialistes i colonialistes.

A Europa, per exemple, la política ferroviària es va desenvolupar de forma molt desigual entre països. Gran Bretanya i els països centre-europeus van ser pioners a l'hora d'implantar el ferrocarril als seus territoris. En contrast, els països perifèrics com Irlanda, Portugal, Espanya, Itàlia, els balcànics, els bàltics o els escandinaus avançaven a un ritme molt diferent. El grau d'industrialització prèvia, la disponibilitat de capitals, l'estabilitat fronterera o la orografia podrien ser-ne factors explicatius. No obstant, sembla que cada cas hauria de ser considerat de forma diferent a la resta.

⁵ II Congreso de Historia Ferroviaria. Fundación de Ferrocarriles Españoles: Aranjuez, 2001.

En aquest sentit, Bel (2010) considera que una de les variables amb més transcendència van ser les decisions polítiques. Analitzant diferents països europeus arriba a la conclusió que a Gran Bretanya va ser la iniciativa privada qui va liderar la inversió en ferrocarrils, assumint l'estat un paper regulador però sempre secundari. A Bèlgica la situació va ser la inversa. Inicialment va ser l'Estat qui va liderar la construcció dels primers ferrocarrils. Posteriorment va deixar pas a l'empresa privada durant la dècada de 1850, recuperant deu anys després la iniciativa. A Alemanya inicialment l'Estat va plantejar una xarxa amb forma radial entorn la capital, Berlin, però finalment es va optar per deixar la iniciativa als interessos del sector privat. A França la situació era parcialment diferent, doncs l'Estat va decidir les línies a construir i va deixar que fos el sector privat qui les desenvolupés, via concessions. A Itàlia, davant la inoperància de l'Estat, va ser el sector privat qui va prendre la iniciativa construint línies al nord del país. No va ser fins a finals de segle XIX en que l'Estat va començar a invertir per reequilibrar el territori. I finalment, a Espanya, la iniciativa privada va intentar desenvolupar les primeres línies però ràpidament l'Estat va començar a oferir subvencions, ajudes i garanties als promotors que accedien a les seves recomanacions a l'hora de planificar.

Amb les dades ferroviàries disponibles per al present treball, però, no es pot discernir entre diferències en el procés de conformació de la xarxa. Per tant, cal posar més l'accent en la morfologia de la xarxa resultant i les conseqüències que aquesta hauria pogut causar sobre el seu àmbit d'influència. En aquest sentit, Martí-Henneberg (2013) mostra una interessant comparativa entre països en termes de longitud, densitat i dotació de xarxa. Els països més grans, com Alemanya o França mostraven les majors longituds de xarxa. No obstant, eren països més petits com Bèlgica o Anglaterra els que mostraven densitats superiors. En termes de dotació poblacional, Dinamarca, Alemanya, Suïssa o els països nòrdics mostraven taxes molt elevades. Tot i que les dinàmiques tornaven a canviar en termes de PIB. En aquest cas eren Dinamarca o Hongria els qui lideraven el rànquing durant les primeres dècades de segle XX.

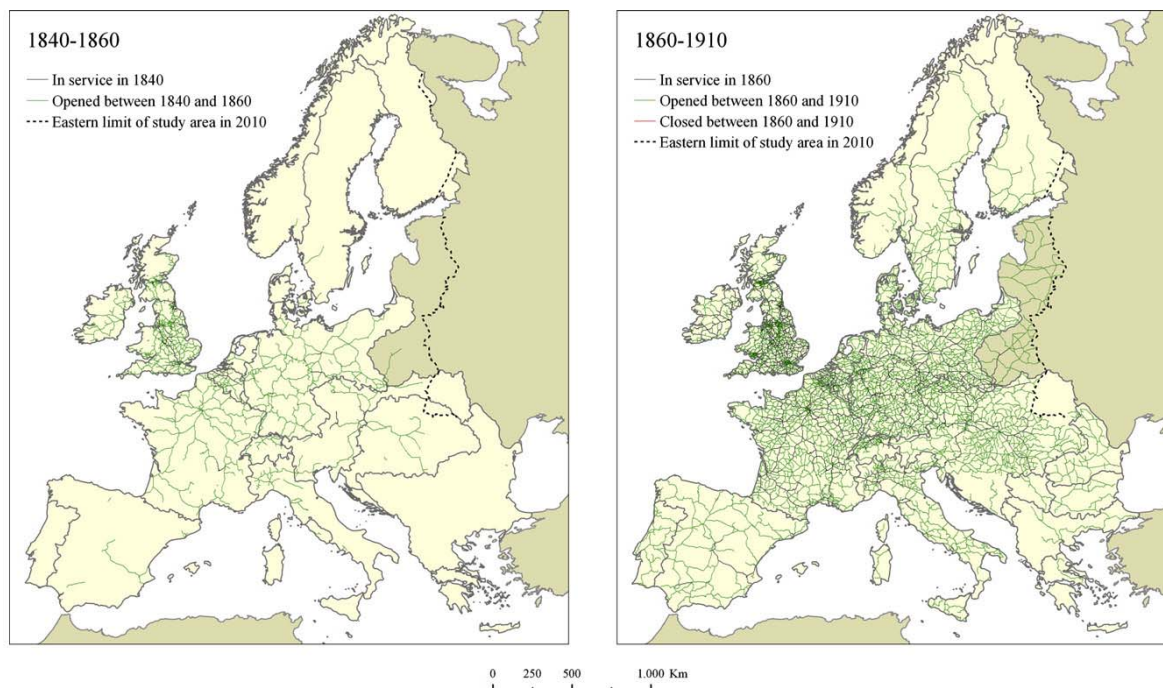


Figura 03. Xarxa ferroviària europea al 1860 i 1910. Font original: Martí-Henneberg (2013: 129).

Roth (2003b) tracta aquesta interacció regional entre ferrocarril i ciutats al segle XIX a **Alemanya**. La xarxa alemanya va ser plantejada segons els interessos econòmics específics de cada territori. Això va contribuir a que el grau d'influència del ferrocarril sobre cada ciutat fos diferent. Amb tot, l'autor posa de manifest la importància del mode de transport pel comerç, la localització industrial i pel desenvolupament de les ciutats, tant en termes d'urbanització com de mobilitat o turisme. Per contra, no oblidem les fortes problemàtiques sorgides com podia ser el creixement desorbitat de les ciutats industrials, com Oberhausen, o les turístiques, com Offenbach. Altres fenòmens com l'efecte barrera, les males condicions de vida i higiene entorn les estacions o la suburbialització són també detectats com a fortes externalitats.

El cas dels **Països Baixos** es tracta per Schmal (2003). L'autor posa de manifest que el país ja disposava d'una bona estructura de transports prèvia al ferrocarril, mitjançant canals i carreteres. De fet, fins i tot afirma que algunes localitats no volien el ferrocarril perquè estaven convençudes que el sistema anterior era suficient. Així, el ferrocarril va servir per reforçar una estructura preexistent més que per induir desenvolupament en si mateix. El traçat urbà, i les estacions en concret, van plantejar-se principalment fora de les ciutats, de forma que es van haver d'urbanitzar els accessos. Entorn aquests, es van constituir nous suburbis, però no es va interferir massa en la morfologia urbana preexistent. Amb el temps, es va facilitar la radicació de les classes socials altes en les localitats perifèriques de les grans ciutats, sempre i quan estiguessin ben connectades. I no va ser fins a diverses dècades després en que els efectes del ferrocarril van arribar a ser determinants.

Giuntini (2002 i 2003) tracta el cas d'**Itàlia**, i en concret de les ciutats de Milà, Florència i Roma. L'autor indica que la xarxa ferroviària va plantejar importants conflictes en el desenvolupament urbà i territorial. Les infraestructures van exercir d'obstacle al creixement, cosa que va portar a desenvolupaments urbans heterogenis i discontinus. A part, no es va emprar els instruments de planificació urbana i territorial de forma prèvia al ferrocarril per garantir un bon encaix, sinó que van haver de plantejar-se com a resposta als problemes causats. En aquest context, s'han succeït actuacions diverses de millora infraestructural i d'encaix urbà, situació que ha perdurat fins a l'actualitat amb l'arribada de l'Alta Velocitat.

Per tant, sembla evident que, des d'una perspectiva europea occidental, el ferrocarril va catalitzar un procés de desenvolupament econòmic de colossals magnituds. Va incentivar l'urbanització de nous sectors urbans, va atraure inversions en indústria i comerç, va interconnectar els mercats nacionals de productes, van conferir millors nivells d'accessibilitat regional, etc. Ara bé, les conseqüències de la seva implantació van tenir també una forta contrapartida urbana. Contaminació per combustió de carbó, efecte barrera en els desplaçaments locals, segregació social per classes o les grans expropiacions que es van portar a terme són només alguns exemples. Sembla doncs que les polítiques públiques implementades per donar suport al ferrocarril podrien haver estat massa benivolents, menystenint certes necessitats de les ciutats en general o dels seus habitants en particular.

Un altre cas europeu però abordat des d'una perspectiva diferent és el de **Transilvània**. Purcar (2009) narra el cas de les localitats servides entorn el corredor Simeria-Petrosani, una de les primeres línies de la regió. En aquest cas, sembla que la construcció d'un ferrocarril, eminentment destinat a la mineria, va permetre que una societat agrícola s'iniciés en el període de la industrialització. El cas de Petrosani en seria un clar exemple, doncs va constituir-se com a campament miner. De l'anàlisi plantejat per al corredor se'n desprenen també algunes transformacions territorials: La població ubicada a les muntanyes van baixar a la vall per habitar al costat del ferrocarril. El paisatge, lògicament, va patir un canvi important, però la proximitat a la natura permetia limitar les externalitats fruit de la contaminació ambiental. I, finalment, es va produir un fort procés d'urbanització entorn les estacions habilitades. Per contra, és cert que es va iniciar un procés irreversible d'urbanització, i posterior

globalització, que va deixar endarrere els costums, les tradicions i, en part, el paisatge natural. A més, en treballs posteriors, la mateixa autora identificava la infraestructura ferroviària com a barrera al creixement urbà de diverses localitats servides pels ferrocarrils de la mateixa regió (Purcar 2010). Aquesta visió estaria recolzada també per altres autors com Tanase (2003).

Hastaoglou-Martindis (2003) tracta el cas dels països del **Llevant** -Grècia, Turquia, Líbia, Israel i Egipte.- A la dècada de 1850 no s'hi havia construït encara cap ferrocarril. Durant dècades, aquests països van concentrar la seva activitat, eminentment agrícola, entorn els ports i les carreteres. Sembla però, que les grans inversions europees destinades a la regió: el canal de Suez i la línia ferroviària Alexandria – Bagdad, haurien fet créixer les expectatives de progrés. D'aquesta forma, els territoris servits pels ferrocarrils, tot i ser escassos, veien arribar inversions complementàries en carreteres, ponts, ports, plans d'irrigació, etc. Aquest fet va redefinir les dinàmiques territorials, concentrant població entorn ports i ciutats ferroviàries. Lògicament, l'arribada del ferrocarril va tenir conseqüències urbanes com l'enderrocament de muralles, la divisió urbana de barris, o el replantejament de les dinàmiques locals. No obstant, l'autor no planteja cap mena d'externalitat en el seu anàlisi. L'arribada del tramvia a les ciutats hauria magnificat més encara aquest efecte renovador. D'aquesta forma es van accelerar inversions en pavimentació de carrers, enllumenat o sistemes d'abastament d'aigua.

A **nivell urbà** els estudis de cas han estat una constant en la bibliografia ferroviària. A tal efecte, es desenvolupen a continuació alguns exemples per tal de mostrar una síntesi dels principals resultats exposats en la literatura temàtica. La finalitat és doncs, més que mostrar un recopilatori exhaustiu, intentar demostrar el contrast entre ciutats i els seus territoris d'influència. En aquest sentit, cal advertir que cada gran ciutat representa un cas únic i independent de la resta, doncs les infraestructures ferroviàries van haver d'adaptar-se a les ciutats i territoris preexistents. Les particularitats de cada cas, doncs, van ser fonamentals. Be sigui per la posició geogràfica de l'enclavament, la topografia de l'entorn, la població prèvia a l'arribada del ferrocarril, la morfologia urbana, l'activitat econòmica predominant o la disponibilitat de capital local per invertir; sigui pel motiu que sigui, cada cas és diferent.

La primera ciutat analitzada és **Barcelona**. Segons Salas (2002) el ferrocarril va catalitzar el canvi d'una societat artesana cap a una industrial, doncs garantia el transport de la matèria prima i els productes elaborats. Això va induir un fort creixement poblacional als pobles del pla barcelonès, així com a les ciutats de la primera corona metropolitana.

El traçat ferroviari regional pretenia connectar els principals nuclis pel traçat de menor cost, de forma que es va constituir una xarxa radial entorn la ciutat comtal, i aprofitant els corredors naturals del Besòs, Llobregat i Litoral. Es va reforçar doncs l'estructura de la xarxa de transport preexistent i només es va donar protagonisme a l'entorn de les noves estacions.

A nivell urbà, Alcaide (2005) indica que degut a les restriccions militars i a la gran densitat poblacional ubicada al recinte emmurallat, es va optar per ubicar les estacions majoritàriament fora del recinte, disposant així de més espai i menys condicionants. La línia de Mataró, per exemple, va ubicar l'estació entre la Barceloneta i la Ciutadella. La línia de Martorell a Rambla Catalunya amb Ronda Universitat. I la de Lleida – Saragossa per Manresa a Sant Andreu Comtal. Per últim, la línia de Granollers va fer-ho a l'actual Estació de França, constituint l'únic exemple d'estació dintre la muralla.

Al 1860 ja estaven construïdes les quatre grans línies que constitueixen l'estructura bàsica de la xarxa ferroviària barcelonesa, així com les seves estacions terminals. En aquest sentit, Cerdà ja plantejava (i així es recollí en el Projecte d'Eixample) una reestructuració de les línies per aconseguir la

racionalització dels tràfics i la infraestructura. L'Avantprojecte de Docks de 1863 podria ser la concreció de la proposta ferroviària ideada per Cerdà (Magrinyà 1994), però no va ser fins a finals de segle en que la reestructuració per fusió entre companyies va portar a la construcció dels primers enllaços per unificar estacions.

El pas d'aquests ferrocarrils per la trama urbana, tot i adaptar-se majoritàriament a la proposta d'eixample de Cerdà, va provocar talls en la trama urbana i la separació d'usos urbans amb la creació d'espais marginals. El ferrocarril de Barcelona a Sarrià, per exemple, tallava l'eixample pel carrer Balmes, separant la classe burgesa, a la dreta, de les activitats industrials i residuals, a l'esquerra. Però aquesta situació es repetia al carrer Aragó, a l'Av. Meridiana, etc.

A la dècada de 1870, el tramvia prengué especial rellevància a l'establir connexions entre els pobles del pla, que acabarien integrats en la trama urbana, convertint-se en el mode urbà predominant (Salas 2001). Després de diversos intents previs, va ser l'any 1897 en que, per Reial Decret, es van annexonar els actuals barris de Sants, Gràcia, Sant Gervasi, les Corts, Sant Martí i Sant Andreu. Posteriorment, s'annexarien també Horta i Sarrià.

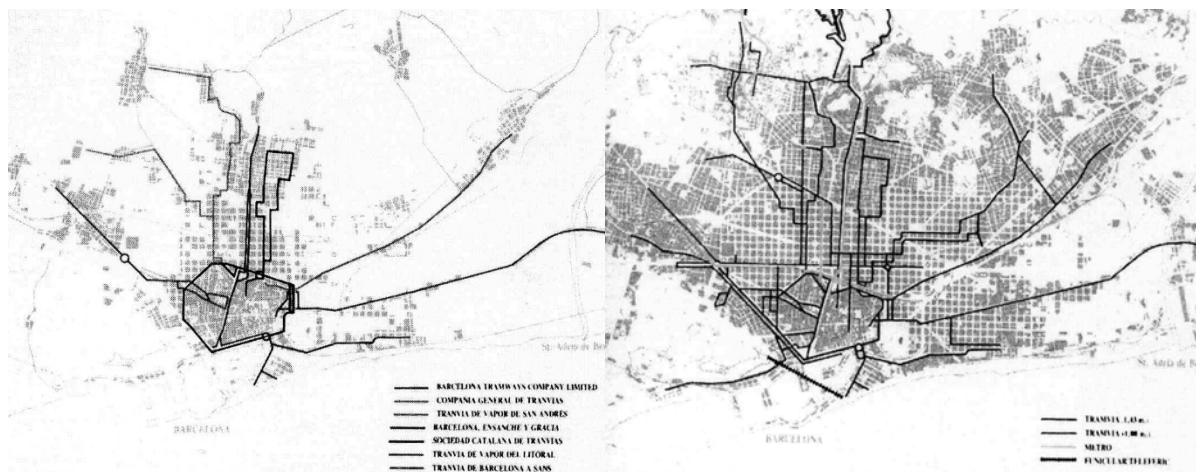


Figura 04. Esquema de la xarxa de tramvies de Barcelona l'any 1888 i 1936, que permete apreciar l'articulació de la ciutat central amb els pobles del pla. Font: Alemany (1986).

Durant les dues primeres dècades del segle XX, l'aposta ferroviària es va centrar en els ferrocarrils secundaris, o de via estreta. I, concretament en les línies Barcelona – Martorell i Barcelona – Sant Cugat – Sabadell. Aquests, tenien un ample de via més estret, assolien velocitats inferiors i, normalment, estaven electrificats⁶ (Morillas 2014a). A part, es va iniciar també el procés d'electrificació dels tramvies. D'aquesta manera, es va consolidar una xarxa radio-concèntrica amb dos circuits de circumval·lació i varis eixos radials que connectaven el centre urbà amb els barris perifèrics.

Entorn aquestes línies es van constituir algunes urbanitzacions a mode de ciutats jardí, però també es va facilitar la radicació industrial. Aquest fenomen va ser remarcat per Prat (1994), qui considera que el ferrocarril va ser clau per poder vertebrar el territori metropolità. A mode d'exemple, cita la

⁶ L'arribada d'electricitat des del Pirineu lleidatà, de la mà de la CGE i la RFE (Capel 2012, Gangolells 2008), també va facilitar un canvi substancial en les possibilitats del transport urbà.

proliferació d'eixamples i nous barris al voltant de les estacions, arribant a constituir nous nuclis de població com Les Planes, La Floresta, Valldoreix o Mirasol a Sant Cugat del Vallès.

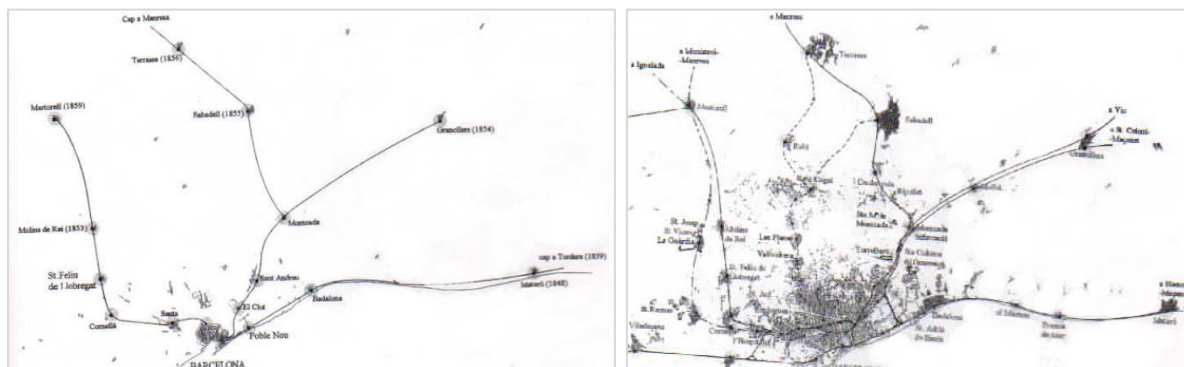


Figura 05. Evolució de la Regió Metropolitana de Barcelona entorn la xarxa ferroviària entre 1860 i 1957. Font: Salas (2002) en base a Clota (1986).

A nivell regional, s'acaba constituint una xarxa metropolitana adaptada a l'entorn barcelonès formada per dues línies entre Sant Vicenç de Calders i Maçanet de la Selva articulades a Barcelona i formant el conegut *vuit català*. Aquesta estructura trenca la centralitat de Plaça Catalunya donant major pes a les estacions de Sants i la Sagrera. Al mateix temps, facilita també la connexió de les línies radials que emanen de la ciutat en direcció a diferents punts del territori català (Julià 1994).

A partir dels 1920, el tramvia va començar a perdre importància en detriment del metro, amb més capacitat de transport, i l'autobús, molt més dinàmic i adaptable. Aquesta situació es va perllongar gradualment fins que, amb la municipalització dels transports urbans dels anys 1970, es va acabar suprimint el sistema. Tot i que el sistema de metros i autobusos no havia parat de créixer, cert és que el vehicle privat motoritzat entrava amb molta força al sector del transport urbà, preveient-se una remodelació important a curt termini.

Dos fets complementaris a tenir en consideració, van ser la creació de RENFE l'any 1941 i de TMB l'any 1979. La primera va suposar la renovació d'una xarxa fortament malmesa per la guerra civil, incorporant innovacions tècniques com la electrificació i la supressió de passos a nivell. TMB, en canvi, va centrar-se en la definició d'una xarxa complementaria urbana entre autobusos i metro a la ciutat.

No obstant, la inversió ferroviària que va canviar totalment la morfologia urbana de la ciutat va venir de la mà dels Jocs Olímpics de 1992 (Herce 2010). La renovació del front marítim amb la unificació i supressió de vies i ramals a nivell va suposar l'obertura de la ciutat al mar, així com la creació del Port Olímpic, la Mar Bella i el barri de la Vila Olímpica (Magrinyà 2014).

Actuacions posteriors sobre la xarxa com l'habilitació de noves línies de metro, o fins i tot, l'arribada de l'Alta Velocitat a la ciutat han estat fonamentals per reestructurar el sistema de relacions internes i de Barcelona amb les localitats de l'àrea d'influència. En aquest aspecte, s'estan portant a terme diferents estudis per tal de contrastar els canvis i les transformacions que es poden arribar a produir a la ciutat amb les actuacions previstes (Viana 2014).

En el cas de **Madrid**, González Yanci (2002) posava de manifest la importància de la xarxa ferroviària en una ciutat cèntrica i allunyada de les vies naturals de transports.

A mitjans de segle XIX, s'hi construeix el primer ferrocarril, línia Madrid-Aranjuez, ubicant l'estació fora dels límits urbans i prop de la Porta d'Atocha. El segon ferrocarril, línia del Nord, va situar l'estació Príncipe del Río també fora muralles i prop de la Porta de San Vicente.

D'igual forma que a Barcelona, l'any 1857, es va optar per la realització d'un projecte d'eixample urbà, aprovant-se el *Plan Castro*. En aquest, el ferrocarril ja va exercir un paper important, doncs va servir per configurar la zona sud de l'Eixample com a zona industrial i d'habitatge obrer (Vicente 2009). Aquesta zona es separava de l'est per l'estació d'Atocha, que actuava com a frontissa albergant magatzems, paradors, fondes o, fins i tot, una duana. A l'est es va projectar un creixement principalment residencial. I, al nord, es va optar per un extens barri fabril i industrial entorn l'estació de Príncipe Pio.

Tot i la planificació feta, els promotors de la infraestructura ferroviària van optar per continuar amb els seus plans previs en matèria infraestructural, de forma que el creixement urbà va veure's condicionat per aquest. De fet, el propi *Plan Castro* va haver d'adaptar-se als canvis esdevinguts en diverses ocasions. Fins a finals de segle XIX, eren continues les intervencions en matèria ferroviària com la construcció de la via d'enllaç entre estacions, així com de noves estacions i ramals. Amb tot, es potenciava la radicació de múltiples empreses industrials a la perifèria urbana, sobretot al sud.

Paral·lelament, van proliferar també un seguit de línies de via estreta amb un caràcter més local. El ferrocarril d'Arganda, el de Villa del Prado y Almorox, o el ja citat ferrocarril projectat per A. Soria de la *Ciudad Lineal* en son clars exemples.

A principis de segle XX es van produir fortes inversions a la xarxa ferroviària general, amb múltiples millores com duplicació de vies, noves estacions o edificis per optimitzar la explotació infraestructural. Això va portar a la redacció de diferents plans de millora, com el *Estatuto Ferroviario* o el *Plan Urgente de Construcción*. No obstant, els grans canvis polítics i la forta competència de la carretera van reduir considerablement les expectatives d'inversió.

No va ser fins a la dècada de 1960 en que es va reemprendre el *Plan de Enlaces*, creant noves estacions, impulsant les rodalies, iniciant l'Alta Velocitat i, sobretot, contribuint significativament a la consolidació de nou teixit urbà. D'aqueix període la unió de la línia de Barcelona amb la del Nord, la inauguració de l'estació de Chamartín i el túnel que la enllaçava amb Atocha, la línia directa cap a Burgos o l'estació de classificació de Vicálvaro.

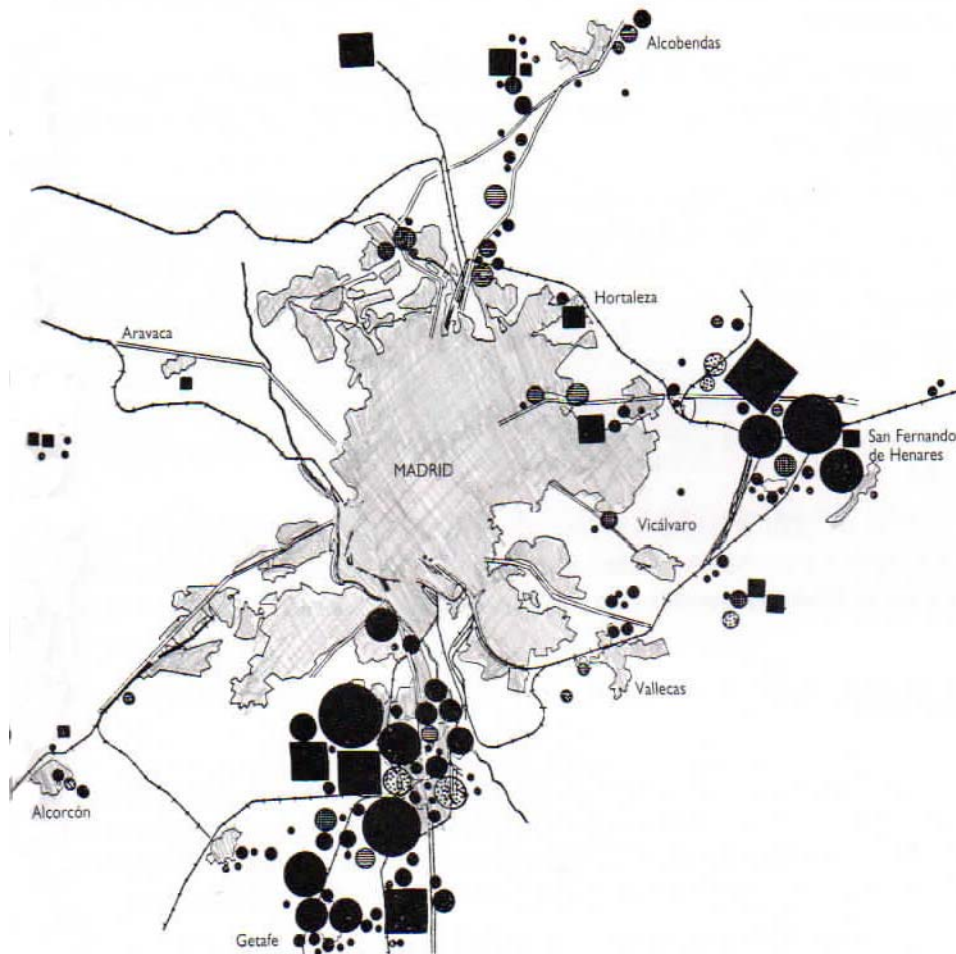


Figura 06. Localització de les principals indústries a Madrid en relació al traçat ferroviari, l'any 1972. Font original: González Yanci (1976).

En endavant, el ferrocarril no va deixar de perdre quota modal vers altres mitjans com la carretera o l'aeri. Fins i tot van portar-se a terme diversos tancaments de línies ferroviàries de via estreta.

No obstant això, convé remarcar per la seva transcendència, l'operació *Pasillo Verde*. Mitjançant una requalificació urbanística a gran escala, es va transformar l'antiga via d'Arganzuela en una de nova, doble i soterrada. Alhora es va convertir l'ús de la via, fent-lo apte per al transport diari de passatgers a mode de rodalies. Urbanísticament, es va renunciar a la creació d'un gran parc urbà en pro d'un gran nucli residencial i amb activitats terciàries, però en qualsevol cas la millora urbana va ser notable.

Actualment, la potenciació del ferrocarril en el transport de rodalies i la continua expansió del tren d'Alta Velocitat, per connectar Madrid amb totes les capitals de província, han fet de la ciutat un node de comunicacions privilegiat.

De caràcter totalment diferent, **Bilbao** esdevé també un interessant exemple a considerar. La potencia industrial de la ciutat basca ha mantingut una forta interrelació amb el sector ferroviari des dels seus inicis.

Macías (2002) indica que la primera línia ferroviària s'hi va construir a iniciativa dels empresaris locals, que volien evitar l'aïllament de la ciutat quan l'Estat va decidir connectar Madrid amb la frontera francesa, deixant de marge la capital biscaïna. Així, van impulsar un ramal des de Bilbao fins a Tudela,

on connectava amb la citada línia. L'estació terminal s'ubicava al marge esquerre de la Ría, justament al davant del casc històric.

Tot seguit, van començar a proliferar iniciatives ferroviàries diverses que disseminaven infraestructures per tota la ciutat. El *Ferrocarril del Norte*, els *Ferrocarriles de Bilbao a Santander* i el *Ferrocarril de Bilbao a Portugalete* situen la seva estació terminal a l'eixample bilbaí. Al marge dret de la Ría s'hi van ubicar els *Ferrocarriles Vascongados*, el *Ferrocarril de Bilbao a Lezama* i el *Ferrocarril de Bilbao a Plencia*, en terrenys propers al casc històric.

De totes aquestes línies, únicament el Bilbao – Tudela i el Bilbao – Portugalete eren d'ample ibèric, mentre que la resta eren de via estreta. Lògicament, la diferència en l'ample de via podria haver limitat el potencial d'articulació territorial del ferrocarril. No obstant, els interessos particulars de les companyies ja van jugar un paper cabdal en el mateix sentit, garantint la independència entre traçats i estacions. Per tant, cada línia va ubicar la seva pròpia estació sense apostar per la intermodalitat. On si que es va tenir en compte aquest factor va ser en la ubicació de les estacions en relació a la Ría. Totes les companyies, excepte la de Lezama, hi tenien accés directe mitjançant molls de càrrega propis.

Aquest fet va comportar constants intents de racionalització de la infraestructura, per part de l'Administració, que volia unificar traçats i estacions. Es van redactar a tal efecte plans urbanístics i sectorials, no obstant les companyies no estaven disposades a assumir el cost d'unes obres que consideraven desproporcionades per als seus interessos particulars.

En qualsevol cas, el que és innegable és la importància que van jugar els ferrocarrils en favor del desenvolupament industrial i urbà de l'àrea metropolitana. El desenvolupament de la mineria a l'últim terç del segle XIX i el sector siderúrgic durant les primeres dècades del XX van ser cabdals en l'articulació territorial. I els ferrocarrils van ser el mitjà de transport encarregat de subministrar-los les matèries primes i transportar els productes acabats, però també de facilitar el desplaçament dels treballadors al llarg del continu urbà.

Des d'un punt de vista industrial predominava la metal·lúrgia, amb assentaments al perímetre de Bilbao com Bolueta, Deusto, Erandio, Olaveaga o Zorroza però ben connectats al ferrocarril. A continuació les indústries alimentària i de materials de la construcció tenien també un pes important en l'economia regional. Ambdues, requerien de l'abastiment de matèries primes a baix cost, de forma que la relació amb els sistemes de transport n'era part fonamental.

El desenvolupament industrial va anar aparellat a un fort desenvolupament urbà, consolidant-se a finals del XIX importants ciutats dormitori com Basauri, Baracaldo, Sesta o Santurce. D'aquesta manera, Bilbao va esdevenir la major aglomeració urbana de Biscaia, i una de les més grans d'Espanya.

El transport entre aquestes localitats es recolzava en el ferrocarril, però també en la complexa xarxa de tramvies i barques que creuaven la Ría. D'aquesta forma, els obrers van ubicar-se a les zones més econòmiques i anaven a treballar emprant els sistemes de transport disponibles. La classe burgesa es va ubicar a l'entorn de l'estació d'Abando, mentre que la classe mitja-alta és la que es va dispersar més al llarg de les estacions dels ferrocarrils de via estreta que connectaven Bilbao amb les localitats adjacents.

Segons Macias, indústria, demografia i transports van ajudar a que Bilbao passés de ser un centre administratiu provincial a una metròpoli amb un fort potencial econòmic. D'aquesta forma, la ciutat va passar de confinar-se al nucli antic per saltar a l'eixample en època de gran creixement econòmic.

Infraestructuralment, Bilbao va veure fusions de companyies, com la Norte amb la de Tudela, així com l'estatalització dels ferrocarrils d'ample ibèric, amb la conseqüent creació de Renfe. No obstant, les inversions en modernització de línies i terminals no arribaven al ritme desitjat. No va ser fins a finals del segle XX en que es va invertir en l'adequació del tram Olaveaga – Abando per a viatgers, el projecte de la *Nueva Avenida del Ferrocarril*, la variant de FEVE a La Casilla o els projectes de la *Variante Sur*. Amb tot, es van acabar creant quatre noves estacions, al mateix temps que es remodelaven les d'Abando i Olaveaga.

Paral·lelament, es va optar també per iniciar la construcció del metro de Bilbao, amb la finalitat de separar els trànsits de passatgers i descongestionar una xarxa viària que tendia a la congestió per l'acumulació de viatges en cotxe i autobús. Es va arribar al canvi de segle amb dues línies de metro: la línia 1, entre Plencia i Basauri, i la 2, entre Santurce i Basauri.

Un altre cas paradigmàtic, ara per la manca de correlació entre ferrocarril i desenvolupament urbà i econòmic, és la ciutat de **Sevilla**. Segons Rodríguez Bernal (2002) el ferrocarril no va tenir uns efectes dinamitzadors capaços de transformar-ne l'economia i generar creixement. Urbanísticament, sembla que tampoc es poden observar evidències d'una modernització clara, ans al contrari: l'efecte barrera de les infraestructures hauria actuat com a obstacle a l'articulació dels diferents sectors urbans (Valenzuela 2000).

Segons l'autor, en plantejar morfològicament la xarxa ferroviària andalusa es va optar per mantenir l'esquema tradicional de comunicacions, amb una estructura radial entorn Sevilla. Es convertia així la ciutat centre regional de comerç i comunicacions. Sembla que l'alternativa passava per donar major importància a la ciutat portuària de Cádiz, cosa que podria haver restat poder polític i econòmic a la localitat sevillana. D'aquesta forma, la ciutat va centralitzar cinc línies diferents: Sevilla-Córdoba el 1859, Sevilla-Jerez-Cádiz el 1860, Sevilla-Alcalá de Guadaira el 1873, Sevilla-Huelva el 1880 i Sevilla-Mérida el 1885, repetint l'esquema de carreteres preexistents. Les diferents línies van ser concessionades a empreses diferents, però finalment van ser absorbides per dues companyies: la *Compañía de los Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y Alicante* (M.Z.A) i la *Compañía de los Ferrocarriles Andaluces*.

A nivell urbà, aquesta diferenciació entre empreses va portar a la construcció de dues estacions diferents. MZA va optar per emplaçar l'estació de San Bernardo a l'est de la ciutat, concretament als terrenys de la Huerta de la Borbolla. Posteriorment, però, es va optar per traslladar les mercaderies a l'estació de Santa Justa, més allunyada del centre urbà cosa que li permetia poder operar amb major facilitat. Els *Andaluces* van optar per un traçat en paral·lel al marge esquerre del Guadalquivir, amb estació passant a la Plaza de Armas. D'aquesta forma la ciutat quedà confinada a banda i banda per la infraestructura ferroviària. D'una banda es dificultava l'accés al Prado de San Sebastián, lloc de grans esdeveniments lúdico-festius, i per altra al riu i al port fluvial. Pocs anys després, el 1861, després d'establir diverses comissions negociadores per unificar les estacions, es va optar per construir una tercera estació sobre la línia dels *Andaluces*, la de San Jerónimo.

La resposta del sector econòmic local va centrar-se en una major radicació de fàbriques entorn les estacions de Plaza de Armas i San Jerónimo, principalment dels sectors químic i metal·lúrgic per la seva dependència de matèries primes per a la producció. Aquest fet va anar junt a la creació de dos ramals per arribar al port, tant al marge dret com esquerre del riu.

En endavant, Rodríguez Bernal documenta principalment queixes de la població per l'efecte barrera causat pel ferrocarril, alhora que diferents projectes de reforma que no van arribar a desenvolupar-se. En aquest sentit, sembla que la *solución exterior* plantejada a l'*Estatuto Municipal* de 1924 va ser

la proposta que va tenir més acceptació i va perdurar durant més temps, però el seu desenvolupament va estar frenat durant molts anys. Als anys '70, per això, es van poder desenvolupar algunes d'aquestes actuacions, com el centre de tractament tècnic de Santa Justa, el ramal exterior de Majarabique a La Salud o l'estació de contenidors de La Negrilla.

Les conseqüències urbanístiques detectades per l'autor es centren en l'efecte barrera creat pel traçat ferroviari i les seves infraestructures auxiliars, que van dificultar l'accés als sectors est de la ciutat alhora que al riu a l'oest. A més, sembla que el ferrocarril hauria reforçat les diferències entre els sectors urbans separats per les vies. Finalment, l'autor indica que es va donar un procés d'infraurbanització i degradació dels terrenys colindants al ferrocarril per causa de la manca de manteniment infraestructural.

Amb vistes a l'Exposició Universal (Expo) de 1992, es va signar finalment un conveni per portar a terme les obres previstes a la *solución exterior*, incorporant també, les obres necessàries per a l'arribada de l'AVE. D'aquesta forma, es va construir una estació de viatgers a Santa Justa, que a més va convertir-se en terminal de l'AVE. Es va remodelar el tram Santa Justa – La Salud, construint un túnel parcial. Es va projectar una nova variant a l'oest per facilitar l'accés de la ciutat al riu. Es va crear una estació d'ordenació i classificació a Majarabique. Es va modernitzar l'estació de mercaderies de La Negrilla. I, finalment, es va construir un ramal que donés accés a l'illa de la Cartuja. A més, les infraestructures obsoletes van ser eradicades, posant fi a bona part dels problemes urbanístics de la ciutat.

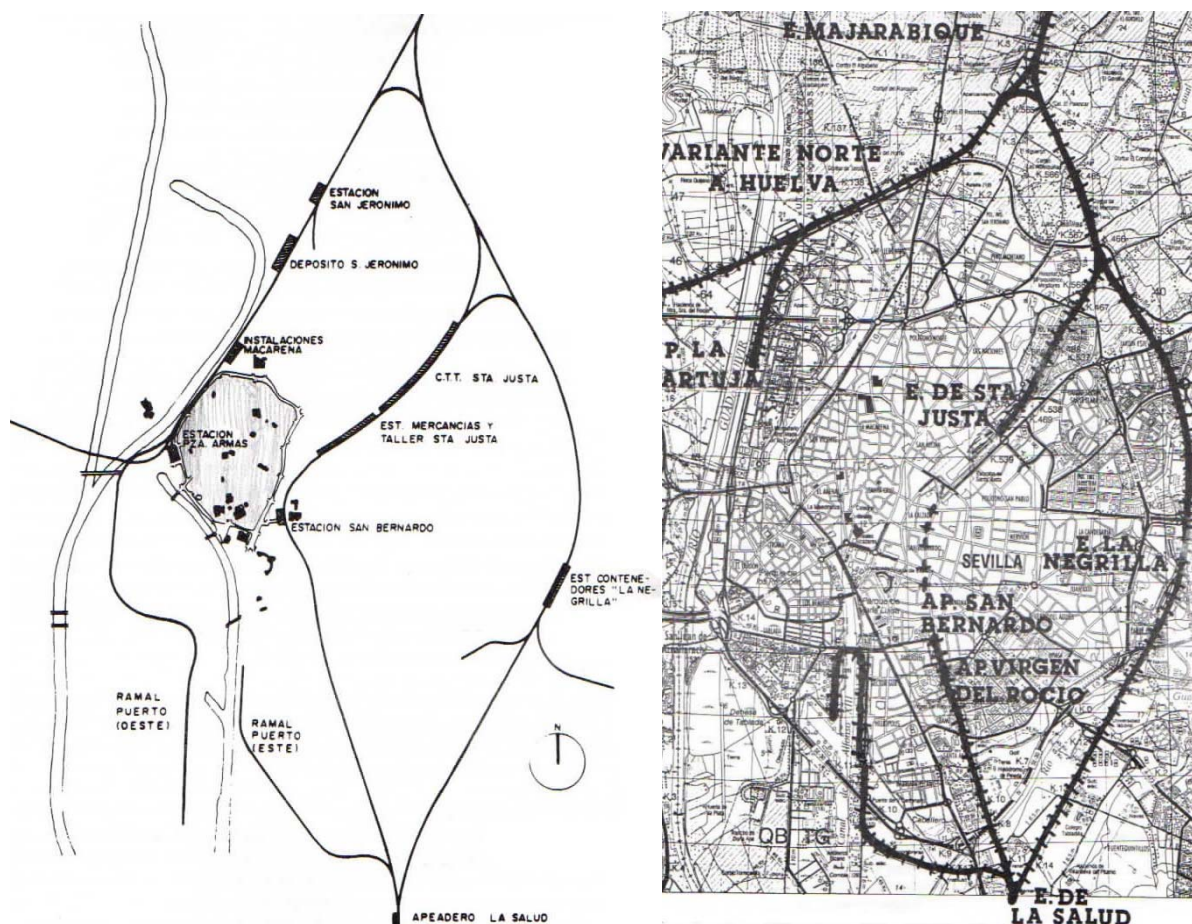


Figura 07. Esquema de la xarxa ferroviària de Sevilla al 1987 i 1992. Font original: Rodríguez Bernal (2002).

A nivell internacional, existeixen també multitud d'estudis de cas referents a les principals metròpolis en relació al ferrocarril.

Un cas interessant per la seva proximitat geogràfica és el de **Lisboa**. Pinheiro (2002) va detallar el procés de conformació ferroviària per a la capital lusa en la citada publicació editada per Cayón. L'autora explica com, en aquest cas, la influència del ferrocarril sobre el procés d'expansió metropolitana hauria estat limitat.

Des d'un punt de vista nacional, la xarxa ferroviària portuguesa es va estructurar de forma arborescent sobre les seves capitals: Oporto i Lisboa. D'aquesta forma, l'impacte sobre el territori ha estat limitat a l'extensió de l'àrea d'influència d'aquestes. El fet d'estar les principals localitats al llarg del corredor atlàntic feia que el transport entre ciutats ja estigués resolt a través dels ports marítime-fluvials preexistents. Lisboa, per exemple, es trobava ubicada a la desembocadura del riu Tajo, disposant del major port comercial portuguès.

La primera línia de la ciutat es va construir annexa al marge dret del riu, i establint l'estació terminal al Cais dos Soldados (que poc després es desplaçà a Santa Apolónia). Es facilitava d'aquesta forma l'accés als molls marítics i s'induïa un incipient creixement urbà entorn el corredor ferroviari que es dirigia cap a Entroncamento. Des d'allí, es dividia en les línies del nord i de l'est, amb ramals cap a Cáceres (1882), Beira Alta (1882) i Beira Baixa (1897). Cert és que el traçat entrava en competència directa amb el transport fluvial, no obstant això, els dos modes van continuar en funcionament durant dècades. I de fet, certs autors consideren que el ferrocarril hauria tingut un important paper en el desenvolupament industrial de Sacavé i Santa Iria. Lisboa, en canvi, va reforçar el paper del port, però no va detectar grans desenvolupaments vinculats al ferrocarril. La pròpia configuració de la xarxa entre el corredor fluvial i la ciutat construïda ho hauria complicat substancialment.

Paral·lelament, es va projectar també una gran línia cap a Alentejo i l'Algarve amb estació terminal a Barreiro. El 1861 la línia arribava a Setúbal i Vendas Novas, mentre que dues dècades després assolí l'Algarve. La decisió d'ubicar l'estació a l'altre marge del riu hauria comportat una desvinculació aparent de Lisboa, doncs s'havia de transbordar en vapors, però també podria haver ajudat a induir creixement a l'altre costat del Tajo. Fins i tot, Pinheiro (2002: 120) cita la possible vinculació de l'estació de Barreiro amb el desenvolupament agrícola i vitivinícola fins a Pinhal Novo. Anys més tard, aquest fenomen induïx la creació d'una nova línia, en aquest cas secundària, entre Cacilhas i Sesimbra amb un ramal cap a Pinhal Novo.

Durant la dècada de 1870 Lisboa va iniciar un projecte d'eixample urbà i que contenia diferents propostes sobre el traçat ferroviari. També es va promulgar la llei ferroviària nacional. Poc temps després es va aprovar el projecte de circumval·lació, que arribava fins a Benfica; així com l'arribada del ferrocarril fins a la plaça D. Pedro IV, on es constituïria l'estació central. Al mateix temps, es signava també la unió de la capital amb Oporto. A nivell urbà, sembla que el tramvia hauria tingut un paper clau, sobretot després d'electrificar-se, doncs permetia a les classes mitges viure més allunyades del centre i desplaçar-se diàriament a treballar. Fins i tot, servia també perquè les classes populars poguessin passar el cap de setmana a les fires de Luz i Campo Grande.

A nivell regional, es va projectar una línia metropolitana de Lisboa cap a Sintra. Aquesta, va ser acabada a la dècada de 1880 i finalment va incorporar un ramal cap a Torres. L'estació terminal quedava en aquest cas a Alcántara (prop del moll), tot i que poc després s'allargaria fins a Cais do Sostre. Al mateix temps, es va unir la capital amb Cascais. Ambdues infraestructures tenien un caràcter eminentment lúdic per als habitants adinerats lisboetes. Van proliferar doncs les segones residències a la costa occidental i, sobretot, els desplaçaments de cap de setmana.

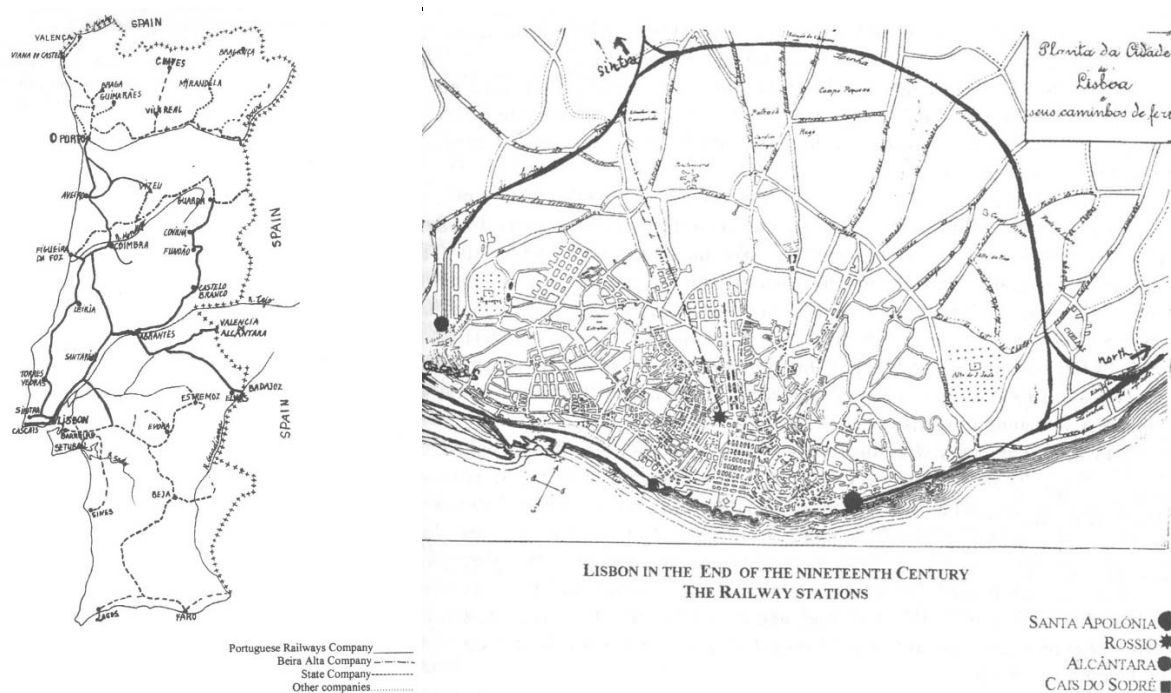


Figura 08. Xarxa ferroviària portuguesa el 1926 i detall urbà de Lisboa de 1892. Font original: Pinheiro (2003)

Al llarg del segle XX, sembla que van ser poques les inversions ferroviàries portugueses. D'aquesta forma, es van anar desenvolupant les localitats entorn les línies preestablertes i amb taxes de creixement força limitades. No va ser fins a mitjans del segle XX quan el transport per carretera va induir un fort creixement metropolità connectant els antics nuclis suburbans.

Durant l'última dècada de segle es va tornar a invertir en manteniment i millora de la xarxa ferroviària. Es va millorar l'estació central, es va transformar *Cinco de Outubro* en estació, i es va construir l'estació d'Oriente projectada per Calatrava per l'Expo de 1998. També cal tenir present la connexió amb el marge sud del Tajo, que va permetre la fi de l'aïllament entre ambdues parts de la metròpoli.

El cas de **París** seria totalment diferent al detallat per a Lisboa, i amb moltes més similituds al cas madrileny. D'igual forma a la capital castellana, París era una ciutat interior i per tant amb majors dificultats per accedir a les xarxes de transports preponderants en aquella època. Per tant, el ferrocarril hi va jugar un paper fonamental a l'hora de reforçar la seva capitalitat.

Caron (2002 i 2003) desgrana l'evolució de la xarxa parisenca i dels seus impactes urbanístics. A tal efecte, convé establir una clara diferenciació entre la xarxa ferroviària nacional i la metropolitana. La primera es va estructurar radialment entorn París com a ciutat central i connectant-la amb les províncies. La segona, en canvi, tenia com a finalitat articular els desplaçaments regionals i locals.

Les primeres línies ferroviàries franceses daten de principis del segon terç de segle XIX, i ja s'estructuraven segons un esquema radial entorn la capital. Caron indica que els estudis econòmics únicament admetsien com a viables aquestes línies, relegant les transversals. No obstant això, sembla que anys més tard sí van proliferar algunes iniciatives locals i regionals que connectaven localitats de forma no radial. Els resultats però no van ser els esperats ni en qualitat del servei ni en freqüències de pas. Per tant, es pot afirmar que tant la xarxa com els serveis van estar clarament condicionats per la ciutat central.

Un clar indicador de la força que va anar agafant la localitat pot ser mesurada a través de la població relativa. Si al 1820 hi habitava el 2,8% de la població francesa, el 1936 constituïa fins un 16,2% (Caron 2002:85). D'aquesta forma es va reforçar el paper econòmic i de control de mercats de productes. A part, es facilitava substancialment la radicació industrial i, fins i tot, d'activitats terciàries. Lògicament, no només París es va veure beneficiada per la xarxa ferroviària. De fet, es considera que la xarxa va reafirmar la preeminència de les capitals de departament. Únicament amb l'arribada de l'Alta Velocitat als anys '80 es podria haver laminat aquesta circumstància, donat que l'increment de velocitat podria haver reduït les desigualtats relatives beneficiant a la resta de metròpolis.

La materialització d'aquesta xarxa sobre la ciutat va ser font d'intensos debats, però finalment es va optar perquè cadascuna de les companyies disposés de la seva estació terminal per evitar conflictes d'interessos. Al mateix temps, es va optar per una disposició excèntrica de les estacions per tal d'evitar interferències amb la trama urbana consolidada. Una de les principals conseqüències d'aquestes decisions va ser la radicació a la perifèria parisenca de grans extensions de terreny dedicades a estacions de mercaderies, estacions de classificació, tallers, dipòsits o, fins i tot, habitatges per als treballadors ferroviaris.

Aquesta configuració nacional es va veure solapada amb el sistema metropolità de transports de la localitat. Segons Caron, la relació entre ambdues i amb les polítiques urbanístiques van estar fortament dissociades durant dècades, de forma que es va limitar el potencial transformador de la xarxa sobre la ciutat.

Lògicament, sí que es van detectar alguns efectes urbans del ferrocarril però no van ser universals. Com a exemple, es pot citar la revisió dels projectes urbanístics per tal de connectar les estacions ferroviàries amb les grans avingudes projectades. També son coneguts els casos d'especulació immobiliària entorn certes estacions, com la protagonitzada per Rothschild entorn l'estació del ferrocarril del Nord -de la seva propietat-. No obstant, sembla que aquestes interaccions haurien estat puntuals.

Des del punt de vista del transport metropolità una de les conseqüències més evidents de la tipologia de xarxa escollida va ser la falta d'un node central. D'aquesta forma es limitaven les possibilitats de transport urbà, al mateix temps que la intermodalitat entre línies. Per tal de posar solució a aquest problema, es va optar per la construcció de dos cinturons concèntrics, que permetessin el lligam entre línies. El *petite ceinture* es va construir entre 1852 i 1867, esdevenint el primer transport urbà massiu per a viatgers, no obstant va ser clausurat a la dècada de 1930 per la forta competència induïda per la xarxa de metro. El *grande ceinture* va ser construït entre 1875 i 1882, a una distància d'uns 20 km del centre, i va suposar un revulsiu en el transport perimetral de mercaderies i com a factor de localització industrial.

A la dècada de 1960 les autoritats parisenques van optar per crear un programa d'integració ferroviària en la lògica urbanística. A tal efecte, es va redactar el *Plan Directeur de la Région Parisienne* que pretenia crear noves ciutats i centres reestructuradors a la perifèria de París. El primer objectiu del Pla passava per crear una vertadera centralitat entorn la ciutat mitjançant la interconnexió de les línies de la SNCF i de la RTAP –anys més tard s'hi afegí també el TGV-, minimitzant la construcció de noves infraestructures. El segon objectiu passava per concebre les estacions com a centres d'activitat especialitzats en diferents usos. En son exemples el pol d'activitat terciària de Montparnasse; o els nodes de La Défense, el barri dels mercats o el barri de l'estació de Lió, pols d'activitat administrativa, comercial, cultural i universitària. Tanmateix, el ramal est de la línia A de la RER sembla que hauria estat capaç d'articular un eix, o corredor, de nova urbanització.

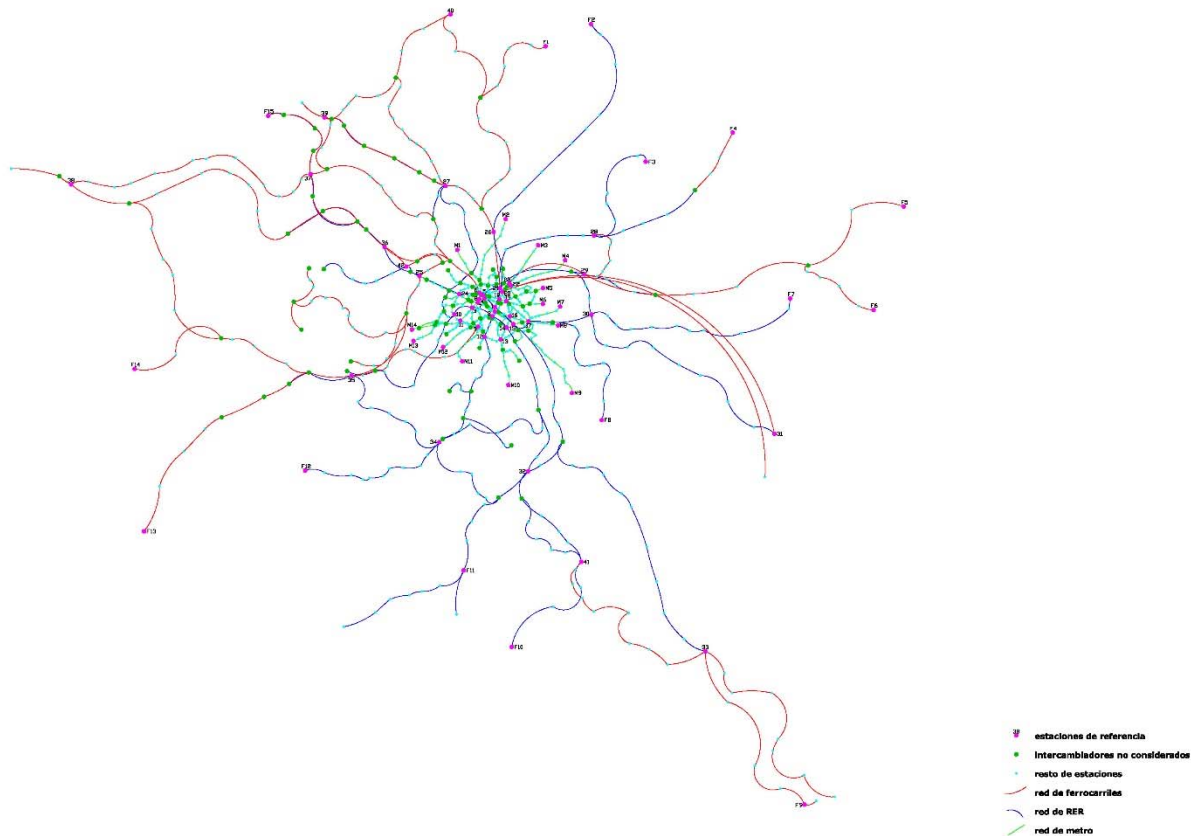


Figura 09. Xarxa ferroviària a l'àrea metropolitana de París. Font: Subero 2009

Un cas similar a l'anterior podria ser el de la ciutat de **Londres**, que exposat per McAlpine i Smyth (2003). En el cas britànic, l'evolució de la xarxa ferroviària va iniciar-se una dècada abans que la francesa i dues en relació a l'espanyola, de forma que els efectes induïts en població i localització industrial podrien ser similars. Ara bé, l'aproximació dels autors posa de manifest una forma diferent d'interpretar la correlació entre ferrocarril i ciutat. L'anàlisi plantejat no desmenteix el potencial ferroviari com a motor del canvi, però es destaquen altres variables d'especial interès.

Durant la dècada de 1850 l'estructura urbana de Londres estava constituïda pel *Central Business District*, entorn el qual els ciutadans residien segons les seves possibilitats de commutar. El mode de transport majoritari era l'òmnibus, tot i que la majoria de desplaçaments es feien a peu i en bicicleta. En aquest context l'arribada del ferrocarril va suposar un revulsiu, però cal tenir present que arribava al mateix temps que el tramvia –molt més adaptable als desplaçaments urbans i metropolitans-, i per tant caldria intentar diferenciar l'efecte causat per cada mode.

En relació a la construcció dels ferrocarrils a la ciutat, comenten que les autoritats van veure una bona forma d'eradicar els suburbis consolidats. De fet, citant a Hamilton (1957) s'indica que les noves infraestructures "podien arribar a reestructurar els sectors marginals i netejar les àrees contaminades". No obstant, tota política urbana plantejada a gran escala acaba generant forts impactes socials vinculats a la demolició de cases i altres edificacions. Tot i rebre una compensació a tal efecte, molts residents no estaven disposats a abandonar els seus barris. La conseqüència directa va ser un increment de la densitat urbana per sobreocupació d'habitatges, de forma contrària al que es pretenia solucionar. Tot i això, els autors indiquen que a la dècada de 1880 les companyies ferroviàries continuaven projectant sense contemplar plans de reubicació dels afectats per les obres.

Amb el temps, sembla que aquesta tendència va començar a revertir-se, produint-se “canvis profunds en l’estil de vida i els patrons socials” (McAlpine 2003: 177). La perifèria urbana va començar a albergar nous desenvolupaments de sòl entorn els eixos ferroviaris. Primerament, van ser les classes adinerades les que es van desplaçar, doncs eren les úniques que podien abordar el cost de transport diàriament. De fet, al llarg de l’últim terç de segle XIX, zones com Holland Park mostren com terrenys buits es van edificar completament en no més de dues dècades. Aquestes dinàmiques, evidentment, només eren possibles assumint viatges recurrents d’anada i tornada al treball en modes ferroviaris. En definitiva, el ferrocarril va començar a induir forts canvis en l’estil de vida londinenc. D’altra banda, és cert també que es van obrir grans possibilitats per a la localització industrial, doncs els desplaçaments passaven a ser molt més eficients, ràpids i barats.

El fet més sorprenent, i menys descrit per altres autors, va ser la pressió que van exercir les classes adinerades per evitar que les classes baixes poguessin moure’s lliurement per la ciutat i provocar una degradació de la qualitat de vida (Ville 1992). Per tant, els inicis ferroviaris van estar marcats per una política tarifària selectiva que els convertia en modes de transport exclusius de classes altes i mitjanes –tal i com ja havia passat amb els òmnibus a mitjans del s. XIX-. Les companyies ferroviàries, per això, no van aguantar les pressions durant molt de temps, doncs eren conscients que establint una política tarifària universal podien generar més ingressos i desestabilitzar els altres modes de transport en competència. D’aquesta forma, a principis del s. XX el ferrocarril tenia ja una important quota modal entre les classes treballadores.

En la mateixa línia dels canvis provocats pel ferrocarril, és innegable que el desenvolupament d’altres modes de transport col·lectiu urbans, com el metro –molt primerenc a la capital londinenca- o el cotxe –que va arribar amb molta força als anys ’60- van produir canvis del mateix rang d’importància. El metro, per exemple, ofería velocitats elevades, tarifes assequibles i una cobertura molt major a la dels ferrocarrils convencionals. D’aquesta forma es va tornar a potenciar la ciutat central, contenint el creixement perifèric. El vehicle privat motoritzat, en canvi, hauria jugat un paper invers multiplicant la disseminació urbana al llarg del territori metropolità.

3.1.4 Principals impactes causats pel ferrocarril en el sistema de ciutats

Desenvolupant específicament aquest aspecte, cada vegada existeix més bibliografia centrada en els **impactes dels ferrocarrils** en les ciutats. Canvis en l’estructura urbana, sorgiment de nous sectors urbans marginals, tancaments i efecte barrera o la contaminació ambiental, acústica i paisatgística, en son alguns exemples clars. De fet, a l’apartat anterior ja s’han posat de manifest bona part d’aquests impactes, sobretot aquells de caire espacial i d’encaix urbà.

Així doncs, els canvis en l’estructura territorial van ser una constant. Domingo Clota (1986) considera principalment quatre conseqüències territorials bàsiques del ferrocarril en les ciutats i el territori. En primer lloc el reforçament d’uns eixos o corredors territorials concrets en detriment de tota la resta del territori. Això va fer que només uns assentaments gaudissin dels beneficis ferroviaris, mentre que la resta van quedar a l’expectativa de futures línies. En segon lloc, la barrera causada en les relacions urbanes i territorials, que van obligar a desviar camins, al mateix temps que tallaven literalment la possibilitat de connexió d’alguns sectors adjacents. Els canvis en les relacions espacials van ser també importants. En termes d’àrees de mercat es va reforçar els mercats amb accessibilitat ferroviària, marginant els no connectats. Això va fer perdre força a determinats municipis importants. Aquesta conseqüència va acabar derivant en una important polarització urbana entorn els nodes beneficiats

en detriment de la resta. Finalment, l'autor considerava la desvinculació altimètrica del ferrocarril en relació al seu entorn proper com un fort impacte visual i paisatgístic

Des de la visió urbana, es va posar molt èmfasi en les transformacions de la centralitat de les ciutats. En aquells casos en que la infraestructura es va projectar lluny de la trama urbana, es va induir un fort creixement urbà en direcció al ferrocarril que va comportar la creació de nous barris. I aquests van captar tant l'activitat econòmica com el dinamisme comercial. Només aquelles ciutats que van saber anticipar-se al canvi i planificar el seu creixement van poder aprofitar l'impuls induït per les expectatives urbanístiques. En canvi, aquelles que van donar llibertat al creixement van perdre la possibilitat d'adaptar-se als nous temps, alhora que no van saber resoldre adequadament l'encaix ferrocarril – ciutat; cosa que ha tingut greus conseqüències urbanístiques.

I és en aquest sentit en el que es posen de manifest les principals dificultats d'encaix espacial. Un dels principals motius pels quals no es va poder integrar el ferrocarril a la ciutat eren els tancaments construïts entorn de les vies per evitar el creuament en llocs no habilitats (Santos 2007). Cert és que es van construir per qüestions de seguretat, com evitar accidents per atropellament. Però també és cert que van reforçar l'efecte barrera que el ferrocarril va crear al seu pas per la trama urbana. L'elecció de traçats curvilinis o la desvinculació altimètrica de la rasant van ser també factors determinants que van dificultar l'encaix de les illes i parcel·les urbanes en relació a la infraestructura. Les principals conseqüències van ser l'aïllament espacial, la marginació de determinats sectors urbans i l'impacte visual sobre el paisatge urbà dels barris annexes.

Una d'aquestes conseqüències, per exemple, és la categorització dels sectors urbans separats pel ferrocarril. Molts dels creixements planificats arribaven només fins a l'estació o fins a la línia infraestructural, però no es va superar aquesta frontera. Així, proliferaven a l'altre costat de les vies indústries de poc valor afegit, així com sectors residencials marginals sorgits de la urbanització informal o irregular (Ciselli 2005).

Mumford (1961) va ser un dels primers autors a considerar aquest tipus d'impactes. Fins i tot a qüestionar-se la bondat d'apropar el ferrocarril a les àrees urbanes residencials per la gran quantitat d'espai que requerien i el caràcter de les activitats que s'hi instal·laven. Però l'aportació realment important del l'autor en aquest sentit va ser la referència a la contaminació acústica i ambiental, deguda a la incineració de carbó, aspectes fortament criticats a l'època i que han passat àmpliament desapercebuts per bona part dels historiadors.

A mode de síntesis, Monzón (2006:35) proposa una taula resum que intenta categoritzar el conjunt d'impactes i externalitats que els transports urbans, i les seves infraestructures associades, han causat en les localitats espanyoles. La taula, tot i mostrar informació actual i no històrica, és realment important doncs posa de manifest antics conflictes juntament amb aspectes més actuals, com poden ser les emissions contaminants o els consums energètics.

Taula 01. Costos econòmics, socials i ambientals del transport. Font: Monzón (2006).

Econòmics	D'operació	Personal, energia, manteniment, assegurances, amortització, etc.
	Infraestructures	Corrents i despeses de capital.
Socials	Temps de viatge	Viatge, espera i transbordament.
	Accidents	Relatiu a la víctima. Danys socials i morals.

Ambientals	Contaminació atmosfèrica	Mortalitat i morbiditat.
	Soroll	Morbiditat humana.
	Emissió de gasos	Emissions de CO ₂ , NO _x , etc.
	Ocupació de sòl	Costos de capital.

La lectura de la taula des de la perspectiva ferroviària posa de manifest que els diferents treballs que constitueixen la bibliografia de referència no han arribat a tractar la major part de les preocupacions actuals al respecte. Els temes socials, principalment els basats en accidents, han estat molt poc treballats fins al moment. Mentre que els termes ambientals pràcticament no s'han caracteritzat de forma històrica. Queda doncs un important camí a recórrer a l'hora d'analitzar els impactes infraestructurals en les ciutats i territoris, sobretot en perspectiva històrica.

En aquesta línia, Capel (2011:22) afirma que "en ocasions l'impacte social i espacial del ferrocarril va ser major que l'econòmic. Doncs per a que aquest es fes sentir feien falta certes condicions".

El mateix autor, mostra també els costos repercutits per mode de transport, cosa que facilita el contrast entre el ferrocarril i la resta de mitjans de transport:

Taula 02: Rang de variació d'externalitats (€/1000 pax-km). Font: Monzón.

	Accidents	Contaminació atmosfèrica	Soroll	Canvi climàtic	Total sense congestió
Cotxe	10-90	5,7-44,9	0,07-13	1,7-27	17,5-174,9
Autobús	1-7	12-18	0,05-4,6	0,7-9,5	13,8-39,1
Motocicleta	36-629	3,2-3,3	0,25-33	1,7-11,7	41,2-677
Ferrocarril	0-0,7	5,1	0,09-1,6	0,3-7,1	5,5-14,5
Avió	0-0,4	0,2	6,6-46,2	6,6,-46,2	7,1-65,8

Atenent a la taula 2 és especialment interessant veure com el ferrocarril té una de les taxes d'accidentabilitat més baixes, només superada pels avions. La contaminació i les conseqüències sobre el canvi climàtic sembla que serien també baixes, tot i que força similars a les motocicletes. Amb tot, sembla que la quantificació total del conjunt de les externalitats indica que el ferrocarril seria el mode que tindria menor impacte sobre el medi.

Lògicament, els impactes espacials del ferrocarril sobre la trama urbana o la repercussió econòmica de la seva explotació sobre les arques públiques no estarien considerades directament en aquests càlculs. I representen, com hem vist, els principals conflictes d'aquest mode sobre el sistema de ciutats.

3.1.5 Actuacions d'integració urbana, noves línies i àrees d'oportunitat

És innegable doncs que la interacció urbana del ferrocarril mai ha estat còmoda per ambdues parts implicades. I així s'ha reflectit històricament en les diferents **intervencions infraestructurals de renovació** que s'han hagut de portar a terme sobre la infraestructura ferroviària en el darrer segle i mig.

Donat el fort dinamisme de les ciutats contemporànies, el fet de tenir una barrera lineal que en partís la trama urbana ha estat font de continus litigis entre l'administració municipal i l'administració sectorial ferroviària. Els ajuntaments, acompanyats dels poders socio-econòmics locals, han tendit a demanar el soterrament de les línies, o si més no, el desviament de la seva traça per reduir la fractura i poder integrar els barris annexes.

Tanmateix, la recurrent falta d'inversions en millora i manteniment de la infraestructura ferroviària fa que en moltes localitats, sobretot les mitjanes i petites, es mantingui exactament la mateixa fisonomia que quan va ser construïda fa més d'un segle i mig.

Santos (2007) analitza extensament les ciutats on sí s'han implementat actuacions, per part de l'administració ferroviària, per tal de millorar la infraestructura al mateix temps que es facilitava l'encaix urbà. En concret, l'autor considera les actuacions agrupades en quatre tipologies: desplaçament de l'estació, variant ferroviària, soterrament i integració urbana del ferrocarril. Personalment, considero que faltaria un cinquè apartat amb molta menys influència urbanística però fins i tot més important des d'un punt de vista funcional: les millores del material rodant i el sistema de tracció. A mesura que es renovava la flota es milloraven les característiques del sistema de transport, alhora que es reduïen les externalitats com l'impacte acústic o la contaminació ambiental per emissió de partícules.

En quan al desplaçament de l'estació, es vincula principalment amb les estacions terminals o en cul de sac. A diferència de les estacions passants, aquest tipus d'estació era més propensa a ser desplaçada cap a la perifèria urbana, doncs facilitava la reforma urbana amb un impacte relativament baix sobre el funcionament del servei ferroviari. No calia interrompre el funcionament de la línia, sinó simplement habilitar una nova estació i, posteriorment, desmantellar la infraestructura deshabilitada. Tema a part serien els interessos de les companyies, principalment RENFE i posteriorment ADIF, que eren propietàries dels terrenys urbans alliberats i que es veurien requalificats urbanísticament amb importants plusvàlues.

Les variants ferroviàries van ser intervencions més difícils de portar a terme. Normalment es van conjugar les fortes pressions locals amb la necessitat de l'empresa de racionalitzar la infraestructura al seu pas urbà. La duplicitat d'estacions sense connexió o la multiplicitat de línies i ramals constituïen bons arguments per projectar una nova línia amb estació passat i més allunyada del centre urbà. La resta d'infraestructura podia ser deshabilitada i engolida per la ciutat, o especialitzada en determinats tràfics com l'accés de mercaderies a port o a zones industrials. Com a contrapartida, és clar, destaca la pèrdua d'accessibilitat tant dels passatgers com dels qui pretenien carregar mercaderies.

Encara més complexes que les variants ferroviàries van ser les operacions de soterrament de la traça ferroviària. En aquest cas, la intervenció requeria de l'existència d'altres vies per tal de mantenir el servei durant el temps de construcció. Intervenció, aquesta, que podia prolongar-se durant anys i assolir un cost altíssim degut a la necessitat de rebaixar cota aigües amunt i aigües avall de la ciutat per poder garantir uns pendents raonables. Lògicament, la contrapartida era que, una vegada inaugurada l'obra, es podia mantenir el servei amb estació al centre urbà sense crear una fractura urbana entre trames. En qualsevol cas, aquesta actuació va quedar relegada als ferrocarrils metropolitans i de les grans ciutats. Només amb la construcció de noves línies, com les d'Alta Velocitat, s'ha projectat nous ferrocarrils assumint un nou traçat amb aquestes característiques tècniques.

Finalment, Santos (2007: 337-338) tracta la integració urbana com a concepte apart dels tres anteriors. En aquest cas planteja projectes "basats en la reutilització de l'espai ferroviari sobrant, en un tractament de vores amb un disseny urbà adequat i en la dotació d'accessibilitat transversal, de forma

que l'estació millori la seva inserció en la ciutat". I és en la reutilització de l'espai sobrant on posava especial èmfasi. Tal i com ja s'ha comentat, l'alliberament d'aquests espais ferroviaris centrals anava vinculat a la negociació amb l'administració local de requalificacions urbanístiques que facilitessin un important negoci per la companyia, doncs "l'ordenament jurídic actual disposa que, en el patrimoni immobiliari gestionat per ADIF, els terrenys desafectats de l'ús ferroviari deixen de ser de domini públic per convertir-se en béns patrimonials de la entitat pública empresarial". És a dir, es permetia el negoci a canvi de mantenir la centralitat de l'estació i millorar l'accessibilitat transversal al llarg de la línia.

Amb tot, sembla evident que els forts impactes espacials creats pels ferrocarrils a les ciutats han estat font de constants disputes, que han acabat majoritàriament en projectes de renovació infraestructural i urbana. Cert és però que aquests projectes s'han centrat en les ciutats mitjanes i grans, sobretot aquelles amb un important pes administratiu a nivell regional.

Tema a part, seria la forma en que s'han projectat les noves línies ferroviàries tenint en compte les lliçons apreses. El context actual del sector transports és fruit d'una elevada competència entre modes, alguns més dinàmics, com l'automòbil o l'avió; o d'altres més barats, com el vaixell. La rigidesa del traçat ferroviari junt a l'obsolescència infraestructural per manca d'inversió han relegat al ferrocarril per al transport de passatgers a escala metropolitana i de mercaderies a llarga distància. La construcció de **noves línies** durant la segona meitat del segle XX ha estat testimonial, màxim quan s'ha tendit més al tancament de línies que a l'obertura de nous traçats.

Únicament el ferrocarril d'Alta Velocitat, AVE, ha aconseguit la captació d'importants quotes d'inversió en les últimes dècades. Japó, França, Espanya o la Xina han realitzat una forta aposta per aquest mode de transport capaç de competir amb el cotxe en la curta distància – entre els 100 i 250 km–, o l'avió en la mitja – fins a 4 hores-. En aquest sentit, López-Pita (2006b) posa de manifest la rapidesa en que s'han estès aquestes xarxes en relació al ferrocarril convencional a mitjans del segle XIX, i considera que podríem estar davant d'un canvi de tendència en la distribució de tràfic i quota modal entre modes de transport. De fet, el mateix autor (López-Pita 1993) ja apuntava en aquesta direcció quan plantejava la necessitat de tornar a apostar pel ferrocarril, donada la forta caiguda que estava patint en relació a la carretera i l'avió.

El que resulta xocant és que, tot i la gran quantitat d'estudis que evidencien els impactes espacials dels ferrocarrils a les ciutats, la planificació d'aquestes noves línies no sempre s'aborda atenent als criteris urbanístics i territorials adequats. La rigidesa dels paràmetres de disseny infraestructural, la voluntat de reduir costos de construcció (cosa que tampoc s'acaba aconseguint), i la manca de respostes urbanístiques immediates de les ciutats semblen indicar que no s'han après les lliçons bàsiques que ens aporta la lectura històrica del fenomen.

En aquesta línia, Herce (2009: 68) planteja una retrospectiva analitzant les repercussions territorials de les infraestructures de transport, i del ferrocarril convencional en concret, per tal d'intentar preveure quines seran les repercussions del ferrocarril d'Alta Velocitat en el territori. De forma sintètica recorda que "els ferrocarrils van contribuir enormement a la integració de l'espai econòmic i a la consolidació de sistemes de ciutats i àrees de mercat, però els seus efectes sobre una nova forma d'organització de les ciutats van ser menys rellevants de l'esperat". I en aquesta mateixa línia es pronuncien també Gutiérrez Puebla (2004) o Bellet (2002).

Amb tot, considera que les possibles repercussions socioeconòmiques i territorials d'aquest nou mode podrien resumir-se en quatre grans grups: el efectes territorials sobre la integració dels sistemes de

ciutats, els efectes sobre la localització d'activitats econòmiques i d'impuls de l'economia local, els efectes sobre la generació d'activitat i la innovació econòmica i, finalment, els efectes sobre la revitalització d'àrees urbanes afectades: l'espai de l'estació.

En quan a la **integració del sistema de ciutats**, els estudis posen de manifest un increment de les relacions entre les àrees urbanes de gran densitat com Tokio – Osaka o Paris – Amsterdam – Colònia. No obstant, tot i la creixent evolució dels tràfics en AVE, la captació de quota respecte altres modes no està sent tant significativa com s'esperava. Per solventar-ho, Burckhart (2008) posa de manifest la necessitat de projectar la xarxa amb estacions centrals i amb una potent oferta intermodal per abastir les estacions de la seva àrea d'influència.

Els efectes sobre la **localització d'activitats econòmiques** mostren resultats força decebedors. El ferrocarril d'Alta Velocitat ha estat projectat posant l'èmfasi en el transport de passatgers. No ha contribuït de forma determinant a facilitar la radicació de noves activitats ni a millorar la competitivitat de les ja instal·lades. Aquest efecte és demostrat per Fariña (2000), qui va plantejar un estudi per avaluar els efectes de l'AVE en comparació amb els que va comportar l'Autopista AP-2 al seu pas per Aragó. La conclusió fou que no es van induir canvis en els usos del sòl ni el propi preu dels terrenys. En aquest sentit, és també necessari recordar que la legislació urbanística actual és molt més restrictiva que segles endarrere, i que tot canvi ha de passar per un llarg procés polític, tècnic i ciutadà per poder ser aprovat. Amb tot, Herce conclou que “no és la xarxa d'Alta Velocitat la que produirà efectes (...), sinó les oportunitats que sobre certs i limitats espais s'obren per les estratègies espacials de determinats agents”.

Analitzant la **generació de noves activitats econòmiques i d'innovació**, Murayama (1994) demostra un major creixement demogràfic a les localitats connectades al Shinkansen japonès, en detriment de les no connectades. Alhora, sembla que aquest creixement hauria anat lligat a un creixement de les activitats de serveis, educació i recerca. D'altra banda, Veltz (2002) ha posat de relleu com la disminució del temps de viatge hauria comportat un canvi en les relacions empresarials, passant d'una estructura vertical fortament jerarquitzada cap a relacions més horitzontals. Alhora, altres autors consideren provat l'increment de desplaçaments laborals quotidians, en sectors altament qualificats, així com de viatges per oci i turisme.

Finalment, els **efectes sobre les àrees urbanes afectades** són probablement els més analitzats en la literatura recent sobre el tema. I, en aquest sentit convé diferenciar entre estacions perifèriques i centrals, sent aquestes últimes les que representen major interès. Tal i com s'ha desenvolupat en apartats anteriors, el ferrocarril convencional requeria de grans infraestructures complementàries per emmagatzematge, càrrega i distribució de mercaderies. Fins i tot, en molts casos, eren necessàries també platges de vies, cotxeres i tallers. Totes aquestes infraestructures han anat perdent la seva vigència a mesura que el ferrocarril es modernitzava, arribant a la situació actual en desús. Moltes ciutats han plantejat importants projectes urbanístics en aquest sentit. Però, per aquelles que encara no ho havien fet, l'arribada de l'Alta Velocitat ha resultat una oportunitat per poder renovar l'entorn de l'estació. Bustiduy (2006) justifica la solució del soterrament amb estació central, indicant que convé aprofitar la gran inversió prevista per modernitzar la infraestructura existent. I, d'aquesta forma, l'entorn urbà en pot sortir clarament beneficiat.

Tot i que encara no ha passat prou temps des de la posada en funcionament dels ferrocarrils d'Alta Velocitat, certs autors han començat a teoritzar sobre els efectes causats per la nova xarxa en les ciutats i el territori que travessen. Aquestes publicacions estan més centrades en els canvis urbanístics

induïts en les ciutats connectades, en el moment de construcció de les línies, o en els canvis de dinàmiques que podrien provocar (Burckhart 2008). No obstant, és evident que la lectura dels exemples històrics posen de manifest les altes probabilitats de creixement urbà condicionat per la nova infraestructura, amb el sorgiment de grans **àrees d'oportunitat urbanística** (Herce 2013a).

A nivell urbà, Bellet (2002, 2010, 2011 i 2014) ha estudiat llargament el fenomen a Espanya. L'autora (2014:11) afirma que l'estació "pot considerar-se com un sistema espacial singular sent la seva ubicació el resultat de la convergència de múltiples elements". Entre aquests destaca la localització, la urbanització del seu entorn i l'explotació funcional que se'n faci com a ítems fonamentals.

Específicament, per exemple, desenvolupa el cas de Segovia, on es va projectar una estació perifèrica. D'aquesta forma, la ciutat va veure's obligada a projectar nous sectors urbanístics, al mateix temps que oferia serveis de transport públic urbà per accedir-hi. Aquest mateix fenomen es va produir entorn l'estació de Guadalajara, on sembla que la ubicació perifèrica hauria induït importants processos d'especulació immobiliària (Ribalaygua 2005).

Com a situació oposada, descriu el cas de Lleida, amb estació central, on s'ha aprofitat la nova estació per reurbanitzar l'entorn de l'estació històrica i cobrir parcialment les vies al seu pas per la ciutat. D'aquesta forma, la ciutat central s'ha vist clarament beneficiada i no s'han creat tensions urbanes en sectors de la perifèria. Lògicament, el cost de les obres pot haver estat superior en relació als traçats perifèrics, però també és cert que s'hauria posat fi a un problema històric d'encaix espacial de la infraestructura en la ciutat.

La lectura a nivell macroscòpic sobre les millores induïdes per l'Altra Velocitat sobre el territori també han estat tractades. Tot i que la majoria d'estudis posen més el focus en el potencial adquirit en termes d'accessibilitat i cobertura que en els propis efectes territorials. A nivell europeu destaquen els treballs de Ellwanger (1994), Gutiérrez (1996), Martí-Henneberg (2000a), López-Pita (2005), Tapiador (2009), Sánchez-Borràs (2011), Díez Pisonero (2012), Leheis (2012), Martínez Sánchez-Mateos (2012). Mentre que en altres latituds existeixen també nombrosos treballs: Zhong (2012) i Lenvison (2012) als EUA, Cao (2013) i Shaw (2014) a Xina, o Martí-Henneberg (2014) a escala global.

La gran quantitat de treballs publicats recentment sobre la temàtica permet calibrar la importància i l'interès que suscita aquest nou mode ferroviari arreu. La forta inversió i el potencial d'impacte esperat fa que s'hi dediqui atenció i recursos a tots els nivells. Això és així perquè, com és sabut, tota infraestructura de transport genera uns impactes en el medi on s'insereix. Saber entendre la interacció entre ferrocarril i ciutat i, sobretot, planificar en conseqüència és vital per aconseguir un bon encaix. En qualsevol cas, per poder arribar a testar els impactes territorials d'aquestes noves línies de ferrocarril ha de passar encara un llarg període de temps. D'altra forma s'observarien únicament impactes parcials. Per tant, la recomanació passa per entendre el marc teòric emanat dels estudis històrics d'infraestructures similars per tal de projectar de forma adequada i minimitzant els impactes.

3.2 Esquema resum de les interrelacions entre ferrocarril i sistema de ciutats

Prenent com a base el marc teòric de Zoido (1998), i atenent al conjunt posicionaments citats fins al moment, s'ha elaborat un gràfic que contempla l'entramat de relacions entre ferrocarril i sistema de ciutats (figura 10). L'esquema proposat, tot i no pretendre ser exhaustiu, ajuda a entendre el conglomerat de vincles i interrelacions que ha suposat la construcció de la xarxa ferroviària de forma genèrica. D'aquesta forma es facilita l'anàlisi aquí plantejat i el seu abordatge acadèmic.

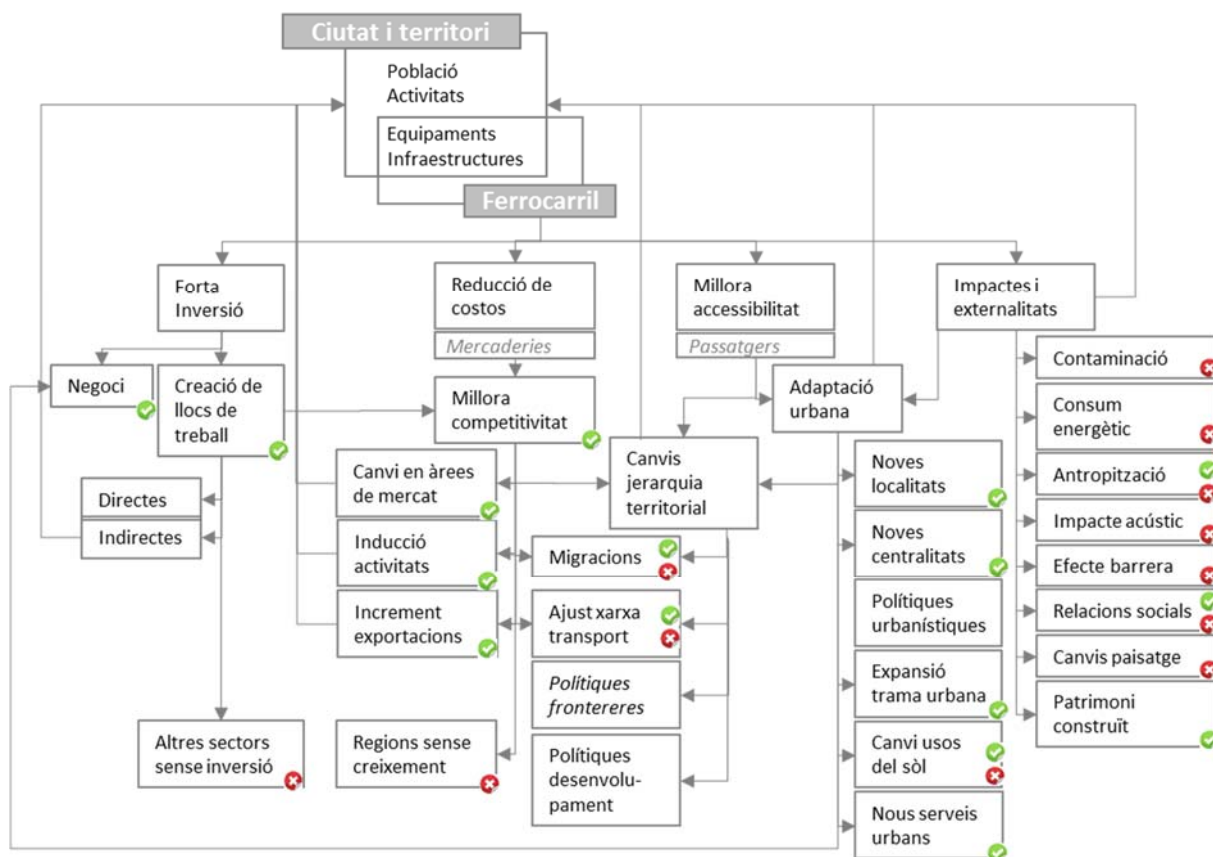


Figura 10: Principals efectes del ferrocarril i interaccions amb el sistema de ciutats. Font: Elaboració pròpia.

Una simple visualització és suficient per posar de manifest la complexitat de relacionar elements o variables, així com la dificultat per establir relacions causa-efecte que permetin discernir inequívocament si els efectes del ferrocarril sobre el territori han estat beneficiosos o perjudicials. La resposta a aquesta pregunta passa per entendre que junt a cada efecte positiu, detectat per un observador positivista i partidari del desenvolupament, es podrà identificar també un impacte negatiu o externalitat, que minimitzi la visió anterior i reforci la postura conservacionista. És, per tant, un exercici d'equilibri el poder arribar a conclusions raonables que convencin ambdues visions i siguin acceptades de forma global.

El que resulta innegable és el fet que la infraestructura ferroviària ha permès millorar enormement la competitivitat d'aquelles regions més dinàmiques que han estat connectades en xarxa, cosa que ha suposat una reducció important dels costos de transport. Al mateix temps, les millores induïdes sobre els assentaments, via millores de l'accessibilitat, han arribat fins i tot a alterar les dinàmiques migratòries i revertir el rang territorial d'algunes ciutats.

Per altra banda, resulta també evident que tota intervenció infraestructural té un caràcter irreversible. Es reforça així la necessitat de projectar de forma integral des de la fase de planificació prèvia fins a la pròpia execució de la obra, o la posterior gestió. Cada agent implicat hauria d'actuar valorant totes les conseqüències de les decisions preses. Doncs, al cap i a la fi, els efectes d'aquestes no seran efímers sinó tot el contrari. Per exemple, un assentament no connectat a la xarxa pot perdre impuls en relació als seus competidors directes que sí es troben coberts. Tanmateix, un disseny inadequat pot incrementar de forma desmesurada els costos de les obres, però també causar un impacte ambiental i paisatgístic irreversible. Fins i tot, en casos extrems, pot arribar a crear una barrera física insalvable

per al correcte desenvolupament de la fauna i la flora en zones d'especial interès natural, o també de les interaccions socio-econòmiques entre barris afectats quan aquest efecte es produeix en zona urbana.

En definitiva, convé ser conscient de totes les repercussions que aquest tipus d'actuacions poden arribar a suposar. Cal, doncs, plantejar les intervencions infraestructurals de forma integral i entendre les seves repercussions en conjunt.

3.3 Instruments per quantificar els efectes del ferrocarril sobre el territori

Analtzades les interaccions generals del ferrocarril amb les ciutats i el territori associat, resulta necessari replantejar momentàniament el focus de treball. La majoria de relacions anteriorment desenvolupades han estat demostrades emprant majoritàriament **tècniques y mètodes d'investigació qualitatiu**. És a dir, s'ha recollit la màxima informació possible (mapes, estadístiques, fonts primàries, fons secundaries, etc.) i s'ha interpretat de forma raonada, articulant un discurs ben argumentat. Aquesta forma de procedir és cabdal per obtenir una visió conjunta dels fets, i de com han anat evolucionant al llarg dels anys. A més, garanteix un fàcil seguiment per al lector no expert, i pot ser emprat posteriorment per articular teories generals o per orientar altres aproximacions a la temàtica.

Ara bé, de la mateixa manera que existeixen els mètodes qualitatiu podem trobar també **les tècniques i els mètodes quantitativs**. Aquests, es nodreixen de modelitzacions i instruments de mesura per tal d'intentar demostrar numèricament l'evolució d'un element en concret, així com les relacions entre dues o més variables.

Els posteriors apartats tenen com a finalitat: exposar els principals fonaments teòrics associats a la disciplina, desenvolupar els principals indicadors de modelització de xarxes i mostrar els resultats emanats del contrast entre les variables infraestructurals i aquelles vinculades al desenvolupament territorial, bé sigui a través de la demografia o l'economia.

3.3.1 Principals conceptes necessaris per entendre la teoria de xarxes

Per iniciar aquest tipus d'anàlisi, convé definir la forma de modelitzar el sistema de ciutats i la infraestructura física, en aquest cas el ferrocarril, per tal d'obtenir-ne indicadors quantificables i que ens permetin anàlisis posteriors. A tal efecte, la majoria d'autors han optat per cenyir-se a la **teoria de grafs**, o teoria de xarxes, doncs ofereix grans possibilitats de simplificació alhora que una fàcil comprensió dels elements del model.

El primer pas per poder aplicar la teoria de grafs és entendre el **territori com un sistema** (Izquierdo de Bartolomé 1986:184), del que depenen diferents subsistemes com el transport, les activitats econòmiques o els assentaments. I cadascun d'aquests subsistemes pot ser analitzat de forma independent a la resta, simplement aïllant-ne els seus elements característics. Per al sistema de transports, en concret, l'autor considera l'anàlisi de vehicles, infraestructura, tècniques d'explotació, etc., de la forma més aïllada possible per evitar interferències.

En aquest sentit, des del Departament d'Infraestructura del Transport i Territori de la UPC s'han dedicat importants esforços en aquesta línia. Magrinyà (1999) va realitzar un important treball de

síntesi dels treballs preexistents de la literatura anglosaxona i francòfona per tal de desenvolupar la teoria de xarxes aplicada a les xarxes de transport⁷.

Una vegada aïllats els diferents elements del sistema territorial resulta relativament senzill definir els principals conceptes de forma lògica. Partint del concepte de sistema esmentat, s'han desenvolupat definicions matemàtiques, com la proposada per Dupuy (1985), que permeten entendre les relacions entre elements del sistema a través del **concepte de xarxa**:

Sigui $A = [a_1, a_2, \dots, a_n]$ un sistema compost per un conjunt de diferents elements.
 Sigui $B = [a_0, a_1, a_2, \dots, a_n]$ un sistema compost pel conjunt d'elements i que incorpora l'entorn, a_0 .
 Sigui r_{ij} la forma en que les entrades de l'element a_j depenen de les sortides de l'element a_i :

$$a_i \xrightarrow{r_{ij}} a_j$$

El conjunt $R = [r_{ij}]$ per $\begin{cases} i = 0, 1, \dots, n \\ j = 0, 1, \dots, n \end{cases}$ es defineix com a **xarxa**.
 L'agrupació $S = [A, R]$ es defineix com a **sistema**.

Seguint el raonament exposat per Magrinyà, les relacions anteriors estarien inscrites dins un sistema territorial que evoluciona amb el temps. Aquesta evolució es basaria en la diversitat i heterogeneïtat dels diferents punts de l'espai, cosa que induiria relacions entre nodes que acabarien conformant projectes transaccionals de connexió. L'agrupació d'aquests projectes és el que definiríem com a xarxa de relacions territorials.

Les principals **característiques teòriques de les xarxes** serien el caràcter cinètic, la topologia, el caràcter adaptador, l'articulació entre xarxa i territori i l'organització del territori segons les xarxes i els seus operadors.

Des del punt de vista cinètic, les xarxes aporten al territori la possibilitat de superar el concepte de proximitat en pro de la connectivitat. D'aquesta forma, nodes separats espacialment poden tenir millors relacions que nodes veïns si existeix una bona infraestructura que els connecta. A part, l'aparició de noves xarxes de comunicació redueix la necessitat de desplaçar-se, doncs faciliten les relacions virtuals entre nodes sempre i quan estiguin connectats.

La topologia de la xarxa esdevé també un factor important a considerar. Conceptualment, estaria associat a l'estructura constituïda pel conjunt de nodes i relacions entre ells. Per arribar a formalitzar la xarxa, primer cal entendre la disposició d'un conjunt de punts en el territori que s'articulen mitjançant un conjunt de rutes independents.

A tal efecte, Haggett (1976) realitza un important treball de síntesi recopilant estudis basats en la teoria de rutes i la conseqüent formació de xarxes. L'autor considera el problema ideal de connexió entre dos punts i planteja quatre possibles solucions. Les dos primeres consistirien en minimitzar la longitud de la xarxa entre els punts origen i destí (α), o bé en optimitzar-la (β). Les altres dos opcions passarien per considerar també la localització de punts de parada intermedis, de forma que es podria optar per maximitzar el tràfic (Ω), o bé, per optimitzar la relació longitud – tràfic (δ).

⁷ Anys més tard, el mateix autor acabarà publicant de nou aquests conceptes en el llibre La ingenieria en la evolución de la urbanística (Herce i Magrinyà 2002).

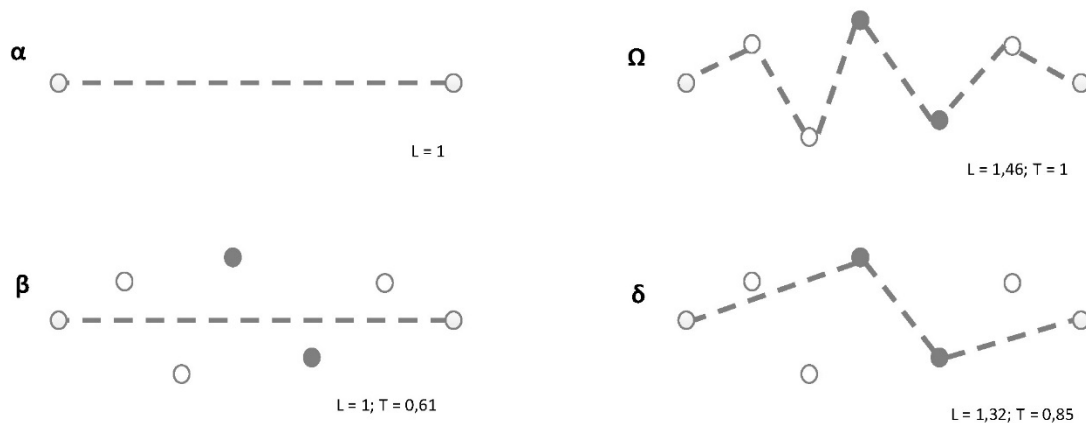


Figura 12: Problema de rutes entre dos punts. Font original: Hagget (1995)

Analitzant la realitat, però, s’observa que aquestes relacions ideals no tendeixen a produir-se, doncs acostumen a incorporar desviacions. En aquest sentit, Wellington planteja el concepte de desviacions positives, i que consisteixen en allargar la ruta per absorbir una càrrega major. Al mateix temps, Lösch considera l’existència de desviacions negatives que tenen per finalitat evitar barreres o zones amb un cost elevat.

El mateix problema de connexió ideal però aplicat aquesta vegada a la formació de rutes és desenvolupat per Bunge (figura 13), qui considera el problema de construir una ruta que uneixi cinc nodes. Les solucions possibles van des de la connexió de tots els nodes de forma alineada (A), el tancament d’un circuit (B), la connexió d’un node amb tota la resta (C), la connexió de tots els nodes (D), la optimització de la longitud total de línia (E), fins a la solució òptima (F).

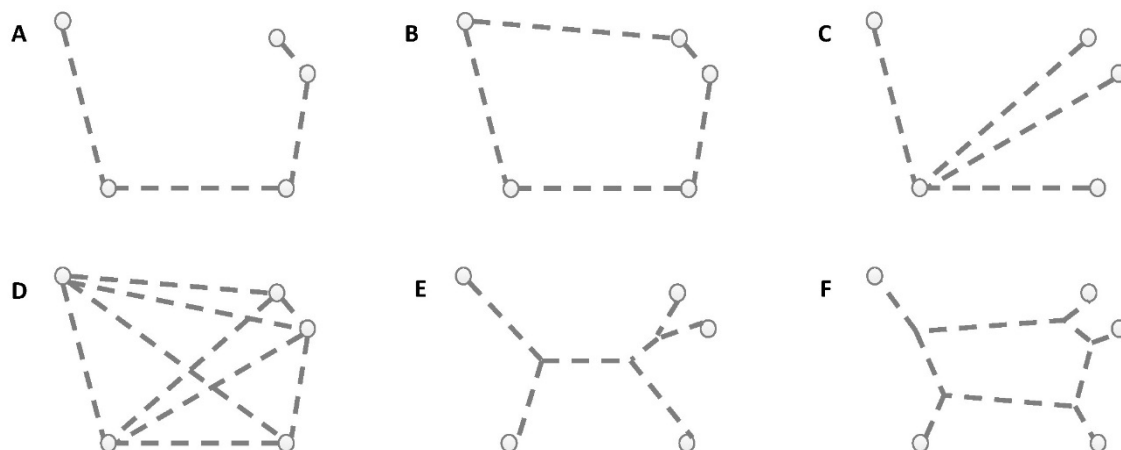


Figura 13: Diferents alternatives al problema de formació de xarxes. Font original: Bunge (1962)

Sobre aquesta base, Hägerstrand posa de manifest el procés de difusió, caracteritzat per un estat inicial amb marcat contrast territorial, entre nodes centrals i perifèrics, seguit d’un ràpid creixement dels nodes extrems i una reducció dels contrastos regionals. Aquest mateix concepte és el que Magrinyà

associaria al caràcter adaptador de les xarxes, i que donaria peu als mètodes de simulació dinàmica, com els de Monte Carlo (Herce 2002:46), origen de gran varietat d'estudis sobre teoria de xarxes.

La quarta característica bàsica de les xarxes és l'articulació entre xarxa i territori. Per entendre aquesta part convé reprendre la consideració del territori com a sistema, i la lectura de les xarxes com a subsistema en relació a altres elements territorials com la població, les institucions, etc. En aquest sentit, convé també tenir presents els diferents nivells de xarxa citats per Magrinyà de Offner (1993b): morfologia, infraestructura, funcionalitat, mode de regulació i territorialitat. Els dos primers nivells serien aquells vinculats directament al traçat de la infraestructura pel territori i a la infraestructura auxiliar necessària. El tercer constituïria el nombre de serveis disponibles. El quart focalitzaria en l'ens encarregat de la regulació del funcionament del sistema. I finalment, la territorialitat, que estaria vinculada a la topologia dels punts entreligats per la xarxa, és a dir la cobertura que projectaria sobre el territori en termes d'utilitat.

Per últim, la darrera característica contempla l'organització del territori segons les xarxes i els seus operadors. Dupuy (1991) va desenvolupar aquest concepte considerant que cada sistema està caracteritzat per una diversitat de punts que mantenen relacions temporals i espacials. L'encarregat de materialitzar les relacions s'anomena operador, de forma que cada relació acaba sent fruit d'una voluntat particular (projecte transaccional) que pot ser realitzada (real) o desitjada (virtual):

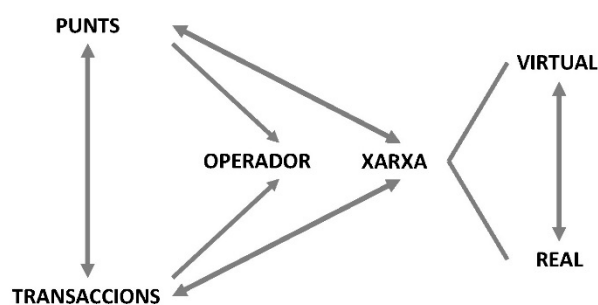


Figura 11: Procés evolutiu de formació d'una xarxa. Font original: Dupuy (1991)

3.3.2 Eines de càlcul i principals indicadors per modelitzar xarxes de transport

Els Sistemes d'Informació Geogràfica són un clar exemple de software especialitzat en el tractament de xarxes de transport que admeten la introducció d'atributs sobre els elements representats. La llista de software especialitzat en aquest sentit és abundant i adaptable segons l'enfocament de cada anàlisi a considerar (AIMSUN o VISSIM per a microsimulacions, TRANSCAD o VISUM per a macrosimulacions, EMME per a transport públic, etc.). Però en tots els casos, la comprensió de la teoria de xarxes resulta fonamental per entendre els conceptes bàsics associats.

La disponibilitat de dades adequades per treballar amb aquest programari seria el primer requeriment per al càlcul espacial d'indicadors. Sense dades no hi ha càlculs, però alhora la qualitat de les mateixes serà determinant per obtenir resultats precisos de les modelitzacions implementades. A tal efecte s'ha centrat bona part dels esforços dels darrers anys.

En aquesta línia, Martí-Henneberg va desenvolupar el projecte HGISE, la finalitat del qual radicava en la creació de diferents bases de dades històriques i evolutives a nivell Europeu. Entre aquestes, és d'especial importància la d'infraestructures de transport, posant però especial èmfasis en la xarxa ferroviària (Morillas 2012). Aquesta base ha donat peu a diferents treballs posteriors per part dels membres del grup d'investigació (Stanev 2011, Mójica 2012, Martí-Henneberg 2013, Morillas 2014b,

etc.) i ha constituït també un bon punt de partida del present treball. Paral·lelament, es disposa també de dades sobre altres infraestructures de transport, com canals o carreteres; però també d'altres variables com el territori, la població o la urbanització (Martí-Henneberg 2005).

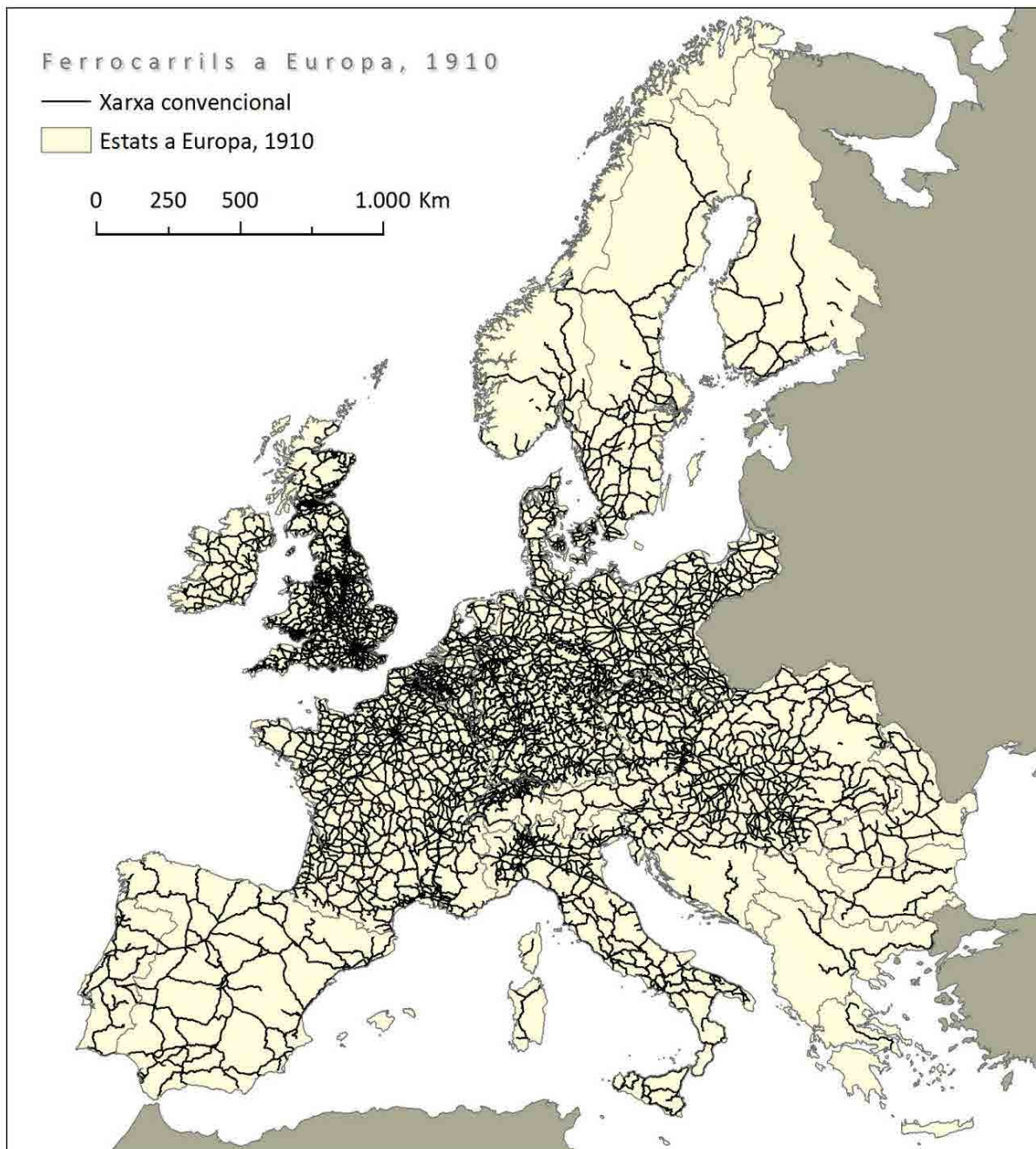


Figura 14. Xarxa ferroviària europea d'ample convencional l'any 1910. Font original: Morillas (2014: 247)

En qualsevol cas, el realment interessant per aquest apartat és la forma com s'acaben tractant aquestes dades i les possibilitats de quantificació dels seus efectes. Certs autors, com Monzón (1988) o Herce i Magrinyà (2002), plantegen una classificació dels principals **indicadors per a xarxes de transport**, des l'òptica de l'oferta de la xarxa en sí mateixa.

En primer lloc, atenent al grau de connexió entre els diferents elements del sistema es pot determinar la **connexitat** d'una xarxa. Es considera que una xarxa és connexa quan tots els nodes que la conformen estan connectats a través dels seus arcs. De la mateixa manera, una xarxa serà fortament connexa quan les relacions entre nodes tendeixen a ser directes i poc connexa quan les relacions tendeixen a ser indirectes.

Siguin la xarxa R i el sistema S definits anteriorment.

Es considera R **connexa** si:

$$\forall (i,j) \text{ on } i \neq j: \\ r_{ij} = 1 \text{ o } \exists k, l, m, \dots, s (\neq i, j) \text{ tals que } r_{ik} \times r_{kl} \times r_{lm} \times \dots \times r_{sj} = 1$$

En segon lloc, es considera els **indicadors de cobertura**, que mesuren el grau de connexió que una xarxa dona al territori on està circumscrita. En aquest sentit, es pot optar per diferents mesures tals com la simple longitud de xarxa (km), la densitat de xarxa per unitat de superfície (km/km²), la dotació infraestructural per habitant (km/1000 h.) o la dotació infraestructural segons PIB (km/10⁶ €).

De forma bidimensional i adaptada a les infraestructures de transport ferroviari, Subero (2009:87) parteix de la formulació de Wootton (1967) per proposar un indicador de cobertura que permeti mesurar la cobertura per al conjunt d'un territori, en el seu cas: una àrea metropolitana.

$$I_{c(i)} = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\sqrt{f_{ij}}}{\sqrt{A_i}} \right) \rightarrow I_c = \frac{\sum_{i=1}^n I_{c(i)} \times A_i}{S}$$

On:

f_{ij} és la freqüència de pas dels serveis de transport entre dues parades

A_i és l'àrea de cobertura de cada estació

S és la superfície de l'àrea metropolitana en estudi

n és el nombre de parades contemplades a l'estudi

Tanmateix, es defineixen els **indicadors de connectivitat** per avaluar la multiplicitat de relacions assegurades per la xarxa en el sistema, tant siguin directes com alternatives.

Kansky (1963) proposa l'índex β per determinar si una xarxa té una estructura arbòria (valors baixos) o, per contra, mostra un nivell important de complexitat (valors alts):

$$\beta = \frac{e}{v}$$

On:

e és el nombre d'arestes de connexió

v és el nombre de vèrtex connectats

Paral·lelament, es treballa també l'anomenat indicador ciclomàtic (μ), que informa sobre el nombre màxim de circuits de connectivitat possible:

$$\mu = e - v + p$$

On:

p és el nombre de subgrafs existents sense connexió entre si

Altres indicadors que s'utilitzen per mesurar la connectivitat conferida per les xarxes de transport són els índexs alfa (α) i gamma (γ). El primer dona una idea de les possibles relacions alternatives ofertes per la xarxa, mentre que el segon mesura les possibles relacions directes entre els elements. D'aquesta manera es pot arribar a discernir entre xarxes de tipus arbòries, mallades o delta.

Índex alfa:

$$\alpha = \frac{e - v + p}{\frac{v(v-1)}{2} - (v-1)}$$

Índex gamma:

$$\gamma = \frac{e}{v(v-1)/2}$$

Un altre grup d'indicadors amb important grau d'implantació són els encarregats de mesurar la **homogeneïtat i isotropia** de la xarxa. La homogeneïtat indica si els diferents nodes del sistema depenen els uns dels altres a través de la xarxa i si aquesta relació està lligada a les característiques particulars de connexió, afectant a la correlació espacio-temporal prèvia. La isotopia, en canvi, considera la equivalència entre les relacions de la xarxa independentment de la direcció en que s'analitzi.

En aquest sentit, un dels indicadors més emprats en la bibliografia tècnica és l'índex de rodeig. Considerant la relació entre la distància recorreguda a través de la xarxa i la distància a vol d'ocell entre dos nodes, s'obté una mesura de la volta que ha de fer un vehicle en relació a la connexió ideal en línia recta:

$$I_r = \frac{\sum_{i=1, \dots, m} \sum_{j=1, \dots, n} d_{ij}}{\sum_{i=1, \dots, m} \sum_{j=1, \dots, n} D_{ij}}, \text{ on } i \neq j$$

On:

d_{ij} és la distància entre dos nodes a través de la xarxa

D_{ij} és la distància entre aquests nodes en línia recta

Un altre indicador extensament emprat és la **centralitat geogràfica**, que calcula per cada node la distància mitjana cap a la resta de nodes de la xarxa. S'expressa així la existència d'un centre segons la xarxa que pot coincidir o no amb el centre geogràfic del territori.

Emprant la variable temps de trajecte en comptes de longitud d'arc, l'indicador anterior passa a anomenar-se índex d'**accessibilitat**. Aquest nou indicador és actualment un dels més emprats dintre dels estudis de modelització de xarxes (Gutiérrez 1998, Koopmans 2012, etc.), i es defineix de la forma següent (Subero 2009:84):

$$I_{A_{ij}} = \frac{\sum_{i=1, \dots, m} \sum_{j=1, \dots, n} [t_{a_i} + (t_e + t_v + (\sum_{k=1}^s \{t_t + t_e + t_v\})_k)_{ij} + t_{d_j}]}{N} \rightarrow I_A = \frac{\sum_{i=1, \dots, m} [I_{A_{ij}} \times A_i]}{\sum_{i=1}^m A_i}$$

On:

t_a és el temps d'accés des d'un node del territori fins a la xarxa

te és el temps d'espera fins que arriba el mode de transport
 tv és el temps de viatge en aquest mode
 tt és el temps de transbordament entre dos modes de transport del mateix viatge
 k indica el nombre de modes de transport necessaris a emprar en el viatge
 n × m indica el nombre de nodes que conformen el sistema
 N és el nombre total de parades a considerar
 A és l'àrea de cobertura de cada estació

Per últim, existeix també un important grup d'indicadors associats al concepte de **fractalitat** de la xarxa. Matemàticament, els objectes fractals s'estructuren per tal d'incrementar iterativament la longitud de xarxa de forma indefinida en una mateixa regió física de l'espai. En aquest sentit, autors com Mandelbrot (1975), Dupuy (1991 i 2013) o Genre-Grandpierre (1999) han treballat extensament els possibles indicadors associats, que Subero (2009: 90) acaba resumint en:

$$I_F = \frac{\log(N)}{\log(O)}$$

On:

N és el nombre total de parades en un sector concret

O és l'àrea ocupada pel sector on es quantifiquen les estacions

Aquest mateix indicador s'ha utilitzat comunament també atenent a la longitud de xarxa delimitada al sector d'estudi (O), obtenint valors comparables.

Resumits els principals indicadors d'oferta emanats de la teoria de grafs i aplicables a la xarxa ferroviària seria moment d'introduir els **indicadors de demanda**. Aquests indicadors posen l'èmfasi en la quantitat de passatgers i mercaderies que transporta la xarxa per unitat de temps o unitat de longitud de línia. Aquesta nova caracterització permet arribar a implementar càlculs per entendre la relació entre oferta de serveis i demanda potencial de transport a cada territori, discernint entre aquells que tenen una oferta infraestructural adequada a les seves necessitats i els que es troben infra o sobredimensionats.

Fins i tot certs autors s'aventuren a emprar aquests indicadors per intentar pronosticar la càrrega futura d'una xarxa que es preveu construir, tot i que no son pocs els treballs que alerten dels riscos que això comporta per la inexistència de variables de control (Herce 2009, 2013a y 2013b; Subero 2009; Albalade 2011).

Aquests indicadors, però, no han estat considerats al llarg del present treball. El principal motiu és que, al haver focalitzat en un àmbit temporal històric, la disponibilitat d'aquest tipus de dades és molt escassa. I normalment només es pot accedir a dades agregades a escala regional o nacional, sense possibilitat d'utilitzar-les línia per línia. D'aquesta forma, queda oberta aquesta línia d'investigació per a posteriors treballs, condicionats això sí, a la digitalització de noves fonts i l'aplicació d'instruments d'anàlisis complementaris als aquí mostrats.

3.3.3 Aplicacions per quantificar els efectes del ferrocarril en el desenvolupament regional

La correlació entre ferrocarril i ciutat tendeix a ser analitzada emprant un indicador que permeti mesurar l'aportació del primer sobre el segon. És a dir, considera el ferrocarril com a variable independent i, per tant, explicativa del desenvolupament de la ciutat o del territori associat.

En aquest sentit, convé en primer lloc determinar quin és l'indicador de mesura emprat per a caracteritzar la xarxa ferroviària d'un territori. Els indicadors d'anàlisi de xarxes de l'apartat anterior en són un clar exemple, no obstant estan majoritàriament vinculats a la disponibilitat de grans bases de dades en format cartogràfic georeferenciat. Per tant, bona part de la bibliografia existent en aquest sentit tendeix a ser força recent. A més a més, cal tenir en consideració que no tots els territoris admeten aquest tipus d'anàlisi, doncs les dades disponibles per portar-los a terme poden no haver-se conservat.

En segon lloc, convé tenir en consideració la exactitud i el nivell de detall de les dades disponibles. Disposar de dades agregades de longitud de línia no és el mateix que tenir les línies sobre mapa. D'igual forma, tampoc és el mateix treballar amb una precisió temporal mil·limètrica que fer-ho amb captures puntuals de les xarxes. Lògicament, a major nivell de precisió millors resultats es poden aconseguir. No obstant cal aconseguir un equilibri entre dades disponibles, temps invertit en obtenir-les, mitjans necessaris per portar a terme la modelització, i evidentment la tipologia d'indicador a aplicar.

Des del punt de vista de la relació entre **ferrocarril i població**, els treballs més significatius es resumeixen en la taula 03, diferenciant entre metodologia i resultats obtinguts:

Taula 03. Compilació de les darrers estudis que tracten la relació ferrocarril – població de forma quantitativa.
Font: Pròpia.

Publicació	Metodologia	Conclusions
Franch (2014)	Espanya, 1900-2001. 1. Comparativa entre: cobertura ferroviària (5km des de les línies) i distribució de població (taxa de creixement acumulativa cada dècada). 2. Anàlisi comparatiu entre tres línies específiques.	1. Els municipis sense cobertura tenien una major proporció de casos amb taxes de decreixement poblacional (més casos amb percentil <10 que >90). Els municipis connectats, en canvi, tendien majoritàriament a guanyar població (més casos amb percentil >90 que <10). 2. Es detecten diferències significatives en funció de la geografia local.
Franch (2013)	Espanya, 1900-1970. Comparativa entre: cobertura ferroviària, distància a la costa i distribució de població (Taxa de creixement acumulativa cada dècada). Indicadors Global Moran's I i Local Moran's per cercar autocorrelacions i clústers espacials dintre de cada variable. Anàlisi mitjançant Regressió Geogràfica Ponderada per l'anàlisi multivariable.	Efectes negatius sobre el creixement de població en territoris molt allunyats del ferrocarril. I efectes positius en determinats corredors. Efecte similar respecte la costa, tot i que molt menys pronunciats. Important component geogràfic regional en els resultats.
Barquín (2013)	Espanya, 1860-1910. Model de diferències en dades de panel amb variables quantitatives (població) i	Les localitats connectades al ferrocarril haurien tingut un creixement un 60% superior a les no connectades, el que

Publicació	Metodologia	Conclusions
	qualitatives (costa, mineria, indústria, capitalitat i connexió al ferrocarril).	representa un increment en la taxa anual de creixement del 0,185%.
Felis-Rota (2012)	England & Wales, 1851-2000. Contrast de la evolució de població amb l'evolució de la infraestructura ferroviària de forma agregada.	La comparativa no permet entendre la distribució de població com a conseqüència de la implantació del ferrocarril, però sí que mostra una relació directa entre creixement de població i implantació ferroviària. Les diferències entre assentaments urbans i rurals són grans i relacionades amb l'obertura de noves estacions.
Koopmans (2012)	Països Baixos, 1840-1930. Anàlisi economètric entre densitat poblacional, centralitat, accessibilitat relativa i cobertura ferroviària municipal per intentar predir el creixement de població a nivell municipal.	Es demostra una correlació directa i significant entre accessibilitat relativa i creixement de població a partir de 1880. En tot cas, sembla que l'impacte seria reduït en comparació a altres variables explicatives com la urbanització o els efectes d'aglomeració.
Kotavaara (2011a)	Finlàndia, 1970-2007. Contrast mitjançant un model d'addició generalitzada (GAMs) entre accessibilitat (carreteres i ferrocarril) i canvis en la població.	Es denota una forta concentració poblacional en aquelles regions amb bons índexs d'accessibilitat per carretera. L'accessibilitat ferroviària, en aquest cas, només seria explicativa durant els períodes 1970-80 i 2000-2007.
Kotavaara (2011b)	Finlàndia, 1880-1970. Contrast mitjançant un model d'addició generalitzada (GAMs) entre accessibilitat ferroviària i canvis en la població; entre accessibilitat multimodal i canvis en la població; i entre densitat de població i canvis en la població.	Tenir accés al ferrocarril és factor explicatiu de l'increment de població dels municipis. Bons nivells d'accessibilitat multimodal estan fortament correlacionats amb increments de població a nivell municipal. Alts nivells de densitat urbana, com a indicador d'accessibilitat local, només mostrarien bones correlacions en alguns períodes amb els canvis poblacionals.
Schwartz (2011)	Wales, 1850-1900. Comparativa del creixement mitjà de població de les parishes en relació a la distància a l'estació més propera.	Al 1850 es denota poca correlació. No obstant, durant el període 1860-1880 es detecten creixements de població per sobre de la mitjana als parishes situats a menys de 2 km d'una estació. Aquesta distància, però, va augmentant amb el temps arribant als 10 km l'any 1880.
Gregory (2010)	England and Wales, 1825-1911. Comparativa del creixement de població de les parishes en relació als canvis en la cobertura ferroviària. Correlació de Spearman per avaluar si guanyar cobertura afecta al creixement de població.	Les parishes sense cobertura van créixer més lentament que aquelles que van obrir una estació. I aquest efecte es va accentuar en el temps. Les parishes amb una estació creixien més ràpid que aquelles que obrien la primera estació. L'impacte va ser major en les zones rurals i en les ciutats petites que en les grans.

D'igual forma, són nombrosos els treballs que intenten correlacionar ferrocarril i desenvolupament econòmic. Emprant diferents instruments i acotats en territoris i períodes diferents, la taula 04 en mostra alguns exemples notoris:

Taula 04. Compilació dels darrers estudis que tracten la relació ferrocarril – desenvolupament de forma quantitativa. Font: Pròpia.

Publicació	Metodologia	Conclusions
Herranz (2014, 2011, 2009))	Argentina, Brasil, Mèxic i Uruguay, 1860-1914. Comparativa entre ferrocarril i creixement de PIB, emprant l'expressió de Solow desenvolupada segons la desagregació de Oliner i Sichel (2012).	La contribució dels ferrocarrils al creixement d'Argentina, Mèxic i Brasil és molt elevada. S'estima que entre 0,3 i 0,7 punts percentuals de creixement anual de PIB. Uruguay, en canvi, mostraria uns resultats molt més moderats.
Felis-Rota (2014)	Europa, 1850-1920. S'analitza l'efecte del ferrocarril en el creixement econòmic dels països europeus depenent de la seva ubicació geogràfica. S'utilitza una regressió OLS multivariable.	S'observa que el PIB nacional està correlacionat directament amb la densitat ferroviària. Els països centrals van integrar-se molt més ràpidament que els perifèrics. Inicialment, estar a prop de Londres era determinant, però París i Brussel·les van guanyant força amb el temps. Això podria ser degut a la integració ferroviària propiciada pels ferrocarrils.
Berger (2013)	Suècia, 1855-1970. Model econòmic sobre una variable que quantifica les diferències en les diferències de població entre ciutats connectades i no connectades per ferrocarril.	S'estima que els ferrocarrils van condicionar fins a un 50% del creixement econòmic urbà. I fins i tot, a data d'avui les ciutats que van ser connectades en les primeres etapes ferroviàries són un 62% majors i tenen rangs de jerarquia majors.
Caruana-Galizia (2013)	Europa, 1870-1910. Anàlisi econòmic entre longitud de xarxa ferroviària i Producte Interior Brut, controlant amb regions de característiques fixes.	Es detecta un creixement del 1,02% del PIB en incrementar un 10% la longitud ferroviària. I un decreixement del 0,27% en incrementar la xarxa dels països veïns en un 10%.
Hornung (2012)	Prússia. 1840-1871. Anàlisi econòmic emprant una regressió de creixement interregional estàndard per OLS. Ús de variables instrumentals per evitar la ommissió de variables.	Efectes positius (curt i llarg termini) sobre el creixement urbà al tenir estació. Efecte causal entre accés al ferrocarril i creixement urbà. Evidències que el ferrocarril no van aparèixer com a conseqüència del creixement econòmic previ de les ciutats.
Atack (2011)	Estats Units, 1850-1860. Contrast entre cobertura territorial ferroviària i terrenys agrícoles cultivables (estimats mitjançant diferències en diferències i IV coeficients).	S'estima que més d'una quarta part de la superfície natural convertida a productiva estaria directament vinculada a l'arribada del ferrocarril al centre-oest del país. També s'aprecien increments de valor del sòl en aquestes zones.
Atack (2010)	Estats Units, 1850-1860. Contrast entre cobertura territorial ferroviària i creixement econòmic en termes de població i urbanització (estimats amb un model de dades de panel i mitjançant diferències en diferències i IV coeficients).	L'efecte del ferrocarril sobre la densitat de població no va ser significatiu. L'efecte del ferrocarril sobre la urbanització va ser important. S'estima en la meitat del total de creixement al centre-oest.
Atack (2008)	Estats Units, 1850-1870. Contrast entre cobertura territorial ferroviària i increment en la mida de les fàbriques (estimats mitjançant diferències en diferències i IV coeficients).	S'estimen correlacions positives (amb coeficients de diferent magnitud), algunes significatives entre ambdues variables.

Publicació	Metodologia	Conclusions
Barquín (1997)	Espanya, 1800-1900. Compara mitjançant una funció creuada de coeficients (FCC) de preus de blat, el fenomen d'integració de mercats atribuïble al ferrocarril.	El ferrocarril no va tenir una influència significativa en la integració del mercat espanyol de blat. Indica que el transport per carretera era prou eficient, i que la introducció del FC només va servir perquè Barcelona i Madrid incrementessin els seus mercats respectius.

El nombre de treballs centrats en la correlació entre ferrocarril i desenvolupament, tot i que llegit des de diferents perspectives, és abundant. Això fa palesa la importància que està prenent aquest enfocament en diferents disciplines tècniques. En qualsevol cas, el que sembla especialment interessant és que bona part dels treballs arriben a conclusions positives en quan a l'efecte que ha tingut el ferrocarril en relació al desenvolupament urbà o territorial.

No es pot perdre de vista, però, que tot i que es detectin certes correlacions positives, la generalització del supòsit continua sent complexa. És a dir, tot i detectar-se casos en que el ferrocarril ha contribuït de forma positiva al desenvolupament demogràfic o econòmic, segueix sent qüestionable la relació causa-efecte entre ferrocarril i creixement. I més encara, la relació entre infraestructures de transport i desenvolupament regional com a premissa general i generalitzable.

En aquesta mateixa línia es pronuncià Offner (1993a) amb un article en el que denunciava el mite polític dels efectes estructurants del transport i la dificultat que havia existit fins al moment per trobar aquest tipus de correlacions en casos reals. L'autor francès es sustentava en l'aplicació de models tècnics deficientes, amb excessives simplificacions de l'entorn i una manca important de rigor tècnic, per tal de justificar decisions polítiques premeditades i avaluades ex-ante amb la finalitat de portar a terme noves infraestructures de transport. D'aquesta forma, defensava la idea que les infraestructures son només una variable més a l'hora d'implementar polítiques territorials i urbanes, però que la seva construcció en si mateixa no era causa suficient per produir efectes transformadors immediats.

Caldrà doncs esperar per veure si el perfeccionament del coneixement, els instruments tècnics i les noves bases de dades disponibles reafirmen la visió del desenvolupament lligat a les infraestructures, o si per contra es continua obtenint resultats qüestionables.

En qualsevol cas, sembla evident que la premissa que indica que les infraestructures sempre tenen efectes estructurants sobre el territori i el seu desenvolupament és, com a mínim, qüestionable.

4. HIPÒTESIS DE LA INVESTIGACIÓ

En una tesi plantejada com a compendi de publicacions resulta complicat establir una hipòtesis a priori sobre la que desenvolupar la totalitat del treball posterior. El propi transcurs del període de recerca del programa de doctorat fa que pugui variar lleugerament l'enfocament de la temàtica, així com les possibles acotacions preestablertes en termes temporals o territorials. L'experiència adquirida és per tant un grau que pot condicionar de forma iterativa el plantejament dels posteriors treballs a realitzar.

A tal efecte, el present treball ha partit d'una tesi generalista i s'ha anat plantejant hipòtesis a mesura que s'anava desenvolupant els diferents capítols o articles que conformen la tesi. Cal tenir en consideració, però, que alguns dels treballs poden partir d'hipòtesis coincidents.

I de la mateixa manera, alguns dels treballs no estan encaminats a la demostració d'una teoria sinó que constitueixen aportacions de caire més acadèmic per facilitar la divulgació del coneixement adquirit.

La **tesi** general plantejada en el marc del doctorat és la següent:

H0. Les infraestructures ferroviàries han exercit un paper determinant en el desenvolupament territorial del sistema de ciutats i les seves interrelacions.

I les **hipòtesis** sobre les que s'han sustentat els diferents treballs vinculats al compendi s'enumeren a continuació. Lògicament, s'observa que el nombre d'hipòtesis és inferior al nombre de capítols que conformen la tesi. Això es deu al plantejament de diferents aproximacions a la mateixa hipòtesis, i que permeten assolir resultats complementaris.

H1. Existeix una clara correlació entre infraestructura ferroviària i desenvolupament territorial.

H1a. Els territoris que disposen de ferrocarril s'han desenvolupat més que els territoris sense cobertura.

H1b. El ferrocarril ha permès la integració dels mercats, a diferent escala.

H2. El sistema de promoció de la xarxa ferroviària ha influït en el nivell de desenvolupament posterior dels territoris servits.

H2a. Les línies ferroviàries han estat projectades segons uns objectius específics, que no sempre coincidien amb els interessos del transport o del territori.

H2b. L'estructura de la propietat de la xarxa i el sistema de gestió escollit han condicionat la relació entre ferrocarril i ciutat.

H3. La infraestructura ferroviària ha tingut un fort impacte en les relacions urbanes i en el desenvolupament de les ciutats.

H3a. Existeixen patrons d'evolució urbana en relació a la infraestructura ferroviària.

H3b. El ferrocarril ha estat un actor clau en el procés de conformació metropolitana.

Els **objectius de la investigació** es centren en plantejar una aproximació a la problemàtica capaç de demostrar la complexitat de la tesi plantejada, al mateix temps que facilitar la comprensió d'alguns aspectes específics no desenvolupats fins al moment. És a dir, partint de l'abundant bibliografia existent sobre la relació entre infraestructura ferroviària i ciutat, no es pretén arribar a una correlació directa entre variables sinó plantejar un sistema de relacions que faciliti una visió de conjunt i que complementi el marc conceptual actual.

L'objectiu principal és, doncs, deixar palesa la importància que ha tingut el ferrocarril sobre les ciutats i els territoris que les conformen. Aquesta importància pot ser considerada de forma global, fins i tot entenent que algunes de les conseqüències del ferrocarril sobre la ciutat han estat positives i d'altres negatives. Però en qualsevol cas, i atenent al paper de les infraestructures com a instrument de suport al desenvolupament territorial, és obvi que el ferrocarril ha estat una peça clau en la conformació del sistema de ciutats que coneixem. Entendre aquesta vinculació és cabdal per poder després analitzar casos específics i ben acotats.

Així doncs, son objectius específics els que centraran el desenvolupament dels models o casos d'estudi aquí plantejats. Avui en dia, la quantificació dels efectes del ferrocarril de forma macroscòpica han estat treballats i no han donat els resultats esperats. No obstant, l'evolució de les bases de dades i els sistemes de càlcul pot ajudar a revertir aquesta dinàmica. D'igual forma, la quantificació de correlacions específiques emprant instruments microscòpics de modelització està en continua evolució. Així, sembla obvi que l'aplicació d'aquestes tècniques sobre dades històriques és una simple qüestió de temps. I els resultats poden ser prou potents per justificar-ho.

Per últim, es contempla també la necessitat de resumir i contextualitzar les lliçons apreses de l'estudi històric de les relacions entre ferrocarril i ciutat per tal de poder aplicar-les al context actual. Només entenen de forma adequada les dinàmiques i interaccions hagudes es podrà projectar de forma adequada les futures infraestructures de transport per tal de minimitzar els impactes i maximitzar els efectes beneficiosos sobre les nostres ciutats.

5. COMPENDI DE PUBLICACIONS

La present tesi doctoral es planteja com un compendi de vuit publicacions: cinc articles publicats en revista científica, dos en congressos internacionals especialitzats i un capítol de llibre de caràcter més divulgatiu.

La diversitat en la tipologia de les publicacions respon a una voluntat per part de l'autor d'intentar anar una mica més enllà de la pròpia contribució científica que caracteritzen les revistes. S'ha considerat important, també, participar en sessions tècniques amb experts per tal de poder presentar els treballs, rebre suggeriments de millora i establir futurs vincles de recerca amb altres investigadors. Així mateix, el capítol de llibre té com a finalitat exposar de forma més divulgativa el conjunt de metodologies desenvolupades al llarg de la tesi i que poden ser emprades per altres autors en futurs treballs.

Centrant l'atenció en les publicacions científiques, la taula 05 es planteja com un resum dels diferents treballs presentats amb els corresponents factors d'impacte calculats recentment⁸. L'exposició d'aquests índexs pretén demostrar la importància de les revistes a nivell regional, nacional o internacional; justificant així que els treballs portats a terme són d'interès dintre de la disciplina.

Donada la gran divergència de criteri a l'hora d'avaluar les revistes científiques, s'ha optat per mostrar tres índexs diferents: dos internacionals i un regional. Els índexs internacionals són els que justifiquen la importància de les revistes, mentre que el regional és el que s'empra habitualment per avaluar la feina dels investigadors a Catalunya, així com per accedir a futures acreditacions.

A continuació es detalla un breu extracte dels tres índexs emprats:

La columna *Journal Citation Report* (JCR) conté l'índex relatiu de la *Web of Knowledge* de Tomson Reuters. Actualment és l'indicador amb més prestigi en el món acadèmic internacional. Disposa de dues edicions anuals, la de ciències i la de ciències socials. En el cas dels articles aquí presentats ens referim a la segona: ciències socials, donat que l'urbanisme i l'ordenació territorial hi estan categoritzats com a tals.

La columna *SCImago Journal Rank* (SJR) conté l'índex relatiu als articles continguts en la base *Scopus* (Elsevier). Aquest indicador està molt estès en el món acadèmic iberoamericà, i concretament en la temàtica aquí desenvolupada.

Carhus+ és el sistema de classificació de revistes científiques de Ciències Socials i Humanitats desenvolupat per l'AGAUR a proposta de la Generalitat de Catalunya. S'atorga a les revistes rellevants un valor entre A i D, amb importància decreixent. Aquest indicador és vàlid a efectes d'avaluar la recerca duta a terme en el sistema científic i universitari català, així com per poder optar a les acreditacions corresponents.

⁸ Índexs consultats el 21 de juny de 2015.

Taula 05. Publicacions realitzades per l'autor i que formen part del present compendi.

	Articles	JCR (2014)	SJR (2014)	CARHUS+ (2014)
1	Alvarez, E., Franch, X. & Martí, J. (2013): "Evolution of the Territorial Coverage of the Railway Network and its Influence on Population Growth: The Case of England and Wales, 1871–1931". <i>Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History</i> , 46:3, pp.175-191.	Q1 0,724	Q1 0,512	A
2	Alvarez, E. y Aguilar, A. (2015): "Cálculo de la accesibilidad territorial ferroviaria mediante instrumentos de análisis de redes. Aplicación en Inglaterra y Gales, 1871–1931". <i>GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica</i> , 15, pp. 75-104.	-	-	C
3	Alvarez, E., Hernández, M. y Tort, A. (esperado 2016): "Modelo morfológico de crecimiento urbano inducido por la infraestructura ferroviaria. Estudio de caso en 25 ciudades catalanas". <i>Scripta Nova</i> . Aceptado. 36p.	Q4 0,195	Q4 0,103	C
4	Stanev, K., Alvarez, E. & Martí, J. (forth. 2015): "Integration or Balkanization? The evolution of the railway network in South Eastern Europe: 1850-2000". <i>European Review of Economic History</i> . Submitted. 26p.	Q1 0,957	Q1 1,343	A
5	Alvarez, E. y Hernández, M. (2012): "Dos modelos, dos resultados para un mismo propósito: la colonización patagónica mediante infraestructuras ferroviarias públicas o en colaboración público - privada". <i>Revista Internacional de Economía y Gestión de las Organizaciones</i> , 1:2, pp. 35-53.	-	-	-
	Ponències en congressos i seminaris			
6	Alvarez, E., Gangoellés, B. e Hernández, M. (2015): "A difícil inserção territorial das linhas elétricas de alta tensão: ferrovias, eletricidade e sistema de cidades no corredor fluvial do Noguera Pallaresa (Lleida)". Em <i>Atas do II Simpósio Internacional: Eletrificação e Modernização Social. A expansão da energia elétrica para a periferia do capitalismo</i> . USP, São Paulo. 23p.			
7	Alvarez, E. (2012): "La colonización del Alto Valle del Río Negro y Neuquén en Argentina: ferrocarril, obras hidráulicas y electricidad para consolidar el poblamiento". En <i>Actas del Simposio Internacional: Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930</i> . Brazilian Traction, Barcelona Traction y otros conglomerados financieros y técnicos, UB, Barcelona. 20p.			
	Capítols de llibre			
8	Alvarez, E. i Martí-Henneberg, J. (esperat 2016): <i>Ferrocarril i distribució de població: Dades SIGH i indicadors per a l'anàlisi espacial</i> . A Gregory, I., DeBeats, D. & Lafreniere, D.: <i>Routledge Handbook of Spatial History</i> . Taylor & Francis. Enviat (1a revisió). Versió en català. 21p.			

Article 1: Evolution of the Territorial Coverage of the Railway Network and its Influence on Population Growth: The Case of England and Wales, 1871–1931. (pp. 175-191)

ATENCIÓ ¡

Les pàgines 68 a 86 de la tesi contenen l'article, que es pot consultar a la web de l'editor

ATENCIÓN ¡

Las páginas 68 a 86 de la tesis el contienen el artículo, que puede consultarse en el web del editor

ATTENTION ¡

Pages 68 to 86 of the thesis are available at the editor's web

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01615440.2013.804788>

Article 2: Cálculo de la accesibilidad territorial ferroviaria mediante instrumentos de análisis de redes. Aplicación en Inglaterra y Gales, 1871–1931. (pp. 75-104)

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

ACCESIBILIDAD TERRITORIAL FERROVIARIA Y DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN: INGLATERRA Y GALES, 1871-1931

EDUARD JOSEP ALVAREZ-PALAU^a y ALFONSO AGUILAR HERNÁNDEZ^b

^aUniversitat Politècnica de Catalunya y Universitat Oberta de Catalunya
Departamento de Infraestructuras de Transporte y Territorio
C/ Jordi Girona, 31, edificio B1, 08034 Barcelona, España.

ealvarezp@uoc.edu

^bah.medioambiente@gmail.com

RESUMEN

La irrupción del ferrocarril como sistema de transporte motorizado incentivó el desarrollo territorial de los países más industrializados. En el presente artículo se cuantifican los cambios en la accesibilidad territorial ferroviaria, con la finalidad de obtener nuevos instrumentos que permitan entender la evolución demográfica. El ámbito de estudio es Inglaterra y Gales en el período 1871-1931. Para ello, se parte de bases cartográficas exhaustivas digitalizadas en SIG de cada década que incluyen estaciones, líneas férreas y unidades administrativas con datos de los diferentes censos. La modelización se realiza mediante instrumentos de análisis de redes, obteniendo los Índices de Accesibilidad Generalizada y Puntual para cada decenio. Estos resultados son descritos de forma analítica y contrastados estadísticamente con la evolución de población de cada unidad territorial asociada, mostrando así la interrelación entre ferrocarril y territorio.

Palabras clave: accesibilidad, SIG, ferrocarril, territorio, Inglaterra y Gales, población

RAILWAY ACCESSIBILITY AND DISTRIBUTION OF POPULATION: ENGLAND & WALES, 1871-1931.

ABSTRACT

The introduction of the railway network as a motorized transport system encouraged the territorial development of industrialized countries. This article tries to quantify the specified changes in the territorial accessibility and the effects on the population distribution. The study is focused on the territorial area of England and Wales between 1871 and 1931. To carry out this research, we used cartographic bases of each decade in GIS including stations, railway lines and the administrative areas with information about different census. The modelling is based on network

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", GeoFocus, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

analysis tools, obtaining the Index of General and Punctual Accessibility for each decade. These results are described analytically and contrasted with the evolution of the population in each territorial area, showing the effects of the railway network on the territory studied.

Keywords: accessibility, GIS, railway, territory, England and Wales, population.

1. Introducción

Las redes de transporte constituyen un elemento esencial para entender el desarrollo socioeconómico y territorial durante los siglos XIX y XX. La cobertura infraestructural y la accesibilidad conferida por los diferentes modos han permitido reducir los costes de transporte (Herranz, 2005; Barquin, 2009), lo que ha facilitado la radicación del tejido industrial (Atack *et al.*, 2008), así como la movilidad de bienes y personas. Por consiguiente, se ha visto alterado el modelo de urbanización preexistente.

Esta lectura ha sido posible gracias a los estudios de interpretación de la realidad sustentados en evidencias históricas. De hecho, representan el mejor método de contraste para saber si las hipótesis planteadas durante el período de planificación se han cumplido décadas después de su entrada en funcionamiento. Estos trabajos han abarcado disciplinas tan diferentes como la historia económica, la geografía de los transportes, el urbanismo o la sostenibilidad ambiental. Por ello, se ha generalizado dicha creencia y se tiende a usar como argumento de base cuando se plantea la construcción de una nueva infraestructura. Sin necesidad de mayor análisis, se da por supuesto que las infraestructuras de transporte juegan un papel transformador del territorio (Herce, 2013). Sin embargo, la mayoría de los estudios existentes se basan en inducciones sustentadas en evidencias de carácter cualitativo, incluso algunos en aproximaciones cuantitativas a gran escala. Este hecho no invalida los argumentos pero no permite conocer exactamente el alcance de las mejoras inducidas. Evidentemente, tampoco permite extrapolar resultados a futuro para justificar los efectos previstos por las infraestructuras de transporte en los procesos de planificación. En esta línea, la evolución de los modelos de cálculo y la disposición de datos espaciales históricos permiten la reinterpretación de los modelos que se han venido realizando, llegando a resultados cuantitativos a una escala más detallada. De este modo, se puede llegar a valorar si los resultados anteriormente indicados son lo suficientemente significativos como para justificar las inversiones infraestructurales (Bel, 2010).

Es por ello que el presente artículo trata de cuantificar a nivel territorial los efectos causados por una de las principales infraestructuras de transporte: el ferrocarril. Con la aparición del modo férreo se alteran las áreas de mercado, dejando de funcionar radialmente en torno a la ciudad central para establecer una nueva organización del territorio en red. Inicialmente, la red ferroviaria conecta los nodos de mayor demanda: grandes centros urbanos, centros de producción industrial o puertos. En segunda instancia, el mallado territorial de la infraestructura permite mayores niveles de conectividad de la red, pasando a considerarse la conexión a la red como preponderante sobre la distancia entre núcleos. Desde entonces, los sistemas de transporte cambian totalmente la forma de organización de las regiones. Caminos, canales navegables y puertos pasan a tener un papel complementario al ferrocarril durante varias décadas.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", GeoFocus, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

La cuantificación de dichos efectos requiere de la construcción de modelos, que tienden a sustentarse en la teoría de grafos. En este sentido, es importante remarcar los trabajos pioneros (Herce, 1983; Dupuy, 1991) sobre la aplicación de la teoría al análisis territorial de las redes de transporte. Actualmente, con la generalización de los Sistemas de Información Geográfica (en adelante SIG), se facilitan los procesos de asignación de atributos, cálculo y representación de resultados. Entre las utilidades del nuevo programario destacan los instrumentos de análisis de redes, que facilitan la cuantificación de los indicadores de accesibilidad territorial: el Índice de Accesibilidad Generalizada (en adelante IAG) y el Índice de Accesibilidad Puntual (en adelante IAP). Ambos modelos cuantifican los tiempos mínimos de transporte entre los nodos de una red, permitiendo establecer clasificaciones según su centralidad regional o local, respectivamente. El presente artículo propone implementar estos dos indicadores sobre la red férrea de Inglaterra y Gales en el período comprendido entre 1871 y 1931. Posteriormente, se plantea cruzar los resultados con datos poblacionales, obteniendo información sobre los efectos del ferrocarril sobre la demografía. De este modo, se pretende contribuir a la cuantificación de los efectos causados por las infraestructuras de transporte sobre la distribución y el crecimiento de la población.

La estructura del trabajo empieza con un marco teórico, o antecedentes, para ubicar al lector en la temática estudiada. Posteriormente, se ofrece una descripción metodológica que engloba el caso, la acotación espacio-temporal, los datos utilizados, el proceso de cálculo de los indicadores y las simplificaciones necesarias. En tercer lugar, se describen los resultados del modelo y se vinculan a la evolución demográfica. Por último, se valoran y discuten los resultados, dando lugar a las conclusiones finales.

2. Antecedentes

El concepto de accesibilidad territorial ha sido utilizado por diversos autores y ha facilitado el desarrollo de múltiples aplicaciones. Su definición, centrada en la “*calidad de facilitar el acceso al territorio*”, es lo suficientemente genérica como para englobar análisis de diferentes modos de transporte, instrumentos de medición dispares e, incluso, adaptaciones espacio-temporales. Una primera aproximación a los indicadores de accesibilidad más utilizados se obtiene de las tesis doctorales de Monzón (1988) y Subero (2009). La primera sienta las bases conceptuales de los modelos de accesibilidad y define los indicadores IAG e IAP, centrados en la obtención de los tiempos mínimos de transporte a través de una red calculados según la teoría de grafos. La segunda actualiza la formulación de los indicadores y los adapta al potencial actual de programación y cálculo de modelos con los nuevos instrumentos de trabajo.

Desde un punto de vista práctico, los indicadores de accesibilidad, y otros afines, se han correlacionado con otras variables de modo predictivo para testar la eficacia de las inversiones en infraestructuras de transporte (Gutiérrez *et al.*, 2010; Gutiérrez *et al.*, 2011), la interrelación entre infraestructura y planificación territorial (Halden, 2002; Bertolini *et al.*, 2005; Straatemeier, 2008; Vandenbulcke *et al.*, 2009) o los diferentes impactos que podrían generar (Gutiérrez *et al.*, 1996; Bruinsma *et al.*, 2007; Karou y Hull, 2014). Sin embargo, con la proliferación de los SIG históricos

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

(en adelante SIG-H), los indicadores de accesibilidad se han convertido en elementos clave para entender retrospectivamente aspectos territoriales tan distantes como mejoras en la productividad (Vickerman *et al.*, 1999; Atack *et al.*, 2011; Tong *et al.*, 2013; Caruana-Galizia y Martí-Henneberg, 2013), ajustes en el precio del suelo (Herce, 2004; Ahlfeldt y Wendland, 2008) o alteraciones en la distribución de población (Kotavaara *et al.*, 2011; Koopmans *et al.*, 2012).

Para el caso que nos ocupa, la atención se centra en este último punto: la interrelación entre accesibilidad ferroviaria y distribución de población de forma histórica. Por ello son especialmente relevantes los trabajos que tratan los conceptos accesibilidad, ferrocarril, territorio y población.

El cálculo de la accesibilidad utilizando SIG-H ofrece notables mejoras respecto a los métodos anteriores. Sin embargo, es evidente que se requiere de la adaptación de los atributos necesarios a los datos disponibles. El tiempo de acceso a la red y el tiempo de viaje son las variables que mayores retos plantean. Para calcular la primera, Franch *et al.* (2013) utilizan directamente la distancia a la red férrea para estimar el tiempo de acceso a la estación. Koopmans (op.cit.) introduce un término en la ecuación para medir el acceso a la estación a través de otros medios de transporte. Y Thévenin *et al.* (2013) plantean un cálculo del coste de acceso basado en la distancia en línea recta y ponderado según la orografía del terreno. En cuanto al tiempo de viaje, Thévenin (op.cit.) propone cuantificar los tiempos mediante las tablas de horarios de paso disponibles y estimar el resto a partir de los años de construcción, el sistema tractor y las innovaciones técnicas. Koopmans (op.cit.) considera una velocidad media de 30 km/h. Otros autores limitan el análisis a la lectura de tablas de horarios, obteniendo una velocidad media y extrapolando los resultados al conjunto de la red.

La modelización de infraestructuras de transporte desde una vertiente histórica es un campo poco explorado. La escasez de datos disponibles es su principal *hándicap*. Por ello, no existe una extensa bibliografía que analice directamente el crecimiento urbano en relación a los indicadores de accesibilidad férrea de forma histórica. Los trabajos más significativos son los publicados por Koopmans (op.cit.) y Kotavaara *et al.* (2011, 2012). El primero realiza un cálculo de accesibilidad histórico en los Países Bajos y aplica un modelo econométrico para testar su efecto en el crecimiento poblacional. Entre 1880 y 1930 detecta un efecto positivo significativo de la accesibilidad sobre el crecimiento urbano, pasando del 1 hasta el 4% a lo largo del período. Además, a partir de 1900 el incremento de accesibilidad también muestra efectos positivos significativos sobre el crecimiento. En cualquier caso, matiza los resultados indicando que otros factores, como la urbanización u otros efectos asociados, han tenido mayor impacto. El segundo autor desarrolla modelos de accesibilidad combinados con otros modos de transporte, como la carretera y el avión. Sus análisis son mucho más recientes, de modo que determinan que la carretera y los aeropuertos han tenido mayor influencia en la concentración de población, no obstante el acceso al ferrocarril muestra un efecto sutil en los desplazamientos metropolitanos. En otras latitudes, Murayama (1994) desarrolla un modelo para testar el efecto de la accesibilidad férrea en el sistema de ciudades japonés. Constata que desde 1868 el tiempo de viaje se reduce en un 80%, permitiendo que un sistema urbano disperso se transforme en un continuo urbano. De hecho, el punto de mayor inflexión se sitúa en la implementación del *Shinkansen*. El tren de alta velocidad

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): “Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931”, *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

nipón otorga importantes ventajas locacionales a las ciudades conectadas, cosa que atrae población de las localidades contiguas sin estación.

Mediante indicadores complementarios a la accesibilidad, como es la cobertura férrea, otros autores analizan también el efecto causado sobre la distribución de población. Franch (op.cit.) calcula la cobertura de tres líneas férreas en España entre 1900 y 1970, concluyendo que las localidades más alejadas del ferrocarril muestran significantes pérdidas de población con el paso del tiempo. Incluso demuestra que, dependiendo de la región analizada, el ferrocarril ha podido contribuir al crecimiento. Son ejemplos de ello las regiones de Barcelona, Madrid o Valencia. En el otro lado de la argumentación, regiones como Galicia han decrecido en población, aún, y disponiendo de ferrocarril. En latitudes más septentrionales, Alvarez *et al.* (2013) implementan un modelo de cobertura exhaustivo para Inglaterra y Gales, en donde se muestra como a mayor cobertura férrea más significativos son los efectos del ferrocarril sobre el crecimiento de población.

A nivel específico de Reino Unido, existen importantes trabajos que tratan el binomio formado por ferrocarril y demografía (Haywood, 2009; Gregory y Martí-Henneberg, 2010; Schwartz *et al.*, 2011, o Mojica *et al.*, 2013), aunque su abordaje no está directamente relacionado con los indicadores de accesibilidad territorial sino, más bien, con la densidad férrea o la propia urbanización. Los resultados de estos trabajos se intercalan en el cuerpo del presente para contextualizar y contrastar los resultados obtenidos.

3. Materiales, datos y métodos

A continuación, en la figura 1, se muestra el esquema de trabajo seguido en este estudio. Como se puede observar se estructuró principalmente en cuatro etapas. En primer lugar, se inició con la obtención de los datos y su introducción en una base SIG-H. En ésta, se insertó la estructura administrativa y poblacional del territorio, la red ferroviaria, así como las variables necesarias para la modelización. A continuación, se analizaron los datos disponibles con la finalidad de determinar sus opciones de contraste. De este modo, se consiguió acotar el trabajo espacial y temporalmente. La tercera etapa consistió en la propia implementación del modelo y en el cálculo de los indicadores de accesibilidad puntual y generalizada. Finalmente, se interpretaron los resultados obtenidos, dando lugar a las correlaciones y tablas explicativas correspondientes.

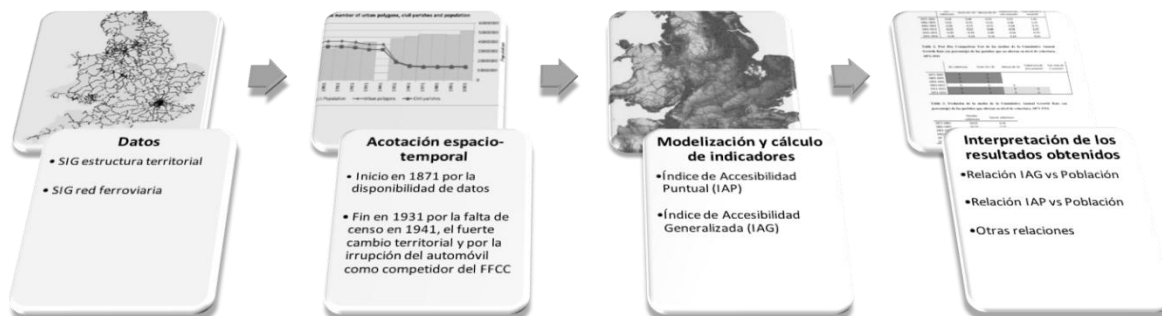


Figura 1. Esquema conceptual de la metodología propuesta en el estudio.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

3.1. Caso de estudio

La elección territorial se basó en la disponibilidad de datos históricos exhaustivos del territorio y de la infraestructura ferroviaria. Estos datos eran imprescindibles para una correcta modelización de la red férrea, puesto que constituían los atributos necesarios para implementar el cálculo. A diferencia de otros lugares, en el Reino Unido se preservaron las fuentes documentales que permitieron realizar reconstrucciones fidedignas mediante SIG. Los atlas disponibles contenían suficiente información para conocer el estado de la red de forma periódica. A parte, demográficamente, se disponía también de una base que incluía la estructura administrativa de cada época, con la población asociada a cada división.

Desde el punto de vista temporal, los trabajos se delimitaron entre 1871 y 1931, con una periodicidad de 10 años. La acotación inicial se rigió por la falta de datos cartográficos previos, pues no se disponían de registros anteriores a esa fecha. La acotación posterior se basó en tres supuestos. En primer lugar, por la no realización de censo en el año 1941, que impedía completar la evolución de las series temporales. En segundo lugar, por los importantes cambios territoriales acontecidos después de la Segunda Guerra Mundial. Como se puede observar en la figura 3, aún con poblaciones totales muy similares entre 1931 y 1951, se constataba un fuerte decremento del número de *Civil Parishes* (en adelante *parishes*). Esta situación dificultaba enormemente los trabajos estadísticos que pretendían cuantificar los cambios demográficos. Por último, influyó también decisivamente la evolución del índice de motorización en el Reino Unido. Antes de 1930 el número de vehículos privados era prácticamente inexistente, lo que otorgaba al ferrocarril el monopolio en el transporte terrestre de personas y bienes. Antrop (2004:12) consideró que en ciertos países el transporte aéreo empezó a ganar peso en la década de los '20, pero coincidió también en que la supremacía del automóvil no se inició en Europa hasta la década de los '30. En Gran Bretaña, por ejemplo, el número de vehículos empezó a crecer exponencialmente a partir de 1951, haciendo competencia al ferrocarril y limitando, por tanto, su poder de articulación territorial (Alvarez, op.cit.:181).

En base a todo ello, se planteó como hipótesis que la construcción del ferrocarril en Inglaterra y Gales revolucionó progresivamente las comunicaciones terrestres británicas y, por consiguiente, permitió un mayor desarrollo de las zonas mejor dotadas con servicio ferroviario. Para cuantificar la influencia de la red sobre el desarrollo poblacional se calcularon indicadores de accesibilidad territorial, que permitieron cuantificar las mejoras introducidas y, con ello, establecer correlaciones con las variaciones de población. Lógicamente, el trabajo propuesto abrió la posibilidad de establecer comparativas con otros territorios, bien sea contrastando resultados con otros autores o, incluso, implementando la misma metodología sobre éstos.

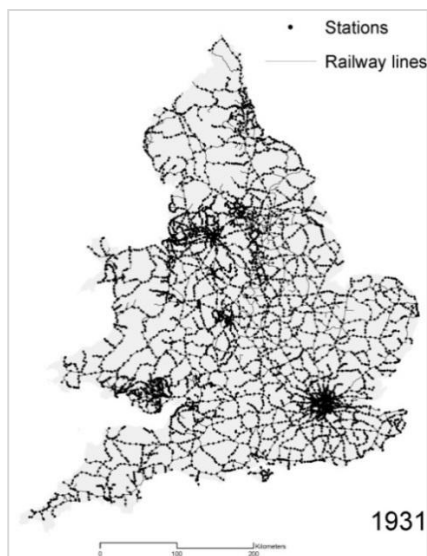
3.2. Datos

Los datos de partida necesarios para desarrollar el presente trabajo se podían agrupar en dos grandes grupos. Por un lado, aquellos relacionados con la infraestructura ferroviaria y, por otro, las bases de población de cada unidad censal o administrativa.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): “Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931”, *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

La modelización implementada sobre la red ferroviaria requirió una base cartográfica georeferenciada de estaciones y líneas férreas. Para ello, se digitalizó la obra “*The Railways of Great Britain*” (Cobb, 2005). Con ello, se obtuvo un SIG completo que contenía toda la red férrea de Inglaterra y Gales desde 1811 hasta 2001¹. La capa de estaciones se modelizó como nodos o puntos, identificando años de apertura y cierre de cada una. Por otro lado, la capa de trazados se registró como arcos o líneas, indicando también aperturas y cierres además de la longitud de cada tramo (Del Río *et al.*, 2008; Morillas, 2012). Un ejemplo de la citada base se puede observar en la figura 2, donde se muestra la red en funcionamiento en el año 1931, con la cuantificación del número de elementos de cada capa de la base ferroviaria disponible.

A nivel territorial, se trabajó sobre bases cartográficas georeferenciadas de toda Inglaterra y Gales. Cada unidad administrativa disponía de atributos con estadísticas de los censos de población, sus características físicas y, por supuesto, su agrupación en *Counties*, *Census Districts* y *Civil Parishes*. Además, contenía hasta tres campos con identificadores de los elementos para permitir un correcto seguimiento de los elementos que cambiaron sus fronteras a lo largo del período estudiado. La fuente de referencia para la obtención de los datos fue “*The Great Britain Historical GIS*” de Southall (2011 y 2012). Este trabajo incluía datos decenales desde el primer censo de 1801 hasta 2001, excluyendo únicamente el año 1941 en que no se realizó debido a la Segunda Guerra Mundial². No obstante, la serie de datos disponibles y georeferenciados en SIG se iniciaba en 1871.



Año	Estaciones en funcionamiento	Longitud total de las líneas (km)
1831	21	176,2
1841	321	2.185,2
1851	1.394	8.104,0
1861	2.193	12.076,4
1871	3.337	17.137,4
1881	4.040	19.869,9
1891	4.646	22.218,4
1901	5.102	23.623,2
1911	5.704	24.770,8
1921	5.722	24.971,6
1931	5.654	25.013,7
1941	5.411	24.602,4
1951	5.209	24.150,9
1961	3.963	22.356,0
1971	2.310	15.121,8

Figura 2. Mapa ferroviario de Inglaterra y Gales en 1931. A la derecha, tabla con la evolución de la red férrea: estaciones y longitud de líneas.

Elaboración propia en base a datos del proyecto HGISE de la UdL.

A continuación, la figura 3 muestra la estructura administrativa a nivel de *parishes*, seguida de su evolución asociada al crecimiento de población experimentado. En la gráfica puede

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): “Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931”, *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

comprobarse el súbito descenso de unidades territoriales entre 1931 y 1951, que sirvió como argumento para justificar la acotación temporal del trabajo:

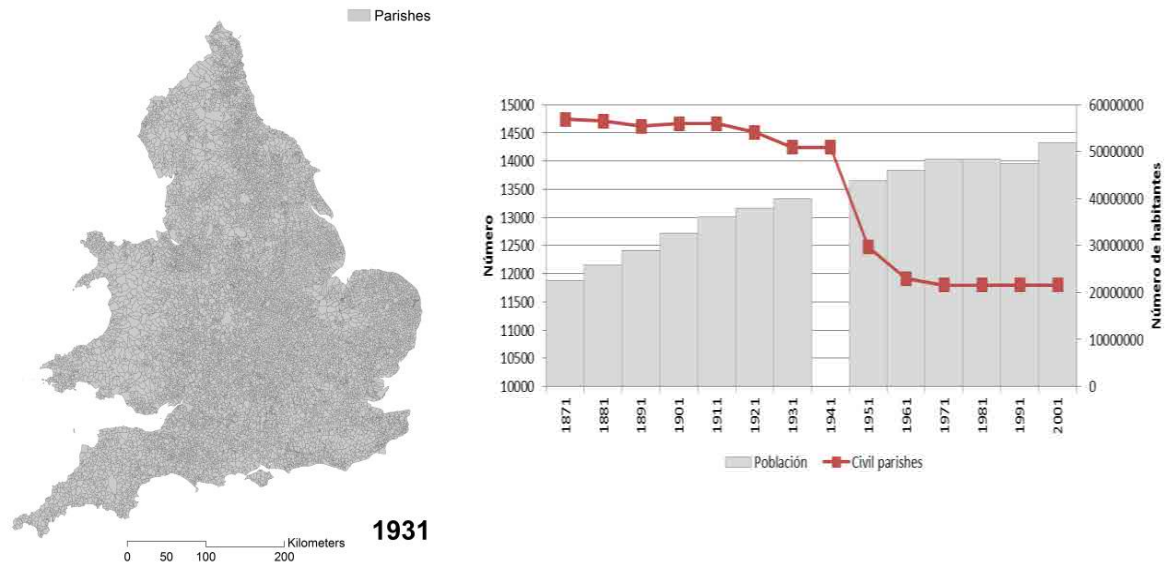


Figura 3. Mapa de distribución de las *parishes* en 1931. A la derecha, evolución de las mismas unidades administrativas en relación a la población total, 1871-2001.

Elaboración propia en base a datos del proyecto HGISE de la UdL.

3.3. Modelización de la red ferroviaria

El modelo implementado sobre la red férrea disponible se basó en el cálculo de la accesibilidad territorial, es decir: la posibilidad de llegar a una localización determinada en un tiempo o coste razonable. Por tanto, se consideró que una localidad era accesible cuando podía acceder a la red ferroviaria en un tiempo acotado, y desplazarse por ella al resto de nodos conectados del territorio.

Para la cuantificación de la accesibilidad territorial se utilizaron dos metodologías distintas. En primer lugar, considerando el **Índice de Accesibilidad Generalizada (IAG)** se cuantificó el tiempo de acceso desde cada nodo hacia el resto del territorio. Posteriormente, se obtuvo la media aritmética. Así, los nodos que obtuvieron valores más bajos representaron los de mayor accesibilidad.

$$IAG_j = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ji}}{n - 1}$$

Dónde:

IAG_j es el Índice de Accesibilidad Generalizada calculada para el nodo j .

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

C_{ji} es una matriz $n \times n$, que muestra el coste mínimo de acceso desde el nodo j hasta i .
 n es el número total de *parishes* (universo).

El resultado del cálculo para cada nodo correspondía a la media de los valores de cada una de las filas de la matriz de costes C_{ji} . En el modelo se representaba por un valor discreto que determinaba el coste o tiempo medio de acceso desde este nodo al resto del territorio. La agrupación de todos los valores formaba un vector de dimensiones $n \times 1$.

En segundo lugar, mediante el **Índice de Accesibilidad Puntual** (IAP) se calculó la extensión del territorio que se cubría en un viaje de tiempo determinado desde un punto específico del territorio.

$$IAP_j = C_{ji} \quad i = 1 \dots n$$

Dónde:

IAP_j es el Índice de Accesibilidad Puntual calculado para el nodo j .

C_{ji} es el coste mínimo de acceso desde el nodo j hasta el nodo i .

El resultado del cálculo para cada nodo era un vector $1 \times n$, que contenía los valores puntuales de desplazamiento desde este nodo hacia el resto. La agrupación de los n vectores de dimensión $1 \times n$ formaban una matriz $n \times n$, simétrica y con valores nulos en la diagonal.

La metodología implementada para realizar la modelización de la red se detalla a continuación. En primer lugar, se cargaron en el SIG los 14.358 nodos correspondientes a las estaciones, los 14.225 arcos representantes de las líneas férreas y los 110.309 polígonos que contenían la información relacionada con las *parishes* de cada período. Posteriormente se introdujeron los atributos y se prepararon mapas independientes para cada época. En el caso de líneas y estaciones fue necesario discernir entre operativas y no operativas en cada etapa. En el caso de las líneas, además, fue preciso diferenciar entre tipología de línea y añadir un nuevo campo: la velocidad de circulación. A continuación, se calcularon los centroides de cada una de las *parishes* para determinar su centro geográfico. Con estos nodos, se captó la información altimétrica de un modelo digital de elevaciones del terreno. También se aplicó el mismo proceso a las estaciones. El próximo paso consistió en calcular desde cada centroide las estaciones más cercanas. En concreto, se consideraron las cinco más próximas y que estuviesen a menos de 10 km de distancia³.

Una vez establecido el tiempo de acceso a la red, se procedió a determinar el tiempo de viaje a través de la misma. Para ello, se implementó una modelización de la red férrea mediante instrumentos de análisis de redes para obtener el tiempo mínimo de desplazamiento entre cada par de nodos del territorio⁴. Dada la longitud de cada tramo de línea, y aproximando la velocidad de circulación del ferrocarril para cada período, se obtuvo el tiempo necesario para desplazarse entre estaciones colindantes. Aplicando el algoritmo de caminos mínimos se consiguió generalizar el cálculo para cada una de las relaciones entre cada par de estaciones del territorio. Con todo, se procedió al cálculo total del tiempo de desplazamiento entre cada par de nodos:

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

$$Tt_{ij} = Ta_{ik} + Tv_{km} + Td_{mj}$$

Dónde:

Tt_{ij} es el tiempo total entre el centroide i y j .

Ta_{ik} es el tiempo de acceso del nodo territorial i a la estación k .

Tv_{km} es el tiempo de viaje entre las estaciones k y m .

Td_{mj} es el tiempo de llegada a destino entre la estación m y el nodo j .

Con la modelización ejecutada, se exportaron las bases de datos generadas para su análisis estadístico. De este modo, se equiparó el tiempo total al coste y se determinaron los indicadores IAG e IAP. Finalmente, se asignó a cada polígono territorial el valor de los indicadores calculados para su representación gráfica.

Este procedimiento se repitió para cada uno de los años de estudio: 1871, 1881, 1891, 1901, 1911, 1921 y 1931.

La definición del modelo requirió considerar ciertas simplificaciones de la realidad con la finalidad de acotar el número de variables y parámetros a utilizar. El caso que nos ocupa, abordado históricamente, dificultó la disponibilidad de fuentes de información, cosa que obligó a establecer límites en el modelo. Además, el hecho de implementar el trabajo sobre un territorio tan extenso y bien dotado infraestructuralmente condicionó también las posibilidades del cálculo. Por consiguiente, se abre un abanico de posibilidades futuras de mejora de los procedimientos una vez se digitalice la información requerida. En cualquier caso, el conjunto de simplificaciones asumidas fueron las siguientes:

- a. Se analizó el territorio de forma discreta desde las localidades preexistentes. Es decir, se crearon centroides de los polígonos físicos correspondientes al término municipal (*parishes*) y se les asignaron las propiedades de éstos.
- b. Se omitió el resto de medios de transporte, tales como los caminos, canales navegables, ríos y puertos marítimos.
- c. No se tuvo en cuenta el efecto barrera del ferrocarril a la hora de determinar la accesibilidad hacia las estaciones.
- d. Se estimó una función para determinar la velocidad media de acceso a las estaciones mediante modos no motorizados, teniendo en cuenta la pendiente del terreno. En concreto, la función utilizada se podía discretizar del siguiente modo:
 - 5 km/h en caso de pendiente inferior al 3%.
 - Relación decreciente de 5 a 2 km/h para pendientes comprendidas entre el 3% y el 8%.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

- Relación decreciente de 2 a 1 km/h para pendientes comprendidas entre el 8% y el 20%.
 - Velocidad nula para pendientes superiores al 20%.
- e. Se estimó la velocidad de circulación de los ferrocarriles. No se determinó de forma exhaustiva para cada línea y época, sino que se utilizaron valores promedios. Crafts *et al.* (2008) identificaron las velocidades comerciales medias en 1887 y 1910. En base a estos dos valores se realizó una interpolación de los valores necesarios para cada período. En la asignación se tuvieron en cuenta también las innovaciones en los sistemas tractores, como la electrificación aparecida en 1904 o la dieselización de las líneas en 1932, que mejoraron relativamente la accesibilidad de algunas líneas. En todo caso, al no disponerse de datos sobre qué líneas utilizaban cada sistema se procedió a interpolar resultados y promediar en función de los sistemas existentes.
- f. Se desestimó el tiempo de espera en la estación ferroviaria y el tiempo de transbordo entre líneas.

4. Descripción y análisis de resultados

La modelización implementada sobre la red férrea de Inglaterra y Gales dio como resultado un conjunto de tablas que permitieron obtener el coste en tiempo para cada par de relaciones origen-destino. Estos datos, adicionados sobre las bases administrativas, facilitaron la lectura de los resultados en forma cartográfica, a la vez que permitieron su análisis estadístico. En los apartados siguientes se analizan desde diferentes perspectivas para obtener una nueva aproximación a la disciplina.

4.1. La accesibilidad territorial conferida por la red ferroviaria

Los mapas contenidos en la figura 4 muestran el resultado del cálculo del indicador IAG para todo el territorio analizado⁵. El formato de representación elegido consistió en asignar a cada uno de los polígonos territoriales el valor del indicador resultante. De este modo, bastó con categorizar cada uno de los polígonos de forma gradada por color. Las *parishes* en gris eran aquellas que no podían acceder a la infraestructura férrea por estar la estación más próxima a una distancia superior a 10 km de su centro geográfico. En gradación de marrón oscuro a claro se representaron los núcleos de mayor a menor tiempo de acceso medio al resto del territorio, es decir, de menor a mayor accesibilidad media.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

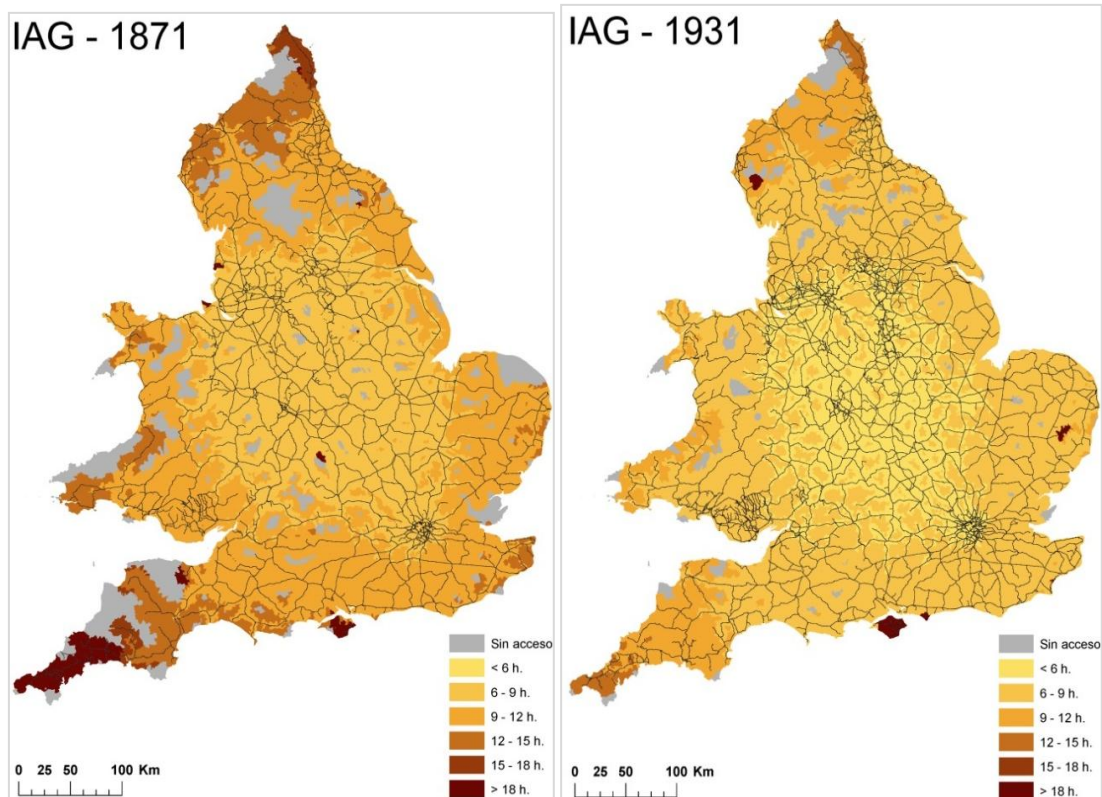


Figura 4. Cálculo de la accesibilidad territorial en ferrocarril (IAG) en Inglaterra y Gales, 1871 y 1931 (en el apéndice se muestra la evolución completa).

Elaboración propia

La lectura del indicador permitió constatar una gran diferencia entre principios y finales del período de estudio. Inicialmente, la velocidad media del ferrocarril era de 33 km/h y la red solamente había alcanzado un 60% de su extensión máxima. De este modo, en 1871 todavía se podían detectar grandes regiones sin acceso al ferrocarril. La mayoría de éstas se encontraban situadas en la periferia territorial y mostraban elevaciones topográficas importantes. Probablemente por ello fueron las últimas en disponer de la infraestructura. Ejemplos de ello eran *Cornwall*, *Devon* y *Somerset* al sud-oeste; *Norfolk* y *Essex* al este; *North Yorkshire*, *Northumb* *Cumbria* y *Durham* al norte; o las zonas interiores en torno *Wiltshire*, *Worcs*, *Oxon*, *Derbs*, *Notts* y *Lincolnshire*. En territorio galés, más montañoso y despoblado, la falta de accesibilidad era patente en *Cardiganshire*, *Pembrokeshire*, *Montgomeryshire*, *Caernarvonshire*, *Merionethshire* o *Denbighshire*. Por otro lado, destacaba también la existencia de regiones con acceso al ferrocarril

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", GeoFocus, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

pero con valores del indicador IAG superiores a 18 horas. Las regiones periféricas de *Cornwall*, al sur, y *Northumb*, al norte, eran claros ejemplos de ello.

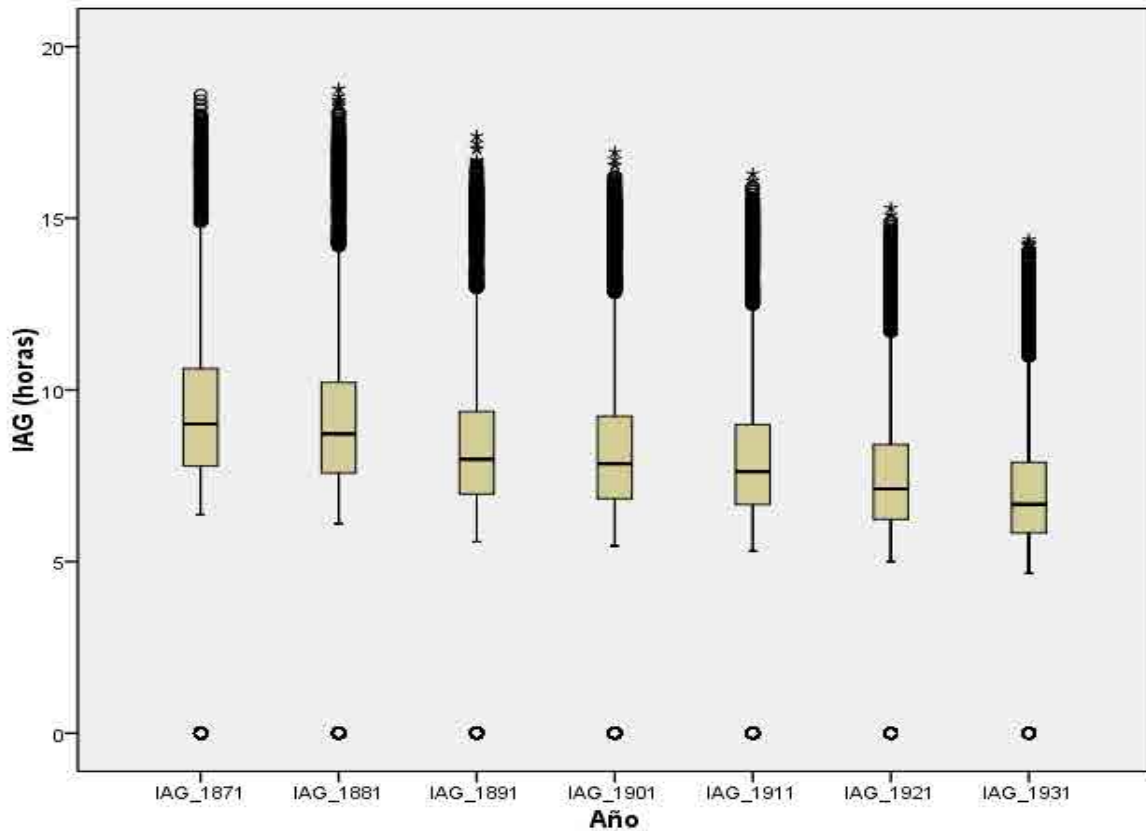
La evolución de la red férrea, con crecimientos constantes hasta 1921, y la mejora de los tiempos medios de transporte aportaron importantes mejoras de la accesibilidad. En 1891 prácticamente no quedaban territorios con un índice superior a las 18 horas. En 1911 se redujo considerablemente el número de *parishes* sin acceso a la red de transporte. En 1921 empezaron a proliferar las regiones cuyo indicador IAG descendía de las 6 horas. Y en la década siguiente se produjeron los primeros cierres de líneas y estaciones. Sin embargo, las mejoras infraestructurales permitieron continuar las mejoras en los tiempos medios de transporte. El número de *parishes* con un IAG inferior a las 6 horas continuó creciendo, haciéndose extensivo a las áreas urbanas de *London* y *Manchester*.

Analizando las variables resultantes de forma estadística se obtuvieron los diagramas de caja mostrados en la figura 5. El recuadro central muestra los valores situados entre el primer y tercer cuartil, cortados por la mediana, y los bigotes recogen los valores no atípicos, es decir, situados a menos de 1,5 veces el rango intercuartílico. De la lectura del gráfico se observó, en primer lugar, un claro decremento de la media y la mediana. Ambos indicadores se reducían en más del 20%, lo que suponía una mejora considerable de la accesibilidad. Además, el recorrido entre Q1 y Q3 también mostraba una clara disminución. De este modo, se ponía de manifiesto la homogenización del nivel de accesibilidad motivado por el mallado de la red y por las mejoras infraestructurales introducidas en el período de estudio. Lógicamente, la lectura de los diagramas mostró también dos conjuntos de valores atípicos. Por un lado, aquellos situados encima de los diagramas, que representaban los territorios con mala accesibilidad, es decir, con índices IAG muy elevados. Por otro, los valores nulos, que representaban aquellos polígonos que no disponían de acceso al ferrocarril a menos de 10 km de su centro.

4.2. Efectos sobre la distribución de población

Aprovechando el potencial de los SIG, se utilizó la misma base territorial para representar la distribución territorial de población de forma evolutiva y permitir su contraste con el indicador anterior. Asumiendo como indicador demográfico la densidad de población, se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 6⁶. En los mapas de densidad se mostró el número de habitantes por unidad de superficie, en este caso km². La gradación de colores elegida permitió discernir entre los territorios con valores de alta densidad, en oscuro, respecto los de baja densidad, en claro.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157



		1871	1881	1891	1901	1911	1921	1931
N	Total	17.013	16.827	15.452	15.391	15.411	15.260	14.955
	Validos (IAG>0)	15.655	16.078	15.014	15.089	15.157	15.023	14.751
Media		8,778	8,779	8,173	8,106	7,910	7,404	6,898
Desv. Estándar		3,143	2,655	2,271	2,136	2,028	1,883	1,815
Máximo		18,600	18,770	17,400	16,930	16,300	15,300	14,380
Percentiles	25	7,780	7,580	6,970	6,830	6,660	6,230	5,830
	50	9,010	8,720	7,980	7,850	7,620	7,120	6,670
	75	10,620	10,220	9,370	9,230	8,990	8,410	7,890

Figura 5. Diagrama de cajas de la variable IAG entre 1871 y 1931. A continuación, tabla con los principales descriptivos estadísticos de la variable.

Elaboración propia

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

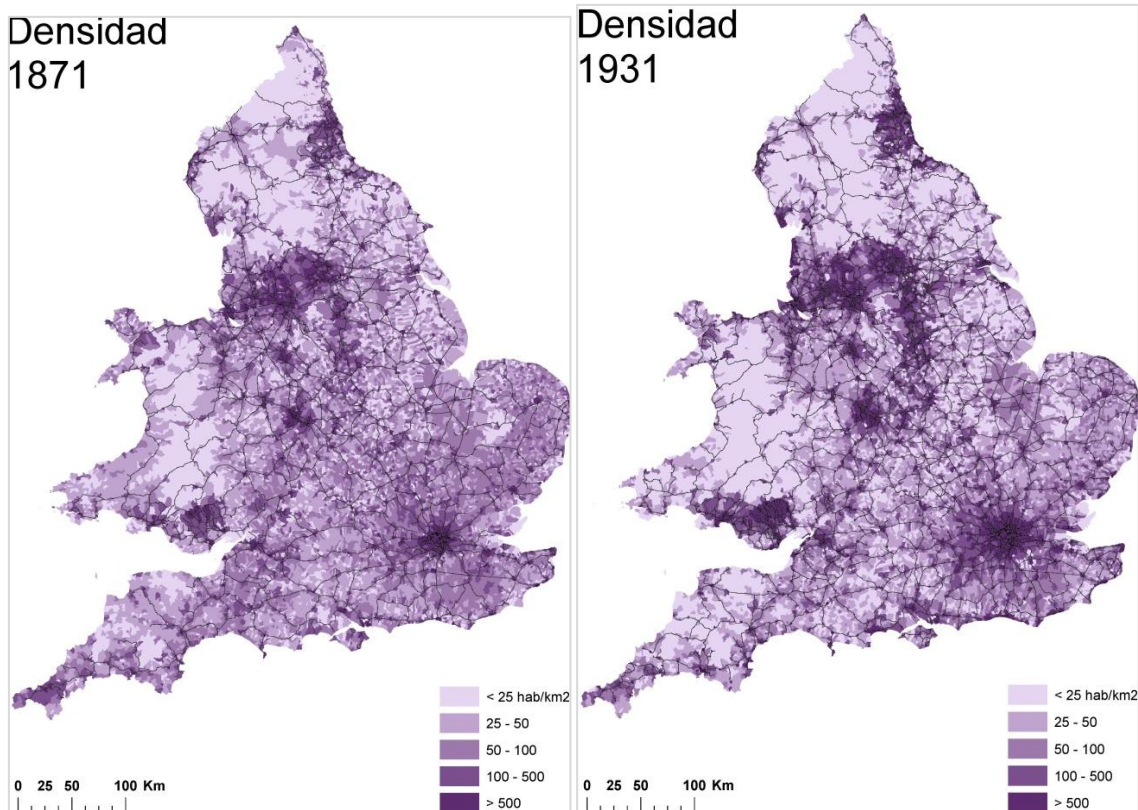


Figura 6. Mapas de densidad de población en Inglaterra y Gales, 1871 y 1931 (en el apéndice se muestra la evolución completa).

Elaboración propia

Analizando el mapa inicial de 1871 se observó una clara diferencia entre los territorios más densos y los más despoblados. En Inglaterra destacaban las áreas urbanas de *London*, *Birmingham*, *Newcastle* y la conurbación *Liverpool-Manchester-Leeds*; en Gales resaltaba *Cardiff*. Todas estas regiones tenían densidades superiores a los 500 hab/km². En el lado opuesto se encontraban las regiones inglesas de *Somerset*, *West Yorkshire*, *Lancashire*, *North Yorkshire*, *Cumbria*, *Durham* y *Northumb*; y las galesas de *Brecknockshire*, *Radnorshire*, *Montgomeryshire*, *Mernionethshire* y *Denbighshire*. En este caso, la densidad era inferior a los 25 hab/km². Dos décadas después se empezaron a apreciar densidades más bajas en el norte y el sur-oeste inglés, también en el este galés. En 1921, el mapa empezó a mostrar importantes descensos de densidad en las regiones rurales de todo el territorio analizado en favor de las grandes conurbaciones. Finalmente, en 1931, *Cardiff* concentraba la mayor parte de la población de Gales. La conurbación industrial de *Manchester* se había extendido absorbiendo *Sheffield* y *Nottingham*. La conurbación *Newcastle-Sunderland* captaba la población de las regiones norteñas anejas. Mientras que *London* crecía hasta crear la *Great London* y convertirse en la mayor conurbación del país.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

A continuación, y con la finalidad de obtener resultados cuantitativos, se interrelacionó las bases de las dos variables anteriores: accesibilidad (IAG) y densidad de población. En la figura 7 se pueden ver los mapas de dispersión de puntos obtenidos a lo largo de los diferentes períodos. El resultado inmediato fue sencillo de interpretar puesto que no se correspondía con una regresión lineal u otra relación matemática típica. El indicador IAG no expresa la accesibilidad desde una región hacia su área de influencia, sino el promedio de accesibilidad entre todos los puntos del territorio. Ofrece, por tanto, una idea de la adaptación que sufre el territorio respecto su posición geográfica original por causa de las infraestructuras de transporte. Los lugares con mejores niveles ganan en conectividad y, en consecuencia, centralidad, mientras que los menos conectados tienden a marginalizarse.

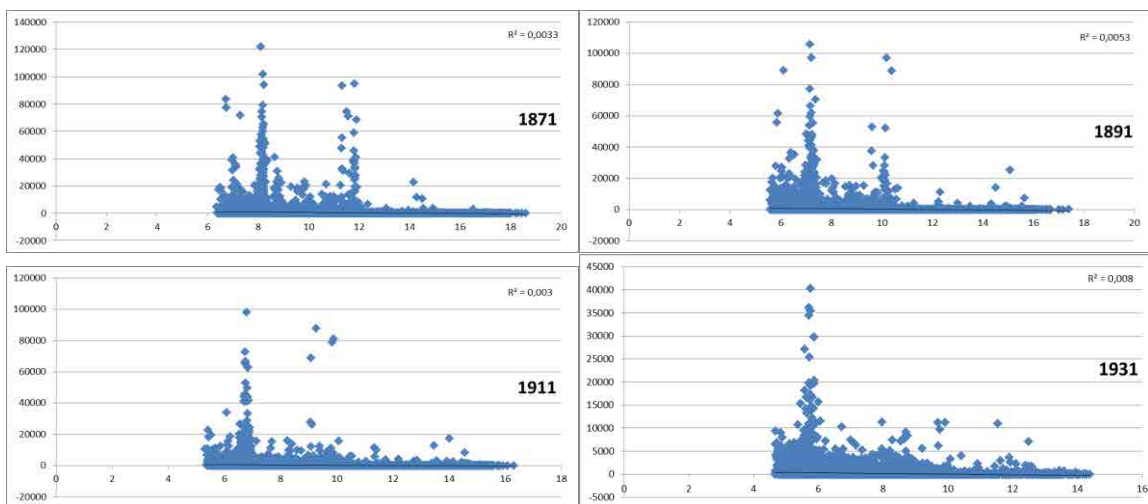


Figura 7. Mapas evolutivos de dispersión entre puntos que correlacionan IAG (x) con la densidad de población (y) de las *parishes* de Inglaterra y Gales, 1871, 1891, 1911 y 1931.
Elaboración propia

La interrelación de este fenómeno con la población, o la densidad de población, podría haber condicionado en cierto modo las dinámicas preexistentes, pero no constituyó una variable explicativa de esta segunda. Los gráficos mostraron como la relación IAG-densidad de población tendía a ser inversamente proporcional, pero no se correspondía a una regresión típica. De hecho, analizando en detalle el mapa de 1871 se observó que las conurbaciones urbanas de *Birmingham* y *Manchester* (IAP \approx 7 horas), *Londres* y *Liverpool* (IAP \approx 8 horas) o *Cardiff* y *Newcastle* (IAP \approx 11 horas) habrían condicionado fuertemente la relación estadística. En cierto modo, esto significaba que las áreas con mayores densidades de población eran aquellas relativamente bien localizadas y que se habrían visto beneficiadas a la hora de proyectar las infraestructuras, principalmente con más densidad férrea. El hecho de formar parte del espacio central del territorio era más importante que la accesibilidad en sí misma. A medida que pasaron los años el territorio fue cambiando. Las *parishes* con mayores densidades poblacionales se dividieron en unidades más pequeñas, probablemente para ser gestionadas de forma más eficiente. Este fenómeno hizo que en 1931 las puntas de densidad se hubiesen laminado fuertemente. Además, las mejoras en la red habrían homogeneizado el indicador

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

de accesibilidad. Por tanto, únicamente las regiones situadas en torno a las 6 horas de promedio en IAG (*Birmingham, Londres, Manchester*, etc.) seguían destacando fuertemente por encima del resto de valores. El gráfico de 1931 mostró bien este fenómeno, con una única columna de valores atípicos correspondiente a la dispersión generada por las grandes ciudades.

4.3 La accesibilidad a escala local

El indicador de accesibilidad puntual permite calcular el tiempo de acceso desde un municipio hacia el resto de nodos del territorio. De este modo, centrando la atención en diferentes ciudades del ámbito de estudio, se pudo obtener una gradación del tiempo de acceso desde cada uno de sus centros hacia la periferia. En cierto modo, se pretendía estimar las áreas de mercado abastadas por cada una de las ciudades. Es decir, si el hecho de tener ferrocarril hacía que el área de influencia creciera más en aquellas direcciones servidas por la línea férrea, creando un territorio de accesibilidad anisótropa. La figura 8 muestra el cálculo del área de influencia de una de las ciudades analizadas, *Swindon (Wiltshire)*, a través de la lectura de su IAP. En concreto, se establecieron intervalos de quince minutos, desde la media hora hasta las dos horas de trayecto total.

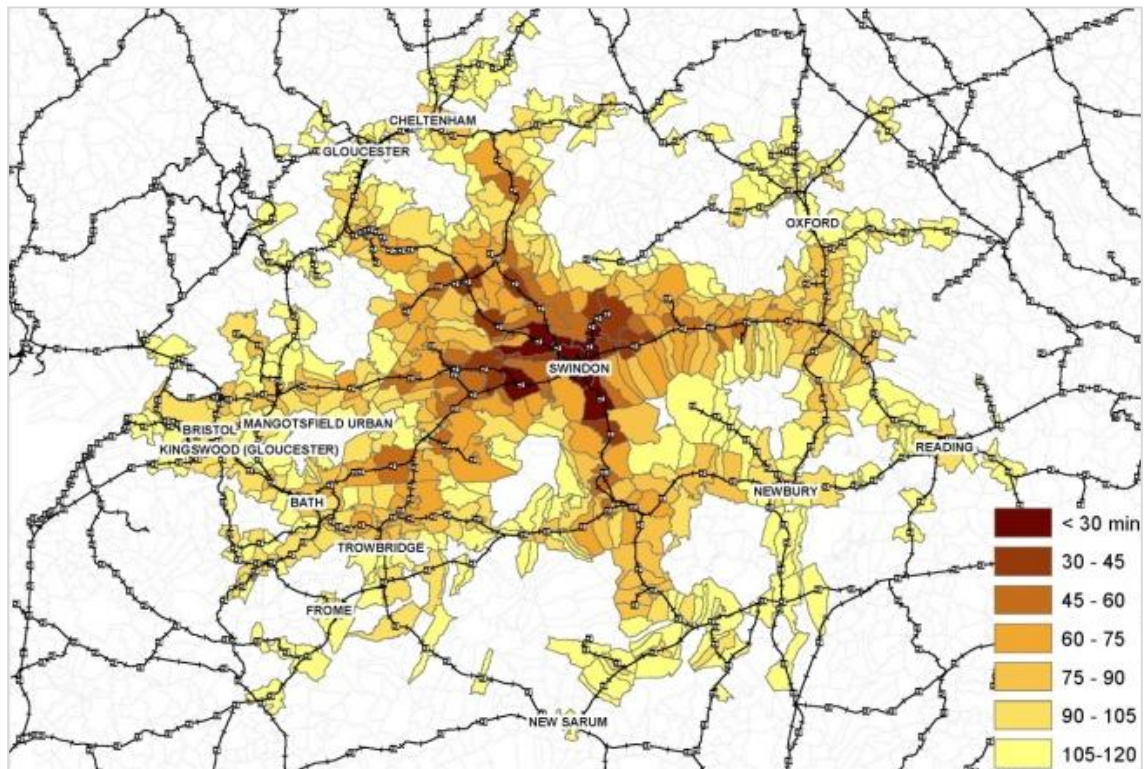


Figura 8. Cálculo de la accesibilidad puntual ferroviaria (IAP) en la conurbación de Swindon en 1931. Elaboración propia

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

Del análisis gráfico se pudieron extraer diferentes conclusiones. En primer lugar, se observó que las localidades más cercanas a *Swindon*, como *Haydon Wick*, *Chisledon* o *S. St. Margaret*, eran las mejor conectadas. Otras más alejadas pero con estación, como *Purton* o *S. Fitzwarren*, se encontraban también en el mismo intervalo de menos de 30 minutos. Incluso *Wootton Bassett*, con una clara discontinuidad espacial, se integraba dentro del mismo conjunto gracias a la disposición de una estación. En segundo lugar, se observó una clara gradación de la accesibilidad según dos parámetros: distancia y disponibilidad de ferrocarril. Es decir, el indicador IAP decrecía a medida que nos alejábamos del centro, pero lo hacía de forma diferenciada dependiendo de la dirección de alejamiento. Aquellos territorios con ferrocarril mostraban una gradación mucho más prolongada respecto los que no disponían.

El cruce de datos con la población mostró también resultados interesantes puesto que indicaba una clara vinculación entre variables (figura 9). *Swindon*, lugar central, mostraba una densidad mucho mayor a la de su área de influencia. A continuación se encontraban las *parishes* colindantes y con estación, como *S. St. Margaret* o *Wootton Bassett*. Y, finalmente, estaban las localidades próximas sin estación o más alejadas pero con acceso directo al ferrocarril. Por otro lado, esta figura fue determinante para ver que un IAP de 2 horas engloba un territorio mucho mayor al de la propia área urbana. A medida que se superaba el perímetro delimitado, de menos de una hora, empezaban a aflorar otros centros urbanos con altas densidades que podrían llegar a distorsionar el presente enfoque y la correlación entre variables. Por ejemplo, el área de *Swindon* confluía con las vecinas de *Bristol*, *Oxford*, *Cheltenham* o *Cloucester* cuando se consideraba un IAP de 2 horas.

Este mismo análisis se realizó sobre ocho ciudades medias⁷ británicas: *Bedford*, *Burnley*, *Cambridge*, *Cheltenham*, *Mansfield*, *Nuneaton*, *Swindon* y *York*. Todas ellas constituían el mayor asentamiento de su área urbana, aunque en algunos casos existían otras localidades importantes. La acotación del estudio a ciudades medias se realizó por la imposibilidad de detectar mediante instrumentos estadísticos simples situaciones de polinuclearismo (Clark, 2000), típicas de las grandes urbes. Incluso en las ciudades analizadas, dicho fenómeno pudo haber condicionado algunos resultados. En cualquier caso, la finalidad del análisis era poder determinar si existía dependencia entre las variables accesibilidad y población a escala local. Atendiendo a la forma de los gráficos de dispersión y siguiendo el modelo de Clark (1951), se optó por contrastar una relación de tipo exponencial asimilable a una recta mediante la siguiente transformación de variables en la formulación:

$$y = Ae^{-bx}$$

$$\ln(y) = \ln(Ae^{-bx}) = \ln(A) - bx = c - bx$$

Dónde:

- y es la densidad de población.
- x es el tiempo de acceso (IAP).
- A y b son parámetros a calibrar.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

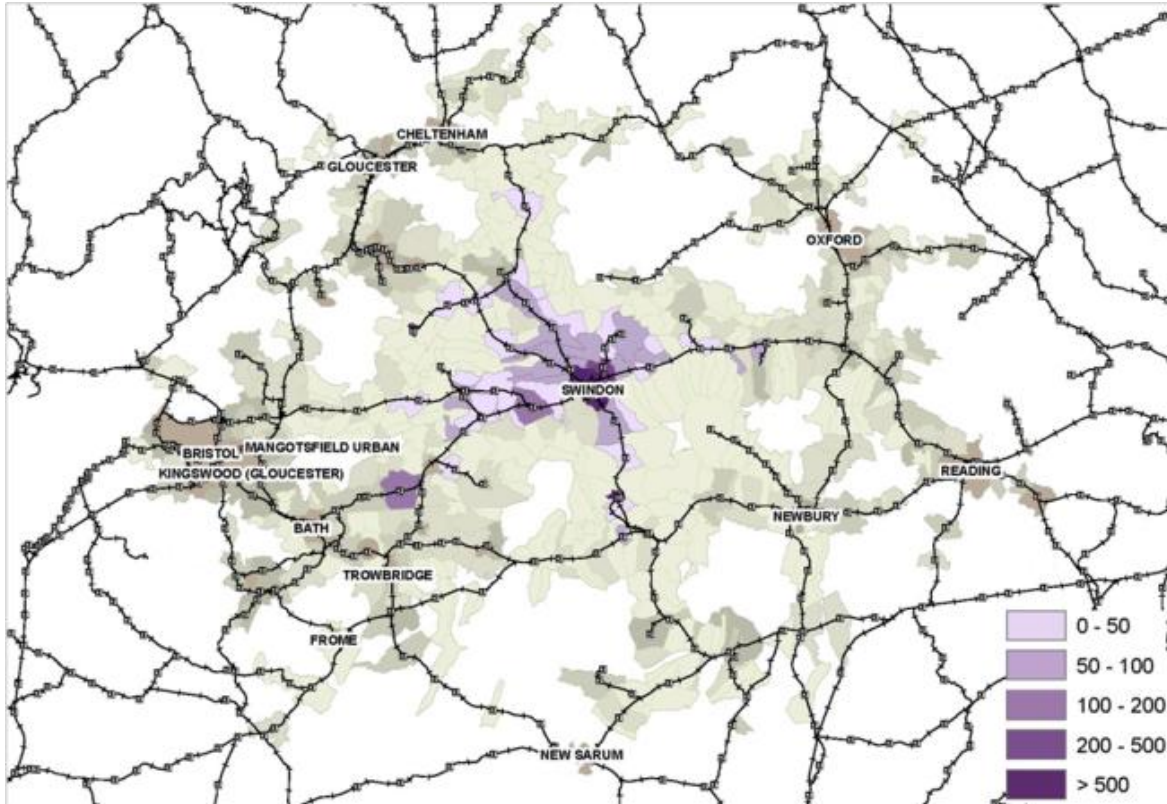


Figura 9. Densidad de población en la conurbación de Swindon en 1931. En tonos violeta, las localidades situadas a < 1 hora del centro. En difuminado, aquellas que están entre 1 y 2 horas.
Elaboración propia

Partiendo de las variables transformadas, se consideró que la relación entre variables podía tender a una regresión. Así se pudo contrastar una primera correlación estadística en las diferentes ciudades en el período 1871-1931. Los resultados se muestran en la tabla 1, donde se observaron coeficientes de correlación lineal de Pearson negativos de entre 0,039 y 0,484. Es decir, algunas localidades mostraban nubes de puntos casi sin orientación, mientras que otras indicaban tendencias moderadas a la relación lineal inversa. En la misma tabla se puede ver el nivel de significación de los resultados, donde la mayoría de los datos eran significativos a nivel 0,05 o 0,01. En todo caso, es especialmente interesante constatar que el nivel de significación de los resultados creció al avanzar los años, alcanzando en 1931 siete resultados significativos del total de ocho localidades.

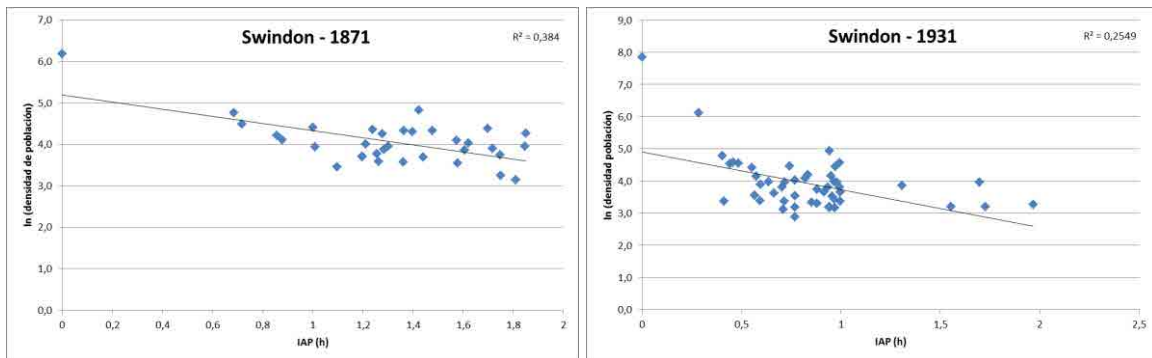
El coeficiente de correlación aplicado permitió realizar una primera aproximación a los resultados, no obstante, no substituye a la propia regresión. Tampoco indica relaciones de causalidad entre las variables. En la figura 10 se muestra el gráfico de dispersión entre las variables IAP y densidad de población de Swindon en los años 1871 y 1931. Posteriormente se muestra también una tabla resumen de los coeficientes de regresión lineal obtenidos para cada ciudad, eliminando los valores atípicos, a lo largo del período de estudio.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

Tabla 1: Correlación bivalente entre IAP y densidad de población (en logaritmo neperiano). Elaboración propia

	1871			1891			1911			1931		
	r_{xy}	Sig.	N	r_{xy}	Sig.	N	r_{xy}	Sig.	N	r_{xy}	Sig.	N
<i>Bedford</i>	-0.441*	0.000	71	-0.434*	0.000	75	-0.448*	0.000	79	-0.484*	0.000	80
<i>Burnley</i>	-0.057	0.669	59	-0.185	0.161	59	-0.086	0.445	81	-0.158	0.154	83
<i>Cambridge</i>	-0.309*	0.025	53	-0.382*	0.004	54	-0.387*	0.004	55	-0.426*	0.001	55
<i>Cheltenham</i>	-0.315*	0.007	72	-0.228*	0.035	85	-0.250*	0.011	104	-0.301*	0.002	105
<i>Mansfield</i>	-0.055	0.068	61	-0.039	0.684	113	-0.285*	0.001	135	-0.253*	0.003	135
<i>Nuneaton</i>	-0.184	0.134	68	-0.157	0.201	68	-0.225	0.057	72	-0.394*	0.001	73
<i>Swindon</i>	-0.387*	0.018	37	-0.232	0.120	46	-0.242	0.083	52	-0.345*	0.011	54
<i>York</i>	-0.0113	0.262	101	-0.181	0.064	105	-0.220*	0.020	112	-0.245*	0.009	114

(*) Correlación significativa al nivel 0.05 (N-2)



	1871			1891			1911			1931		
	b	c	R ²	b	c	R ²	b	c	R ²	b	c	R ²
<i>Bedford</i>	0.564	5.024	0.068	0.846	5.233	0.059	1.367	5.694	0.112*	1.490	5.796	0.179
<i>Burnley</i>	0.235	5.526	0.003	0.896	6.453	0.034	0.463	6.146	0.007	0.885	6.491	0.025
<i>Cambridge</i>	1.033	5.363	0.314	1.736	5.914	0.417	1.855	5.973	0.420	1.401	5.597	0.296
<i>Cheltenham</i>	1.021	5.668	0.169	0.657	4.892	0.070	0.565	4.697	0.027	0.716	4.790	0.056
<i>Mansfield</i>	0.156	4.727	0.003	0.181	5.133	0.002	1.705	6.736	0.081	1.8431	6.830	0.064
<i>Nuneaton</i>	0.349	4.579	0.014	0.702	5.009	0.038	1.309	5.989	0.052	1.682	6.677	0.156
<i>Swindon</i>	0.857	5.188	0.384	0.574	4.476	0.088	0.809	4.722	0.141	1.172	4.907	0.255
<i>York</i>	0.566	4.270	0.070	0.763	4.355	0.093	1.099	4.737	0.134	0.762	4.470	0.083

(b) en valor absoluto.

Figura 10. Gráfica de la regresión lineal entre IAP y densidad de población (en logaritmo neperiano) en Swindon, 1871 y 1931. A continuación, tabla con la relación para el conjunto de localidades y períodos de estudio.

Elaboración propia

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

Los resultados de la tabla son muy dispares. Algunas de las localidades, como *Cambridge* o *Swindon*, mostraron coeficientes de regresión R^2 relativamente altos, teniendo en cuenta la tipología de estudio y las metodologías de trabajo seguidas. Otras localidades como *Bedford*, *Cheltenham*, *Nuneaton* o *York*, generalmente, no mostraron buenos coeficientes de regresión, aunque en algunos de los períodos analizados superaron el valor de la décima en R^2 . El resto de localidades, *Burnley* y *Mansfield*, mostraron correlaciones muy bajas para todos los períodos.

Las grandes diferencias detectadas se podrían deber a la tipología de asentamiento, la existencia de polinuclearismo en el área urbana, la disposición de más de una estación, barreras geográficas u otras causas no identificables mediante un simple análisis estadístico. En cualquier caso, atendiendo al conjunto de resultados obtenidos, es evidente que las variables accesibilidad puntual y densidad de población urbana estuvieron relacionadas de diferente modo y grado de intensidad. La correlación entre variables mostró que todas las relaciones eran inversamente proporcionales y, la mayoría de ellas, significativas. El análisis de regresión lineal seguía mostrando relaciones inversamente proporcionales en todos los casos, sin embargo, el coeficiente de regresión R^2 sólo mostró buenos resultados en algunas de las ciudades. Por tanto, es evidente que no se pudo demostrar una relación causa-efecto entre las variables, pero sí intuir ciertas tendencias que podrían ser justificadas mediante análisis específicos de cada una de las aglomeraciones.

5. Hallazgos y nuevas líneas de investigación

La principal aportación del trabajo es el uso de instrumentos SIG para gestionar datos espaciales históricos. Las bases de datos exhaustivas de líneas férreas, estaciones, unidades administrativas y población pueden permitir un cambio de paradigma, puesto que devienen importantes instrumentos de trabajo. En primer lugar, la simple visualización de los resultados en forma cartografía georeferenciada ya es un avance en sí mismo. El hecho de poder analizar visualmente los resultados da lugar a diferentes percepciones e interpretaciones mucho más intuitivas. En segundo lugar, la posibilidad de añadir atributos a los elementos gráficos facilita el almacenamiento de datos históricos, dando lugar a series homogéneas para todas las regiones. A continuación, se facilita la aplicación de nuevos modelos de cálculo para contrastar estadísticamente hipótesis formuladas en torno a estas variables y/o en combinación con otras. Lógicamente, estos modelos exhaustivos requieren de un potencial de cálculo difícil de imaginar años atrás, lo cual contribuye a prescindir de las simplificaciones y abastar ámbitos de estudio de rango superior. En definitiva, permiten dejar atrás las aportaciones teóricas más intuitivas para dar paso a constataciones empíricas de los fenómenos analizados. De este modo se favorece la interpretación del pasado, utilizando tecnología puntera e innovadoras metodologías de análisis espacial.

Es evidente que toda metodología analítica, por innovadora que sea, puede ser mejorada. Para el caso que nos ocupa existen alteraciones de diferente índole que podrían mejorar el ajuste del modelo. Las bases de datos constituyen el primer hito. Las líneas férreas podrían incorporar nuevos atributos, como la velocidad real de cada línea en cada período. También el sistema de tractor o, incluso, el número de vías disponibles. Todo ello contribuiría a mejorar el modelo propuesto para

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", GeoFocus, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

grafiar la infraestructura. Por otro lado, se podrían incorporar datos referentes al servicio prestado. El número de circulaciones semanales o datos sobre el número de pasajeros y cargas transportados sería de gran utilidad para estimar el nivel de servicio de la red. De hecho, hasta podrían desarrollarse modelos econométricos para entender la influencia del ferrocarril en el desarrollo económico de las regiones. En la misma línea, se podrían crear bases de datos similares para otras variables, como el PIB, la capitalidad, la distancia a la costa o la accesibilidad mediante otros modos de transporte. Con ello se obtendrían nuevos modelos que permitirían correlaciones múltiples que comportasen una mejor explicación de la realidad.

Una vez establecidos los modelos macroscópicos, los resultados mostrados permiten bajar a detalle mediante el desarrollo específico de casos particulares. Desde un punto de vista geográfico y urbanístico, parece interesante analizar porqué ciertas localidades tuvieron un crecimiento mononuclear, mientras que otras no se ajustaron a éste. El modelo icónico inglés de la ciudad jardín podría no haber sido tan decisivo en la conformación de las ciudades inglesas como aparentemente parecía. Los accidentes geográficos, las infraestructuras de transporte, las redes de abastecimiento o la propia acción de la administración podrían haber condicionado la expansión urbana incluso más de lo previsto. Con todo, sería también interesante el desarrollo de estudios monográficos de otras disciplinas que permitiese obtener una visión más amplia de los fenómenos aquí mostrados.

Por último, siguiendo la misma metodología aquí aportada, se podría ampliar el ámbito de estudio para abarcar diferentes países y regiones. Esto permitiría obtener resultados comparables que pondrían en evidencia las diferencias regionales para diferentes períodos de estudio. También se podría ampliar el número de ciudades para mejorar la comprensión de la relación IAP-población urbana.

6. Síntesis

En conclusión, el presente trabajo aporta nuevos argumentos en pro del trascendental papel de las infraestructuras de transporte en la configuración territorial, en este caso, en Inglaterra y Gales. En concreto, demuestra cómo el ferrocarril produjo extraordinarias mejoras en la accesibilidad territorial (IAG). Prueba de ello fue la extensión continuada de nuevas líneas hasta 1921 y las mejoras del indicador debidas al incremento de la red y a la innovación en el material rodante. Se constató, sin embargo, la diferenciación entre regiones centrales frente a otras periféricas. Esto podría haber producido ventajas locacionales para la radicación de actividades industriales y logísticas. Incluso podría haber inducido migraciones poblacionales del campo a la ciudad. En cualquier caso, la red férrea inglesa era lo suficientemente mallada como para garantizar similares niveles de accesibilidad alrededor de las principales aglomeraciones (*London, Birmingham, Newcastle*, la conurbación *Liverpool-Manchester-Leeds o Cardiff*), de modo que la atracción poblacional por disposición de recursos infraestructurales no fuese tan remarcada como en otros países menos desarrollados. La lectura cartográfica demostró que las zonas con mayor dotación de infraestructuras eran las más densas demográficamente, mientras que las que mostraban peores niveles de accesibilidad eran las más despobladas. Todo ello condujo a la obtención de unos

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", GeoFocus, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

resultados cualitativamente interesantes, pero estadísticamente poco significativos. Por lo tanto, no se consiguió probar la relación causa-efecto.

La lectura de los resultados a nivel metropolitano fue más esperanzadora. De las ocho ciudades medias estudiadas, todas ellas mostraron correlaciones inversamente proporcionales entre el indicador de accesibilidad (IAP) y la densidad de población respecto al centro urbano. Además, la mayoría de éstas mostraban buenos niveles de significación. Esto significa que el centro de las ciudades tenía niveles de densidad poblacional superiores a la periferia. Este hecho se consideraba probado según modelos de referencia en las relaciones distancia-renta del suelo (Thünen, 1966) o distancia-densidad de población (Clark 1951), por lo que el presente trabajo contribuye a la constatación de que la accesibilidad pudo ser una variable más explicativa que la simple distancia al centro para entender la distribución poblacional de las aglomeraciones urbanas. Al fin y al cabo, si la unidad de trabajo se ubicaba mayormente en el centro urbano, el trabajador debía buscar el equilibrio entre tiempo y costes para decidir la ubicación de su residencia. En este sentido, las líneas férreas permitían llegar a barrios más lejanos y, por ende, más económicos, con un tiempo de transporte asequible y una comodidad razonable. En cualquier caso, los resultados de las regresiones lineales indican que no todas las localidades responden bien al modelo propuesto. Por este motivo, sería preciso desarrollar análisis específicos de detalle para algunas de las localidades, con la finalidad de constatar cuáles fueron los principales factores inductores de crecimiento urbano. Esto permitiría ajustar nuevos modelos de cálculo con mayor significación en la descripción de los resultados.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

Referencias bibliográficas

Ahlfeldt, G. M. y Wendland, N. (2008): *Fifty years of urban accessibility: The impact of urban railway network on the land gradient in industrializing Berlin*. Hamburg: Universität Hamburg. 36 p.

Alvarez-Palau, E. J.; Martí-Henneberg, J. y Franch, X. (2013): "Evolution of the Territorial Coverage of the Railway Network and Its Influence on Population Growth: The Case of England and Wales, 1871–1931", *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 46 (3): pp. 175–191.

Antrop, M. (2004): "Landscape change and the urbanization process in Europe", *Landscape and Urban Planning*, 67: pp. 9–26.

Atack, J. et al. (2011): "The impact of access to rail transportation on agricultural improvement. The American Midwest as a test case", *The Journal of Transport and Land Use*, 4(2): pp. 5-18.

Atack, J.; Haines, M. R. y Margo, R. A. (2008): *Railroads and the Rise of the Factory: Evidence for the United States, 1850-70*. National Bureau of Economic Research, n.14410.

Barquín, R. (2009): "Una revisión del cálculo del coste de transporte terrestre de Gómez-Mendoza", *Transportes, Servicios y Telecomunicaciones*, 17: pp. 33–57.

Bel i Queralt, G. (2010): "La racionalización de las infraestructuras de transporte en España", *Cuadernos Económicos del ICE*, (80): pp. 211–228.

http://www.revistasice.com/CachePDF/CICE_80_48E7C7CE9CE42B0CFB625CD388BBB660.pdf

Bertolini, L.; Le Clercq, F. y Kapoen, L. (2005): "Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward", *Transport Policy*, 12(3): pp. 207–220.

Bruinsma, F. et al. (2007): *Railway development: Impacts on urban dynamics*. Heidelberg: Physica-Verlag. 419 p.

Caruana-Galizia, P. y Martí-Henneberg, J. (2013): "European regional railways and real income, 1870-1910: a preliminary report", *Scandinavian Economic History Review*, 61(2): pp. 167–196.

Clark, C. (1951): "Urban population densities", *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*, 114(4): pp. 490–496.

Clark, W. A. (2000): "Monocentric to polycentric: new urban forms and old paradigms", A Bridge, G. y Watson, S. *A Companion to the City*, Oxford: Blackwell Publishers Ltd. 141-154.

Cobb, M.H. y Maidenhead Cartographics (2005): *The Railways of Great Britain, a Historical Atlas at the Scale of 1 Inch to 1 Mile*. Vol. 1/2 (England & Wales). Shepperton: Ian Allan Pub. 434 p.

Crafts, N.; Leunig, T. y Mulatu, A. (2008): "Were British Railway Companies Well Managed in the Early Twentieth Century?", *Economic History Review*, 61 (4): pp. 842–866.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): “Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931”, *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

Del Río, E.; Martí-Henneberg, J. y Valentín, A. (2008): “La Evolución de la red ferroviaria en el Reino Unido (1825-2000)”, *Treballs de La Societat Catalana de Geografia*, 65: pp. 654–663. <http://publicacions.iec.cat/Front/repository/pdf/00000071%5C00000007.pdf>

Dupuy, G. (1991): *Urbanisme de Reseaux, théories et méthodes*. Paris: Ed. A. Colins.

Franch, X.; Morillas-Torné, M. y Martí-Henneberg, J. (2013): “Railways as a Factor of Change in the Distribution of Population in Spain, 1900–1970”, *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 46 (3): pp. 144–156.

Gregory, I. N. y Martí-Henneberg, J. (2010): “The Railways, Urbanization, and Local Demography in England and Wales, 1825-1911”, *Social Science History*, 34(2): pp. 199–228.

Gutiérrez, J.; Condeço, A.; López, E. y Monzón, A. (2011): “Evaluating the European added value of TEN-T projects: a methodological proposal based on spatial spillovers, accessibility and GIS”, *Journal of Transport Geography*, 19(4): pp. 840–850.

Gutiérrez, J.; Condeço-Melhorado, A. y Martín, J. C. (2010): “Using accessibility indicators and GIS to assess spatial spillovers of transport infrastructure investment”, *Journal of Transport Geography*, 18(1): pp. 141–152.

Gutiérrez, J.; González, R. y Gómez, G. (1996): “The european high-speed train network”, *Journal of Transport Geography*, 4(4): pp. 227–238.

Halden, D. (2002): “Using accessibility measures to integrate land use and transport policy in Edinburgh and the Lothians”, *Transport Policy*, 9(4): pp. 313–324.

Haywood, R. (2009): *Railways, Urban Development and Town Planning in Britain: 1948-2008. Transport Mobility*. Farnham: Ashgate Publishing Limited. 314 p.

Herce Vallejo, M. (2013): *El negocio del territorio: evolución y perspectivas de la ciudad moderna*. Madrid: Alianza. 388 p.

Herce Vallejo, M. (2004): “Barcelona: Accessibility changes and metropolitan transformations”, *Built Environment*, 30: pp. 127–138.

Herce Vallejo, M. (1983): “La utilización de indicadores topológicos en el análisis de redes de comunicaciones. Ensayo sobre la red de carreteras de Cataluña”, *Docu en ts d’Anàlisi Geogràfica*, 3: 45 p. <http://ddd.uab.cat/pub/dag/02121573n3/02121573n3p3.pdf>

Herranz Loncán, A. (2005): “La reducción de los costes de transporte en España (1800-1936)”, *Cuadernos Económicos del ICE*, 70: pp. 183–203. http://www.revistasice.com/CachePDF/CICE_70_183-203_1A10706D95ADFDC2109B6CC00AEB5B6A.pdf

Karou, S. y Hull, A. (2014): “Accessibility modelling: predicting the impact of planned transport infrastructure on accessibility patterns in Edinburgh, {UK}”, *Journal of Transport Geography*, 35: pp. 1–11.

Koopmans, C.; Rietveld, P. y Huijg, A. (2012): “An Accessibility Approach to Railways and Municipal Population Growth, 1840-1930”, *Journal of Transport Geography*, 25: pp. 98–104.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

Kotavaara, O.; Antikainen, H.; Marmion, M. y Rusanen, J. (2012): "Scale in the Effect of Accessibility on Population Change: GIS and Statistical Approach to Road, Air and Rail Accessibility in Finland, 1990-2008", *The Geographical Journal*, 178 (4): pp. 366–82.

Kotavaara, O.; Antikainen, H. y Rusanen, J. (2011): "Population change and accessibility by road and rail networks: GIS and statistical approach to Finland 1970–2007", *Journal of Transport Geography*, (19): pp. 926–935.

Martí-Henneberg, J. (2013): "European integration and national models for railway networks (1840–2010)", *Journal of Transport Geography*, 26: pp. 126–138.

Mojica, L.; Gregory, I. y Marti-Henneberg, J. (2013): "A new approach to the analysis of urbanisation: the agglomerations of England and Wales (1871-2001)", *Historical Methods*, 46(2): pp. 90-101.

Monzón de Cáceres, A. (1988): *Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte. Aplicaciones en la comunidad de Madrid*. Tesis Doctoral, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. 769 p.

Morillas-Torné, M. (2012): "Creation of a Geo-Spatial Database to Analyse Railways in Europe (1830-2010). A Historical GIS Approach", *Journal of Geographic Information System*, 4: pp. 176–187. http://file.scirp.org/Html/13-8401140_18790.htm

Murayama, Y. (1994): "The impact of railways on accessibility in the Japanese urban system", *Journal of Transport Geography*, 2(2), pp. 87–100.

Schwartz, R.; Gregory, I. N. y Martí-Henneberg, J. (2011): "History and GIS: Railways, population change, and agricultural development in late nineteenth-century Wales", *GeoHumanities: art, history, text at the edge of place*, pp. 251–266. Abingdon: Routledge.

Southall, H. (2011): "Rebuilding the Great Britain Historical GIS, Part 1: Building an Indefinitely Scalable Statistical Database", *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*. 44 (3): pp. 149–159.

Southall, H. (2012): "Rebuilding the Great Britain Historical GIS, Part 2: A Geo-Spatial Ontology of Administrative Units", *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*. 45 (3): pp. 119–134.

Straatemeier, T. (2008): "How to plan for regional accessibility?", *Transport Policy*, 15(2): pp. 127–137.

Subero Munilla, J. M. (2009): "Métodos de análisis de la eficacia espacial de las redes de transporte colectivo de infraestructura fija. Ensayo de indicadores de oferta". Tesis Doctoral. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. 345 p. <http://www.tesisenxarxa.net/handle/10803/6630>

Thévenin, T.; Schwartz, R. y Loïc, S. (2013): "Mapping the Distortions in Time and Space: The French Railway Network 1830–1930", *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 46 (3): pp. 134–143.

Thünen, J.H. von (1966): *Isolated state; an English edition of Der isolierte Staat*. Oxford: Pergamon Press.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): “Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931”, *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

Tong, T. *et al.* (2013): “Evaluating the spatial spillover effects of transportation infrastructure on agricultural output across the United States”, *Journal of Transport Geography*, 30: pp. 47–55.

Vandenbulcke, G.; Steenberghen, T. y Thomas, I. (2009): “Mapping accessibility in Belgium: a tool for land-use and transport planning?”, *Journal of Transport Geography*, 17: pp. 39–53.

Vickerman, R.; Spiekermann, K. y Wegener, M. (1999): “Accessibility and economic development in Europe”, *Regional Studies*, 33(1): pp. 1–15.

Wrigley, E. A. y British Academy (2011): *The Early English Censuses*. Records of Social and Economic History, 46. Oxford: British Academy by Oxford University Press. 322 p.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

APÉNDICE 1

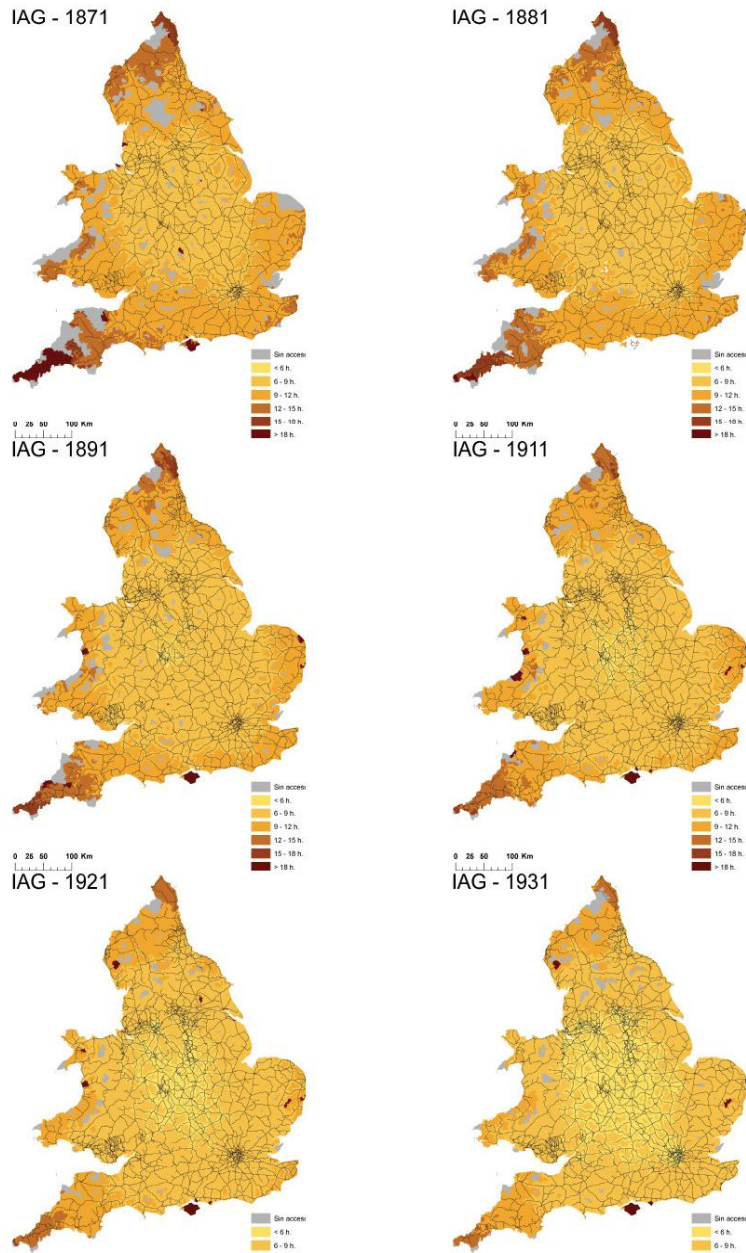


Figura 11. Cálculo de la accesibilidad territorial conferida por el ferrocarril (IAG) en Inglaterra y Gales. 1871-1931.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): "Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931", *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

APÉNDICE 2

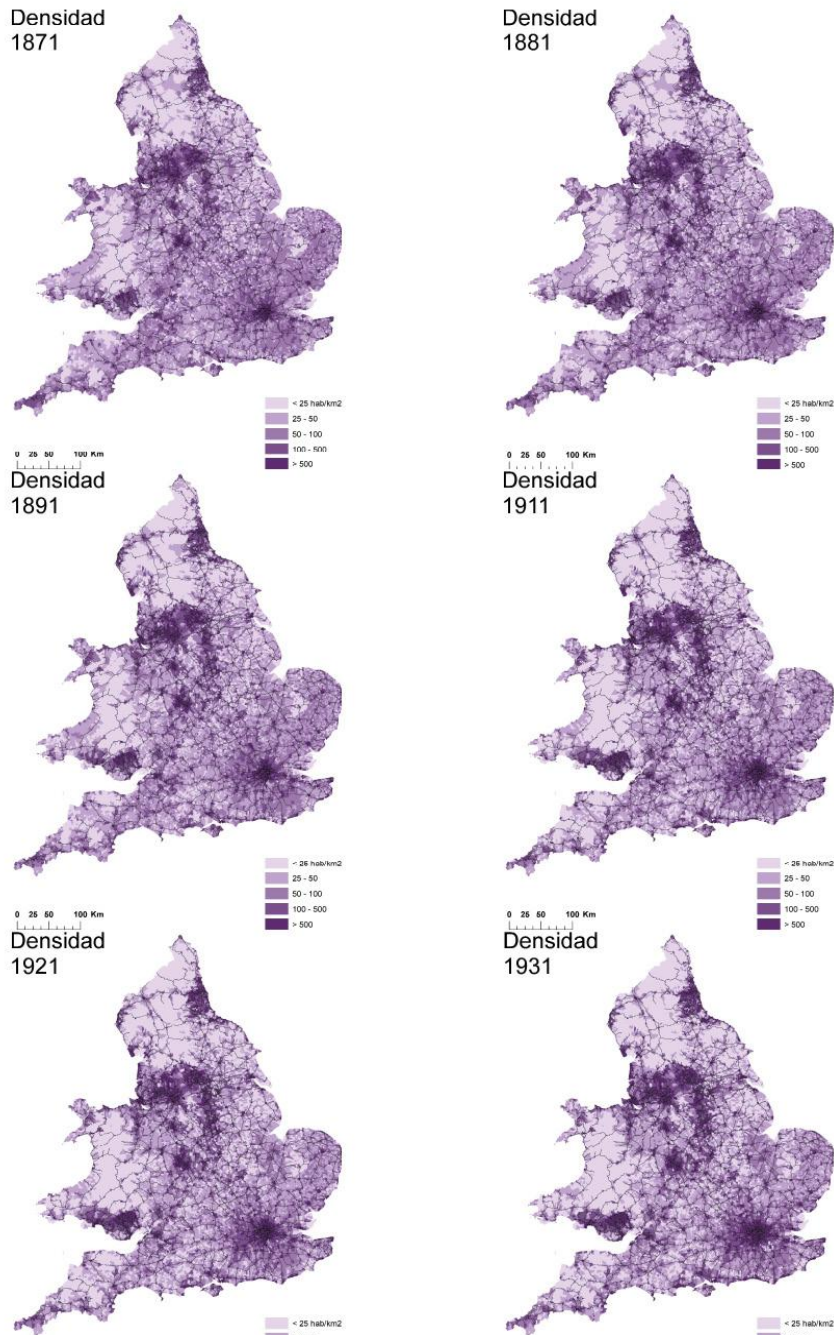


Figura 12. Mapas de densidad de población en Inglaterra y Gales, 1871-1931.

Alvarez-Palau, E. J. y Aguilar Hernández, A. (2015): “Accesibilidad territorial ferroviaria y distribución de población: Inglaterra y Gales, 1871 – 1931”, *GeoFocus*, n°15, p. 75-104. ISSN: 1578-5157

¹ Los datos completos se obtuvieron en el marco del proyecto HGISE (UdL). Su finalidad era elaborar cartografía histórica en SIG y aprovechar las herramientas disponibles para analizar la evolución territorial europea en relación a determinados tópicos (Martí-Henneberg, 2013).

² Aunque se iniciaron en 1801, no fue hasta la creación de la *General Register Office* (GRO) en 1837 en que se unificaron los criterios para la elaboración de los censos (Wrigley, 2011).

³ Lo que supuso más de medio millón de operaciones.

⁴ El cálculo del indicador de accesibilidad mediante el algoritmo de caminos mínimos comportó la necesidad de realizar más de 12 mil millones de operaciones. Evidentemente, sin el potencial de cálculo actual de los ordenadores personales y las facilidades de los SIG hubiese sido imposible de llevar a cabo.

⁵ Para ver la serie completa véase Apéndice 1.

⁶ Para ver la serie completa véase Apéndice 2.

⁷ Por ciudad medias se consideraron aquellas con una población total el año 2001 de entre 100.000 y 200.000 habitantes.

Article 3: Modelo morfológico de crecimiento urbano inducido por la infraestructura ferroviaria. Estudio de caso en 25 ciudades catalanes. (pp. 1-36)

MODELO MORFOLÓGICO DE CRECIMIENTO URBANO INDUCIDO POR LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA. ESTUDIO DE CASO EN 25 CIUDADES CATALANAS.

Eduard J. Alvarez-Palau, Mireia Hernández Asensi, Anna Tort Aymerich

Modelo morfológico de crecimiento urbano inducido por la infraestructura ferroviaria. Estudio de caso en 25 ciudades catalanas (resumen).

Las ciudades catalanas han sufrido desde el siglo XIX el mayor crecimiento poblacional y de extensión urbana de su historia. Los modos de transporte han contribuido a dicha extensión, mejorando la accesibilidad pero a su vez condicionando morfológicamente el crecimiento de la trama urbana.

Para demostrarlo, se analizan mapas históricos, planes urbanísticos y datos socioeconómicos de 25 ciudades catalanas. Con ello se obtiene una reconstrucción cartográfica de la evolución seguida mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que permite comparar diferentes períodos. De esa comparación se establecen patrones de crecimiento que relacionan las ciudades con la infraestructura ferroviaria y que pueden agruparse formando un modelo teórico.

El modelo que se propone está constituido por seis etapas. Las más representativas muestran la atracción que la estación ferroviaria ejerce sobre la ciudad, el efecto barrera causado por las vías férreas, así como los proyectos de superación e integración urbana del ferrocarril.

Palabras Clave: Modelo, ciudad, ferrocarril, morfología, efecto barrera

Morphologic model of urban growth induced by the railway system infrastructure. Case study for 25 Catalan cities (abstract).

Since the XIX Century, Catalan cities have undergone the biggest growth in history regarding their population and urban extension. Transportation systems have contributed to such growth, making the cities more accessible, but at the same time morphologically determining the growth of the urban fabric.

In order to demonstrate this, historical maps, urban plans, and socio-economic data of the 25 Catalan cities are analyzed. Obtaining a cartographic reconstruction of the undergone evolution using Geographic Information Systems (GIS), which allow us to compare different time periods. From the comparison, growth patterns are established relating cities with the railroad infrastructure, and which can be grouped together forming a theoretical model.

The model proposed consists of six stages. The most representative ones show the attraction that the railroad station exerts over the city, the barrier effect caused by the railway system, as well as the projects of urban railroad systems improvement and integration.

Key Words: Model, city, railway, morphology, barrier effect

A finales del siglo XVIII, empiezan a gestarse importantes cambios en las ciudades europeas basados en las innovaciones tecnológicas. Sistemas de transporte, comunicaciones, saneamiento y abastecimiento son los principales impulsores de un nuevo tipo de ciudad, que deja atrás el barroco para instaurarse en la revolución industrialⁱ. En España, dicha revolución se produce ya entrado el siglo XIX. Durante esta etapa, se producen fuertes migraciones del campo a la ciudadⁱⁱ. Con ello, se confina la población en ciudades pequeñas y obsoletas siguiendo la estructura tradicionalⁱⁱⁱ. Este hecho comporta el desbordamiento de la ciudad amurallada y la formación de arrabales, que poco a poco van consolidándose mediante planes y proyectos de ensanche en el exterior^{iv}. Las mejoras socioeconómicas introducidas son evidentes y permiten consolidar el modelo de crecimiento de la ciudad continua durante años. No es hasta la celebración del Congreso de Atenas, en 1930, en que se apuesta por una transición gradual hacia la ciudad moderna. En ésta, se establece una zonificación del suelo urbano separando los usos incompatibles, requiriendo así una mayor ocupación territorial para desarrollar las actividades locales y dando paso a la visión metropolitana actual^v.

Uno de los elementos indispensables para sustentar los cambios en la tipología de ciudad son las infraestructuras de transporte^{vi}. Hasta la ciudad barroca predominan los modos de transporte de tracción animal. De este modo, la conectividad urbana tiene un papel dominante sobre las conexiones territoriales. Con la revolución industrial se introduce la figura del ferrocarril, que permite alcanzar velocidades altas y cargar grandes cantidades de mercancías. Esto conlleva a una fuerte reducción de los tiempos de desplazamiento, sobretodo regional, y beneficia los terrenos urbanos cercanos a la estación por su mayor accesibilidad. Finalmente, con la masificación del uso del automóvil se individualizan los desplazamientos, se facilitan las relaciones con independencia del origen y destino, se potencia el estallido de la ciudad^{vii} y se agudiza el proceso de metropolización^{viii}.

Paralelamente, en otros continentes, como América y África, los sistemas de transporte juegan un papel muy diferente. Las ciudades importantes se consolidan proyectando a su alrededor redes ferroviarias suburbanas, permitiendo la expansión espacial de las mismas^{ix}. No obstante, dónde más incide el ferrocarril es en las zonas rurales. Muchas líneas se proyectan desde los puertos hacia el interior, con la finalidad de incrementar su área de influencia y permitir el drenaje de recursos. Y es mediante este mecanismo que se multiplican por el territorio las promociones inmobiliarias de parcelación y urbanización del suelo anejo a las estaciones^x. En este sentido, se observan diferencias claras respecto al modelo europeo. El ferrocarril se erige como nodo fundacional y, por tanto, la ciudad se proyecta acorde para garantizar su buen funcionamiento.

El crecimiento de las ciudades, la localización de usos y la disposición de infraestructuras de transporte pasan a ser tres variables indispensables para el análisis urbano. En base a ellas, se formulan los primeros modelos que intentan predecir el comportamiento espacio-temporal de las urbes. Von Thünen considera que las actividades agrícolas se sitúan de forma radio-concéntrica a la ciudad central, reduciendo el valor de renta a medida que se alejan del centro^{xi}. Burgess propone el *modelo concéntrico*, dónde sitúa la zona de negocios en el centro, comercios y residencias en segunda instancia, y actividades de menor generación de renta a continuación^{xii}. Hoyt rompe con la propuesta radio-concéntrica para establecer el *modelo sectorial*. Éste, explica cómo las preexistencias pueden alterar la distribución de rentas urbanas y, por tanto, la localización de actividades^{xiii}. Harris y Ullman plantean el *modelo polinuclear*, donde no se considera un único centro sino varios independientes. En torno a éstos se distribuyen las actividades atendiendo a varios criterios, como las incompatibilidades urbanísticas, el precio del suelo, las economías de escala, etc.^{xiv} (ver figura 1). Posteriormente, aparecen otros modelos como el *real* de Vance, o el de *ciudades latino-americanas* de Ford & Griffin, aunque estos responden a lógicas urbanas más complejas.

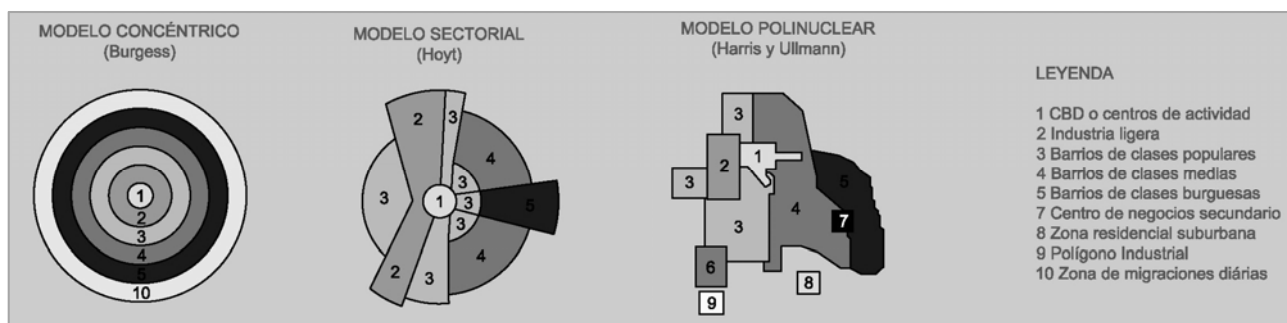


Figura 1: Modelos de organización urbana de las actividades de Burgess, Hoyt y Harris & Ullmann. Fuente: Propia.

En cualquier caso, la influencia de las infraestructuras de transporte acaba alterando la propia escala de análisis, siendo preciso abordar los modelos de forma regional. Las mejoras en accesibilidad permiten reestructurar las áreas de influencia de los mercados y establecer modelos que abarquen las regiones metropolitanas. De este modo se definen nuevos conceptos asociados a modelos reticulares, donde destacan los *Distritos Marshalianos*, las *Redes de Complementariedad* o las de *Sinergia*^{xv}.

Como se percibe, el análisis urbano resulta cada vez más complejo. Es por ello que el presente trabajo propone focalizar el análisis en solamente tres variables: infraestructura ferroviaria, trama urbana y usos del suelo. Evidentemente la simplificación de la realidad impedirá dar respuestas detalladas al fenómeno de la ciudad contemporánea, sin embargo puede acentuar ciertas dinámicas que pudieran pasar inadvertidas mediante un análisis multifactorial centrado en datos actuales. Por otro lado, el hecho de abordar diferentes ciudades permitirá evitar el caso particular en pro de un modelo explicativo general.

Antecedentes

Para comprender los modelos urbanos que relacionan ciudad, ferrocarril y usos del suelo, es necesario empezar por el capítulo de la planificación urbanística. Las posibilidades ofrecidas por el nuevo modo inspiran en los urbanistas del siglo XIX diferentes propuestas de creación de ciudades ex novo en torno de la infraestructura. Soria propone la *ciudad lineal*, proyectando una ciudad de longitud ilimitada y anchura de 50 metros a cada lado de las vías^{xvi}. Posteriormente, Howard define la *ciudad jardín*^{xvii}. En ésta, se plantea una ciudad central industrial conectada radialmente por ferrocarril con ciudades satélite radio-concéntricas de tamaño limitado donde se intercalan residencias y zonas verdes. Al mismo tiempo, diferentes países inician políticas de colonización territorial donde el ferrocarril actúa como nexo de conexión entre las localidades creadas alrededor de las estaciones. En algunos casos –Ghana, Nigeria, India, etc.- la finalidad es simplemente drenar recursos naturales hacia los puertos^{xviii}, mientras que en otros -Estados Unidos, Canadá, Argentina, o Rusia-, se proyecta con la intención de consolidar población en lugares deshabitados^{xix}. En todos estos casos, el ferrocarril no actúa únicamente como modo de transporte, sino que debe considerarse como un agente de creación territorial.

Sin embargo, en Europa los sistemas de ciudades ya estaban plenamente consolidados con lo que se hace difícil que dichas iniciativas prosperen. Abordando la relación entre ferrocarril y ciudad preexistente, se considera el ferrocarril como un agente de consolidación y refuerzo del sistema territorial tradicional. En España, por ejemplo, se proyecta básicamente con dos finalidades. En primer lugar, ferrocarriles de vía estrecha para desarrollar territorios con potencial industrial o extractivo local^{xx}. Y en segunda instancia, ferrocarriles de ancho ibérico para reforzar la estructura territorial preexistente, uniendo las localidades más importantes con la capital^{xxi}. Con todo, se pone poca atención en el ferrocarril como agente impulsor de cambios profundos. De hecho, ni siquiera se

atiende a su facilidad de desarrollo de localidades intermedias que podrían haber incrementado notablemente su rango^{xxii}.

A nivel urbano, el ferrocarril ha sido largamente analizado como integrador territorial por su capacidad de alterar las áreas de influencia de los mercados^{xxiii}. Sin embargo, también ha causado fuertes impactos sobre el entorno urbano, causando externalidades sobre la movilidad local, el medio ambiente o el paisaje. Probablemente las dos obras que más han desarrollado la temática sean *Urbanismo y Ferrocarril* y *Los ferro-carriles en la ciudad*. En la primera^{xxiv}, se clasifica la relación morfológica entre ferrocarril y ciudad en tres grandes apartados: la propia línea, la disposición de la estación y la planificación urbanística. Sobre la infraestructura lineal analiza: cerramientos y pasos, enlaces ferroviarios, redes arteriales ferroviarias y variantes. En cuanto a las estaciones diferencia entre: estaciones terminales, pasantes o de bifurcación, así como por disposición y forma. Sin embargo, lo interesante del caso es el análisis que realiza sobre la implantación de la estación y sus accesos: al borde de la ciudad tradicional, con accesos mediante calle perpendicular, por el patio de coches o mediante eje direccional. Por último, la planificación urbanística en torno al sistema ferroviario, donde considera la creación ex novo de localidades y el crecimiento en forma de ensanche urbano hacia las estaciones. Dicha clasificación es ampliada con un último apartado de ferrocarril como borde urbano, donde plantea la problemática surgida por la contención del crecimiento que supone la infraestructura ferroviaria sobre la trama urbana. La segunda obra^{xxv}, trata la morfología de la ciudad expandida en relación al FFCC, la relocalización de usos y actividades, el efecto barrera que conduce a la segregación social, la importancia de las estaciones y el crecimiento de las localidades por extensión de sus áreas de influencia. Todo ello se entremezcla con la extensión de servicios urbanísticos entre las localidades, como la electricidad o el telégrafo, aunque también con la propia distribución urbana de las redes. Otras obras interesantes son aquellas que vinculan ferrocarril e infraestructura portuaria para determinar la evolución morfológica urbana^{xxvi}. En ellas, se pone de manifiesto la gran importancia de articular un espacio común para potenciar vínculos y evitar impactos negativos. De hecho, son varios los ejemplos de ciudades que han requerido de grandes proyectos urbanos para integrar dichas infraestructuras.

Desde una perspectiva local, existen también diferentes referentes que abordan la relación entre infraestructura ferroviaria y ciudad. En Albacete se reconstruye los 150 años de relación entre el ferrocarril y la localidad desde una perspectiva arquitectónica, ingenieril y de ordenación territorial, entre otros aspectos^{xxvii}. En Zaragoza se constata el impacto del tendido férreo sobre la distribución de población y actividades en su entorno inmediato^{xxviii}. En Burgos se analiza la estación y su entorno, evidenciando la marginalidad del nodo y la falta de iniciativas de coordinación socio-económicas^{xxix}. En Barcelona se estudia la influencia del ferrocarril en la morfología urbana y en la planificación urbanística^{xxx}. También se demuestra el papel ferroviario en la unión de núcleos históricos^{xxxi}, así como en la constitución de la región metropolitana^{xxxii}. En Sevilla se plantea el impacto del tendido ferroviario sobre la ciudad, centrando la atención en el entorno del dogal^{xxxiii}. Incluso en Oviedo se discute el proyecto de reforma urbanística en torno el ferrocarril^{xxxiv}.

A escala europea, existen también diferentes referentes aunque destaca el trabajo *The city and the railway in Europe*^{xxxv}. En éste, se reconstruye la relación ciudad-ferrocarril en diferentes ciudades (París, Praga, Londres, Dublin, Helsinki, etc.), evidenciando similitudes y diferencias entre los diferentes procesos de interrelación.

Además del propio ferrocarril, también el tranvía y el tren de alta velocidad han sido objeto de estudio en nuestras ciudades. El tranvía ha podido ser estudiado desde una perspectiva más histórica. De este modo, existen trabajos que ponen de manifiesto el interés de las compañías eléctricas del siglo XIX en extender la ciudad en torno a los raíles^{xxxvi}, incluso de las consecuencias de sus políticas sobre la ciudad^{xxxvii}. Del tren de alta velocidad la visión temporal es más acotada. Además, su integración sobre el medio urbano consolidado requiere de intervenciones más complejas y

sofisticadas, que en muchos casos acaban significando auténticos proyectos de renovación urbana de escala municipal^{xxxviii}.

Metodología de trabajo

La metodología seguida para llevar a cabo la investigación consistió en elegir las localidades de estudio, caracterizarlas socioeconómicamente, obtener cartografía actualizada en formato SIG, localizar planos y mapas históricos, producir una cartografía evolutiva de cada localidad y plantear el patrón o modelo de crecimiento teórico.

La elección de las localidades de estudio se realizó atendiendo a las características demográficas y de localización dentro del territorio catalán. En concreto, se trabajó sobre 25 municipios con estación de ferrocarril, priorizando las ciudades medias y pequeñas con una población inferior a 150.000 habitantes^{xxxix}. De hecho, únicamente La Pobla de Segur, Les Borges Blanques y Montblanc no reunían el criterio de población mínima para ser consideradas ciudad. No obstante, era preciso incluirlas para contrastar la aplicabilidad del modelo en asentamientos que hayan tenido poco crecimiento durante los siglos XIX y XX.

Un segundo criterio fue que las localidades estuviesen lo suficientemente alejadas de la Región Metropolitana de Barcelona (en adelante RMB). Este criterio, tenía como finalidad conseguir una muestra de ciudades lo más homogénea posible, sin influencias de Barcelona ciudad ni de sus redes de transporte colectivo metropolitano, y con unos ratios infraestructurales ferroviarios parecidos. De este modo, aún y pertenecer a la RMB, se admitió trabajar los casos de Martorell y Molins de Rei. Estas dos localidades, aparte de tener dotaciones normales en cuanto a vías férreas, son de especial interés por las actuaciones que se proyectaron en ellas en diferentes períodos temporales.

Por otro lado, se intentó elegir localidades de las cuatro provincias de forma equitativa. De este modo se aseguraba atender a las diferentes sensibilidades regionales. También se valoró la disponibilidad de elementos infraestructurales que pudiesen ser representativos de conjuntos mayores y que se dispusiera de cartografía histórica suficiente para mostrar las diferentes etapas de evolución morfológica.

En resumen, las localidades elegidas para el análisis fueron las que se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 1.

Localidades elegidas, provincia, año de llegada del FFCC y evolución de la población.

	Provincia	Año de llegada del ferrocarril	Población antes de llegar el ferrocarril (Censo)	Población actual (Padrón)
Balaguer	Lleida	1924	5.325 (1920)	16.952
Borges Blanques, Les	Lleida	1874	3.408 (1864)	6.060
Cambrils	Tarragona	1865	2.199 (1860)	33.535
Figueres	Girona	1877	11.956 (1877)	45.262
Gavà	Barcelona	1881	1.425 (1877)	46.488
Girona	Girona	1862	15.506 (1860)	97.198
Granollers	Barcelona	1854	13.945 (1857)	59.954
Igualada	Barcelona	1893	10.442 (1900)	39.198
Lleida	Lleida	1860	19.557 (1860)	139.834
Manresa	Barcelona	1859	16.193 (1860)	76.570
Martorell	Barcelona	1856	4.136 (1857)	27.457
Mataró	Barcelona	1848	18.425 (1857)	124.084
Molins de Rei	Barcelona	1854	3.002 (1857)	24.805
Mollerussa	Lleida	1860	841 (1860)	14.729
Montblanc	Tarragona	1863	6.628 (1860)	7.356

	Provincia	Año de llegada del ferrocarril	Población antes de llegar el ferrocarril (Censo)	Población actual (Padrón)
Pobla de Segur, La	Lleida	1951	2.469 (1950)	3.156
Puigcerdà	Girona	1922	2.749 (1922)	8.957
Reus	Tarragona	1856	28.171 (1860)	107.211
Ripoll	Girona	1880	3.694 (1877)	10.904
Tàrrrega	Lleida	1860	6.026 (1860)	16.731
Torredembarra	Tarragona	1865	1.919 (1860)	15.310
Valls	Tarragona	1883	13.274 (1887)	25.084
Vic	Barcelona	1875	13.087 (1877)	41.191
Vilafranca del Penedès	Barcelona	1865	6.244 (1860)	39.035
Vilanova i la Geltrú	Barcelona	1881	13.521 (1877)	66.591

Fuente: Elaboración propia en base a datos del *Institut d'Estadística de Catalunya (2012)*^{xl}

Una vez determinadas las localidades a analizar, se descargó del *Institut Cartogràfic de Catalunya* (en adelante ICC) las hojas cartográficas actuales de la serie 1:25.000 en formato shapefile (SIG) que cubriesen todos los términos municipales. La finalidad era disponer de una base cartográfica homogénea de referencia, además de poder trabajar con los polígonos correspondientes a islas urbanas, parcelas y edificaciones. El programario SIG utilizado permitió asignar datos alfanuméricos de año de construcción a cada entidad con el fin de mostrar el crecimiento gradual de la trama urbana^{xli}.

A continuación, se procedió a buscar mapas históricos de los municipios en cuestión a una escala que permitiese su interpretación. El primer análisis fue realizado en base a los mapas disponibles en la *Cartoteca* de Fondos Históricos del ICC^{xlii}. Posteriormente se amplió la información mediante mapas en papel, atlas y fotografías aéreas históricas, como el vuelo americano de 1956. En el apéndice se lista la relación completa de fuentes consultadas.

Por otro lado, se trabajó también sobre cartografía del planeamiento urbanístico municipal a través de una conexión wms^{xliii} con el Registro de Planeamiento Urbanístico de la Generalitat de Catalunya, lo que permitió contrastar la información disponible con la distribución de usos del suelo del entorno de las estaciones.

Con la cartografía editada, se graficaron las diferentes etapas de crecimiento clasificándolas por año y relacionando su crecimiento con la evolución de la infraestructura ferroviaria. De este modo, se pudo identificar distintas etapas evolutivas. Dicha agrupación por casuísticas es la que permite justificar una teorización del modelo propuesto mediante el análisis de los diferentes mapas realizados, demostrando gráficamente determinadas consideraciones que se han planteado históricamente en el ámbito ferroviario.

Modelo morfológico de crecimiento urbano en relación a la infraestructura ferroviaria

La cartografía histórica realizada mediante SIG es analizada e interpretada. Con ello se propone un patrón o modelo de crecimiento de la trama urbana de las localidades en relación a la infraestructura ferroviaria. La propuesta planteada pone énfasis en la extensión gradual de la ciudad en mancha de aceite a lo largo de los años, buscando las interferencias causadas por el modo de transporte férreo sobre la urbe. Así se consigue una mejor visualización de las disfunciones morfológicas causadas y, sobretudo, se facilita la comparación entre localidades para verificar si los efectos son característicos de cada una o si, por el contrario, existe cierta recurrencia.

El modelo resultante comprende las seis etapas evolutivas siguientes:

- E1. Proyección infraestructural ferroviaria en relación a la ciudad preexistente.
- E2. Extensión de la trama urbana condicionada por la estación.
- E3. Contención del crecimiento urbano por efecto borde de la infraestructura.
- E4. Rebase de la línea férrea por actividades urbanas marginales.
- E5. Mitigación del efecto barrera sobre la trama urbana de ambos lados.
- E6. Integración urbana de la infraestructura ferroviaria.

Evidentemente, la definición de un modelo teórico implica ciertas simplificaciones de la realidad. Además, el hecho de tratarse de un modelo basado solamente en el crecimiento cartográfico limita aún más la explicación de la realidad local. Es por ello que no se pretende enumerar todos los motivos que indujeron el crecimiento de cada una de las ciudades analizadas, tampoco cuantificarlo numéricamente, ni siquiera justificar la localización espacial de los distintos usos del suelo. Estas consideraciones pueden ser desarrolladas de forma monográfica en futuras publicaciones.

Lo que sí cabe advertir es que el ferrocarril no ha sido la infraestructura que más ha condicionado la evolución urbana. Caminos y carreteras han ejercido una mayor atracción de actividades. Incluso, han inducido a la localización de usos con mayores requerimientos de accesibilidad urbana y regional por su facilidad de conexión^{xliv}. Sin embargo, existe un factor determinante que facilita el estudio ferroviario por encima del viario: la durabilidad de la infraestructura. El ferrocarril es construido durante los siglos XIX y XX, pero por su rigidez y coste ha permaneciendo prácticamente inalterable hasta nuestros días. A diferencia de las carreteras, su posición poco ha variado en relación a la ciudad y prácticamente no se han construido nuevas líneas que pudiesen alterar el análisis^{xlv}. De este modo se facilita la comprensión y sistematización de las etapas que se describen en el modelo, a la vez que se permite su desvinculación de los ciclos macroeconómicos, de las guerras o de las grandes políticas públicas.

Por otro lado, es conveniente destacar que no todas las localidades completan las seis etapas evolutivas. Existe, por ejemplo, ciudades que no han crecido lo suficiente, ciudades con poca capacidad de inversión para mejorar sus infraestructuras, ciudades condicionadas por accidentes geográficos que limitan su extensión, incluso alguna donde prácticamente no se reconoce ninguna etapa. No por ello se considera inválido el modelo planteado, puesto que cada ciudad tiene sus particularidades que condicionan su crecimiento. De este modo, se refuerza aún más la correlación establecida y se valida la regla propuesta de forma generalizada.

Etapas evolutivas de crecimiento de las localidades

A continuación se describen las seis etapas que constituyen el modelo de relación ciudad – ferrocarril. La demostración de cada una de ellas se realiza a través de los ejemplos más relevantes obtenidos durante el proceso de reconstrucción urbana en SIG de las ciudades analizadas. De este modo, se consigue mostrar los efectos que ha inducido el ferrocarril sobre la trama urbana preexistente de las localidades, pudiendo agrupar casuísticas y clasificarlas por tipología.

E1. Proyección infraestructural ferroviaria en relación a la ciudad preexistente

El diseño de infraestructuras lineales es un problema de encaje geométrico de un trazado en un terreno preexistente. La definición geométrica debe cumplir ciertos condicionantes, tanto en planta como en alzado. En planta, el criterio fundamental es el *radio de curvatura*^{xlvi}, que permite sortear accidentes geográficos y construcciones existentes. En alzado, en cambio, es la *pendiente* la que marca la adaptación longitudinal de la rasante al terreno. En el campo ferroviario ambos parámetros deben seguir criterios muy rígidos para garantizar una circulación confortable y a velocidades razonables. Si además la orografía del terreno es ondulada el encaje se complica, siendo necesario plantear obras de fábrica como puentes y túneles que encarecen el coste de la obra. De este modo, y

sabiendo de las dificultades de financiación de los ferrocarriles en el siglo XIX, es lógico pensar que los proyectistas optasen por trazados lo más ajustados posible al terreno.

Al mismo tiempo, es importante recordar que muchas de las localidades actuales se encontraban en un estado incipiente. Algunas de ellas no había superado siquiera el recinto amurallado. Otras aún no se habían constituido. Este aspecto es fundamental para entender la relación entre ciudad y ferrocarril. Los criterios de construcción de las ciudades medievales ponían el énfasis en la defensa militar; de este modo se erigían encima de cerros y mesetas para poder controlar el entorno. Existía, por tanto, grandes diferencias de cota entre el terreno y determinadas localidades existentes, lo que dificultaba dar un buen servicio ferroviario a los potenciales usuarios.

En base a los mapas analizados se constata esta desvinculación entre infraestructura y ciudad. A la vez, se pone de manifiesto la voluntad de no crear interferencias en las construcciones existentes para evitar procesos de expropiación que incrementasen el coste y demorasen los plazos. Esto llevó a la creación de una red ferroviaria mayoritariamente alejada de los centros poblacionales, sobre todo cuando su relación era mediante estaciones de paso de las líneas. En ciudades con estaciones terminales, la distancia de dichas estaciones en relación al municipio fue menor puesto que no constituían una barrera tan significativa.

En la figura 2a se muestran ejemplos de ciudad con estación de paso, como Lleida, Balaguer o Girona. En ellas, el trazado infraestructural se desvinculó de la trama urbana existente, pasando de forma perimetral y creando el mínimo impacto sobre la ciudad. A continuación (2b), se muestra el caso de dos localidades, Igualada y Reus, donde el ferrocarril tenía parada terminal y por tanto se proyectó la estación en terrenos más céntricos. De este modo, se redujo el impacto urbanístico y se facilitó la integración futura del ferrocarril en la trama urbana.



Figura 2. A) Trama urbana histórica de las localidades de Lleida (1820), Balaguer (1894) y Girona (1809) en relación a la línea ferroviaria^{xlvi}. B) Mapa histórico de Igualada (1949) y Reus (1922) donde se observa la inserción urbana de las líneas terminales. Fuente: Propia sobre bases del ICC y Cartoteca - ICC.

E2. Extensión de la trama urbana condicionada por la estación

La mayor expansión ferroviaria en España estuvo vinculada a la revolución industrial de la península; lo que a su vez, implicó un fuerte crecimiento demográfico en las regiones más productivas. De este modo, puede vincularse a la segunda etapa del modelo la superación definitiva de la ciudad amurallada y el crecimiento urbano por extensión de las nuevas redes de servicios urbanísticos. Las poblaciones conectadas con el ferrocarril se identificaron como nuevos polos de atracción, tanto por su mejora de la accesibilidad por cercanía a la nueva línea como por las posibilidades que ello brindaba a nivel socio-económico.

Iniciado el siglo XIX, localidades como Montblanc, Mollerussa o Les Borges Blanques todavía no habían superado su núcleo histórico (figura 3a). Otras localidades de mayor envergadura como Figueres, Granollers o Igualada tan solo mostraban incipientes arrabales en torno al núcleo primitivo. Incluso ciertas localidades fueron creadas exnovo alrededor de las estaciones ferroviarias^{xlvi}. Así, parece razonable vincular el ferrocarril con un proceso de crecimiento urbano inédito hasta la época^{xlix}.

La concepción del crecimiento urbano dependió en gran medida de las posibilidades de cada población y sus gobernantes. Algunas de ellas, sobre todo las de mayor envergadura, entendieron la importancia del ferrocarril y visualizaron el proceso de crecimiento que estaba por llegar. Por ello, planificaron urbanísticamente sus ciudades mediante Planes de Ensanche o Planes Generales de Ordenación. De este modo, se empezó a definir como se proyectaría cada ciudad en las próximas décadas. El proceso fue tan decisivo que se llegaron a alterar los patrones previos de crecimiento radio-concéntrico, dando paso a una trama urbana tensionada desde el centro hacia el ferrocarril.

La disposición de la estación ferroviaria en relación al centro histórico jugó un papel preponderante en esa planificación. Al ejercer de polo de atracción, indujo el crecimiento urbano y condicionó morfológicamente las localidades servidas. Pueden visualizarse en la figura 3b casos en los que se proyectó una avenida con edificaciones a ambos lados (Lleida o Valls), grandes ensanches urbanos (Balaguer o Girona) o nuevos barrios alejados del centro original (La Pobla de Segur o Ripoll). Por otro lado, aparte del propio crecimiento inducido, pueden observarse también elementos urbanos con una vinculación directa al FFCC, como la Plaza de la Estación o edificaciones singulares. En cualquier caso, es evidente que esta etapa del modelo refuerza la hipótesis de crecimiento urbano por proximidad y por extensión de las redes de infraestructuras^l. En definitiva, la accesibilidad regional proporcionada por el ferrocarril a la ciudad es motivo suficiente como para que los nuevos asentamientos urbanos se sitúen entre la ciudad preexistente y la estación.





Figura 3. A) Montblanc dentro de las murallas (1668), y mapa histórico (1908) donde se muestra el crecimiento del arrabal situado en dirección a la estación férrea. B) Paseo de la Estación de Valls (1881, 1908, 1939), Ensanche de Balaguer (1894, 1939) y Barrio de la Estación de La Pobla de Segur (1908, 1948, 1988). Fuente: Cartoteca – ICC y propia sobre bases del ICC.

Entre las localidades que optaron por la planificación urbanística para delimitar su crecimiento destaca el caso de Vilanova i la Geltrú (figura 4a). La localidad garrafense constituye un caso interesante de estudio por haber planificado su crecimiento urbano antes de la llegada del ferrocarril. Este hecho se explica por la tardanza en disponer de la infraestructura (año 1881) a pesar de su cercanía a Barcelona, pero la necesidad de abrir un túnel bajo el macizo del Garraf fue un claro limitante en la extensión férrea metropolitana. En cualquier caso, al haber planificado su crecimiento urbano previamente, se generó un importante debate sobre el modo en que el ferrocarril debía encajar en la ciudad. Incluso los propios proyectistas ferroviarios llegaron a plantear diferentes alternativas de trazado para calibrar su inserción respecto al crecimiento previsto. Este hecho fue de vital importancia por tener en consideración los impactos que la infraestructura causaría en la ciudad y por prever las obras necesarias de adecuación para minimizar dichas afectaciones.

Sin embargo, otras localidades no consideraron conveniente iniciar un proceso de planificación urbana y permitieron un crecimiento espontáneo de sus tramas urbanas. Así, expandieron sus calles de forma orgánica y sin atender al potencial estructurador de ciudad que tienen las redes de infraestructuras. Evidentemente que la estación también constituía un punto de referencia para los ciudadanos, motivo por el que se concibió un camino o paseo que uniese el pueblo y la estación. Pero en torno a este, se fueron instalando residencias y actividades sin más orden que la alineación con el propio vial y sin crear un patrón claro. A modo de ejemplo se muestran en la figura 4b los casos de Les Borges Blanques o Ripoll, donde se observa el estiramiento lineal que indujo el FFCC sobre la trama urbana.



Figura 4. A) Plano General de Vilanova i la Geltrú (1881) en contraposición al crecimiento urbano real de la localidad con FFCC (1500, 1876, 1908). B) Evolución de la trama urbana de Les Borges Blanques (1850, 1914) y Ripoll (1856, 1939) en relación a la estación ferroviaria. Fuente: Cartoteca - ICC y propia sobre bases del ICC.

E3. Contención del crecimiento urbano por efecto borde de la infraestructura

En la etapa anterior se ha demostrado el paso de un modelo de crecimiento radio-concéntrico hacia un modelo de estiramiento desde los núcleos históricos hasta el ferrocarril. Esta alteración causada

por la expectativa de una mayor accesibilidad generó una fuerte atracción que distorsionó las dinámicas preexistentes. Sin embargo existen otras formas de alteración morfológica de las ciudades que, en vez de inducir crecimiento, actúan de forma contraria: conteniendo la trama urbana. En las ciudades medievales y de principios de la revolución industrial este efecto fue claramente regido por las murallas. No obstante, a partir de la implementación y colmatación de los primeros planes de ensanche, empiezan a manifestarse disfunciones en el crecimiento urbano causadas principalmente por accidentes geográficos. Montañas, ríos o el propio mar Mediterráneo actuaron como limitantes del crecimiento tendencial de las localidades (figura 5). Incluso la infraestructura ferroviaria llegó a erigirse como un nuevo impedimento a la extensión urbana^{li}. Es por ello que se considera determinante la proyección del trazado ferroviario en relación a la ciudad.

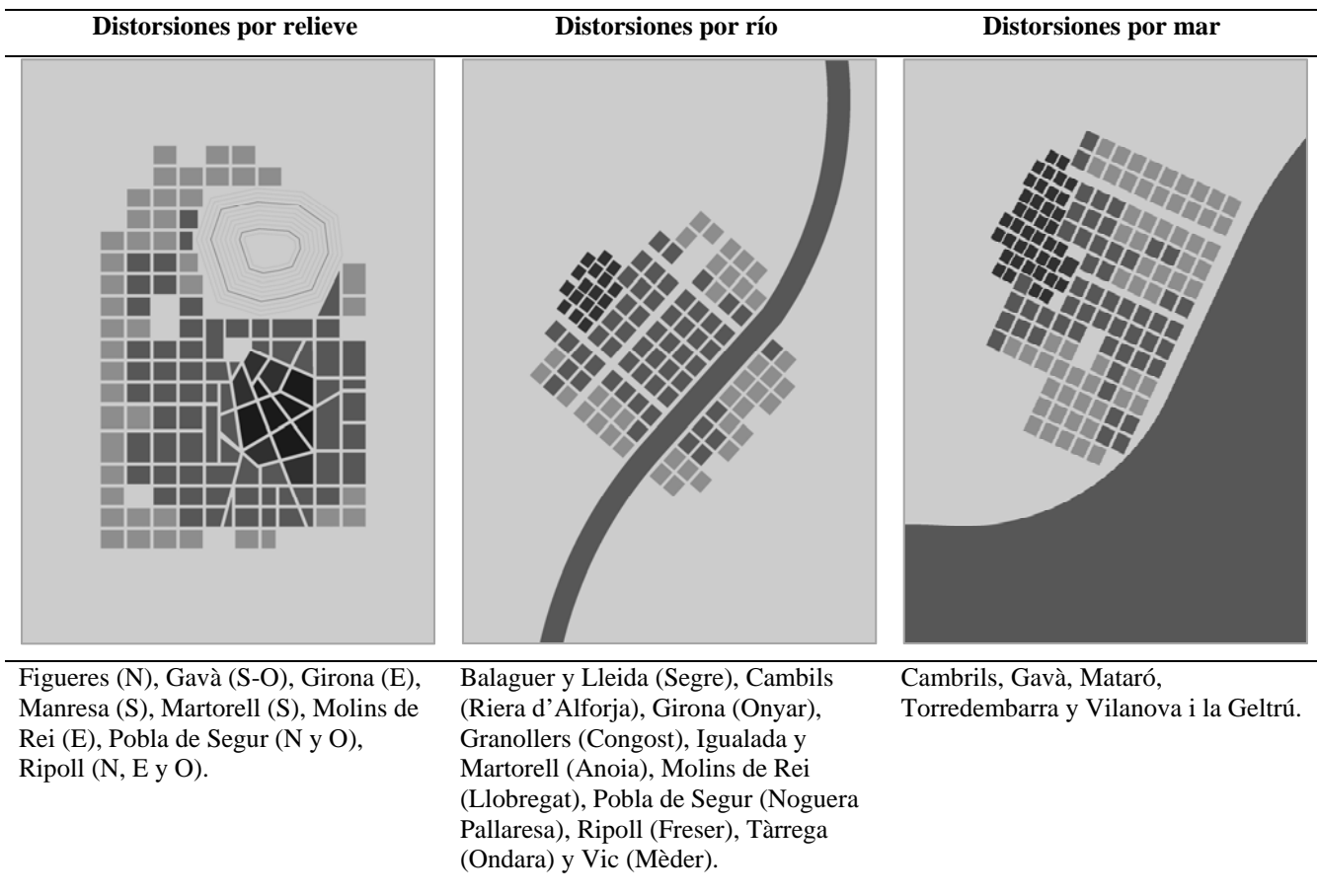


Figura 5. Croquis de las disfunciones sobre el crecimiento radio-concéntrico de una ciudad en terrenos con anisotropía geográfica. Efectos causados por una montaña, un río y el mar, respectivamente, en las ciudades analizadas. Fuente: Propia.

Ante la previsible contención que generarían los accidentes geográficos en la extensión futura de las ciudades, determinados proyectistas optaron por hacer pasar la infraestructura lineal aprovechando el propio accidente. Ejemplos de ello serían los casos de Mataró, Martorell o Manresa (figura 6a). De este modo, la ciudad vería limitada su extensión en un sentido pero podría crecer en sentido contrario. Otros proyectistas, en cambio, prefirieron trazar el ferrocarril por el otro lado y limitar la extensión en ambas direcciones, como ocurrió en Granollers, Tàrraga o Molins de Rei (figura 6b). Un tercer caso correspondería a las localidades con núcleos urbanos diferenciados, como Cambrils, Vilanova i la Geltrú o Torredembarra, donde el trazado se proyectó entre ambos (véase etapa E4).



Figura 6. A) Contención de la trama urbana sud de Manresa (1850, 1908, 1948) que aprovecha el FFCC para pasar entre la localidad y la montaña, a continuación del río Cardener. A la derecha, contención de la trama urbana sureste de Mataró (1800, 1878, 1948) causada por el mar y reforzada por el ferrocarril. B) Contención de la trama urbana de Molins de Rei (1850) al quedar su núcleo encajado entre el trazado férreo y el río Llobregat; y Tàrraga (1850, 1910) situada entre el ferrocarril y el río Ondara. C) Postal histórica de Puigcerdà (1940) donde se observa la diferencia de cota entre la localidad y la estación. A la derecha, evolución de su trama urbana (1888, 1925, 1954) en planta. Fuente: Propia sobre bases del ICC.

Existió también otro condicionante importante en el momento de prever dicha relación: la orografía del territorio. En terrenos ondulados, la elección de la rasante ferroviaria en relación a la cota del núcleo poblado también implicó ciertas disfunciones. Anteriormente se cita la dificultad de dar servicio a las localidades situadas a cotas elevadas respecto el terreno circundante, es decir encima de cerros o mesetas. En estos casos, el ferrocarril se proyectó siguiendo la cota del terreno y sin forzar la rasante. De este modo, el acceso de la localidad hacia el ferrocarril debía superar una fuerte pendiente. Puigcerdà o Les Borges Blanques son claros ejemplos de ello (figura 6c). Lo realmente interesante de estos casos se visualizará en los dos últimos apartados, puesto que esta diferencia de cota redujo el efecto borde y facilitó la integración urbana del ferrocarril.

La estación ferroviaria atrajo el crecimiento urbano hasta colmatar el espacio disponible entre ambos, pero el hecho de haber proyectado el ferrocarril como una infraestructura segregada y atendiendo principalmente a criterios funcionales impidió una correcta integración urbanística. Normalmente el ferrocarril circulaba a nivel del suelo para minimizar el coste de construcción y además, disponía de cerramientos que impedían el cruce de las vías por parte de la población. Este hecho supuso el aislamiento de todos aquellos terrenos situados al otro lado de las vías, donde únicamente era posible cruzar por los pasos a nivel habilitados, lo que reducía considerablemente la accesibilidad. El efecto causado, a parte de la limitación en el crecimiento, fue la marginalización de los terrenos del otro lado y la consecuente caída de su valor de mercado.

En esta etapa de crecimiento es cuando el efecto borde del ferrocarril fue más notable. Ante la necesidad de seguir creciendo, las ciudades se encontraron con un límite que impedía seguir el mismo modelo de crecimiento que hasta el momento se había dado. En los casos estudiados se observa como al entrar en contacto ciudad y línea férrea, ésta no suele superarla. Esto supone un cambio en el patrón de crecimiento que se había dado hasta entonces, que deja de ser axial en dirección a la estación del ferrocarril para extenderse perpendicularmente. Es fácil, por tanto, observar en esta etapa un cambio morfológico de crecimiento, pasando de la extensión hacia la estación a encontrarse con el efecto borde de contención que impide trasladarse al otro lado de las vías.

El análisis de las localidades muestra en este caso algunas divergencias. Ciertas ciudades estudiadas acaban su crecimiento en relación al ferrocarril en esta etapa. Mataró o Manresa, donde el FFCC circula entre la ciudad y un accidente geográfico, nunca llega a superarse la infraestructura por motivos evidentes. Además, localidades más pequeñas como Puigcerdà, Les Borges Blanques o Montblanc, no llegan a superar el ferrocarril por no haber crecido lo suficiente en el período estudiado. En este caso, basaron su crecimiento posterior en otras infraestructuras de transporte más relevantes, como las destinadas al automóvil.

E4. Rebase de la línea férrea por actividades urbanas marginales

Una vez el crecimiento urbano por ensanche colmató los terrenos disponibles, la infraestructura se convirtió en un límite que acabó derivando en el efecto borde. El crecimiento urbano viró de dirección pasando a ocupar los terrenos colindantes sin superar la vía férrea. Y los terrenos del otro lado se marginalizaron, reduciendo considerablemente su valor. Lejos de suponer un impedimento, la ciudad siguió atenta a las expectativas. A medida que subía el precio del suelo en un lado y bajaba en el otro, subía el interés de los promotores urbanísticos para superar la vía férrea. Fue así como determinadas actividades superaron la barrera física ejercida por la infraestructura ferroviaria para instalarse aisladamente al otro lado de la misma. La diferencia de valor de los terrenos unida a la proximidad respecto la estación compensaba la pérdida de accesibilidad urbana. Era tal el grado de marginalidad espacial en determinados casos, que algunos asentamientos situados al otro lado de las vías eran prácticamente autosuficientes y tenían ratios de autocontención muy elevados. De hecho, analizando la situación desde el punto de vista antropológico, se podría demostrar que incluso hoy día es posible percibir dicha casuística en algunos núcleos^{lii}.

El análisis pormenorizado de los usos del suelo permite visualizar como las actividades agrícolas y ganaderas tradicionales empiezan a dejar paso a otras de tipo industrial, logístico, de servicios o incluso residencial de baja renta. Prácticamente todas las localidades analizadas han seguido una evolución similar. El caso de Gavà (figura 7a) agruparía aquellas ciudades donde el uso industrial comercial predominó y continua intacto. Mollerussa (figura 7b) representaría las localidades donde se radicó poca industria y siguen predominando los usos agrícolas.

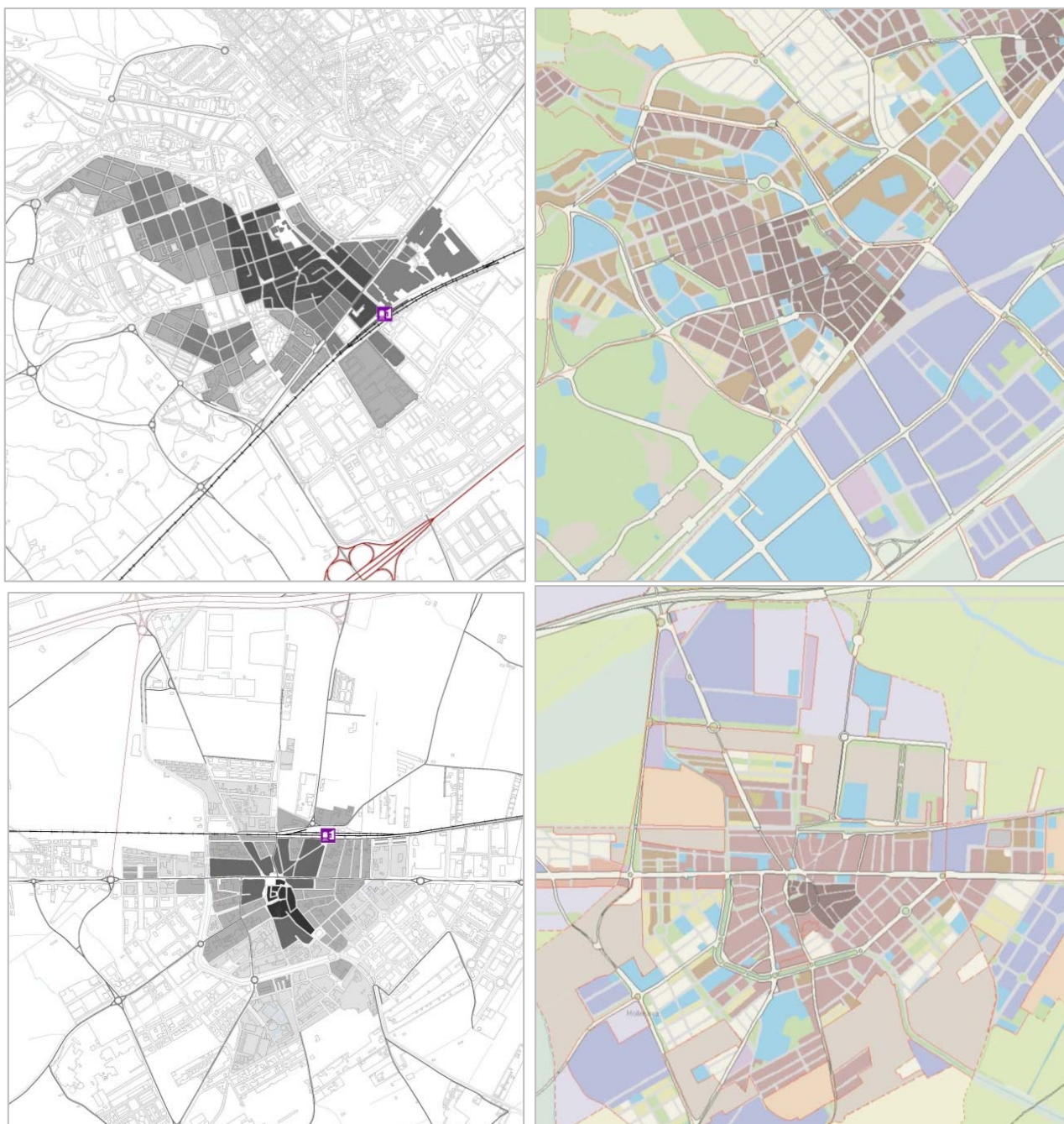


Figura 7. A) Sobrepase de la infraestructura ferroviaria por la trama urbana de Gavà (1900, 1949, 1967) constituyendo el Polígono Industrial La Post. Para ello se aprovecha el paso habilitado en la Av. Bertran i Güell. A la derecha se indican los usos del suelo actuales en la zona, donde sigue predominando la actividad industrial y comercial. B) Sobrepase de la infraestructura ferroviaria por la trama urbana de Mollerussa (1850, 1900, 1950) constituyendo el Polígono Industrial de l'Estació. A la derecha se indican los usos del suelo actuales en la localidad donde se combinan actividades industriales y residenciales. En todo caso, se puede observar también que gran parte de los terrenos aún están libres o destinados a actividades agrícolas. Fuente: Propia y Mapa Urbanístic de Catalunya (PTOP).

Todas estas localidades vivieron el salto al otro lado de las vías siguiendo un patrón claro. En la mayoría de casos incluso se encuentra coincidencias en cuanto a los usos del suelo radicados. Existe, sin embargo, un pequeño reducto de asentamientos donde las dinámicas fueron distintas: las ciudades con más de un núcleo de población. En estos casos, sobretudo cerca del mar u otros accidentes geográficos, la elección del trazado ferroviario dividió los diferentes núcleos poblacionales del municipio. Torredembarra o Cambrils (figura 8) constituyen claros ejemplos de ello. En estas localidades no se siguió el patrón típico de evolución morfológica, puesto que al tener dos núcleos residenciales se produjo una situación parecida a la etapa anterior (E2) pero en ambos lados de las vías. De hecho, sería interesante estudiar si, en estos casos, la caída de valor del precio del suelo se produjo también marginando uno de los núcleos. O si por el contrario, ambos mantuvieron elevadas expectativas y precios, que sería lo más razonable.



Figura 8. Evolución de la trama urbana de los dos núcleos de Cambrils (1914, 1956, 1986) y de Torredembarra (1885, 1914, 1983) en relación a la estación ferroviaria. En ambos se observa como la trama urbana avanza progresivamente hacia la estación hasta encontrarse con la infraestructura férrea. Fuente: Propia sobre bases del ICC.

E5. Mitigación del efecto barrera sobre la trama urbana de ambos lados

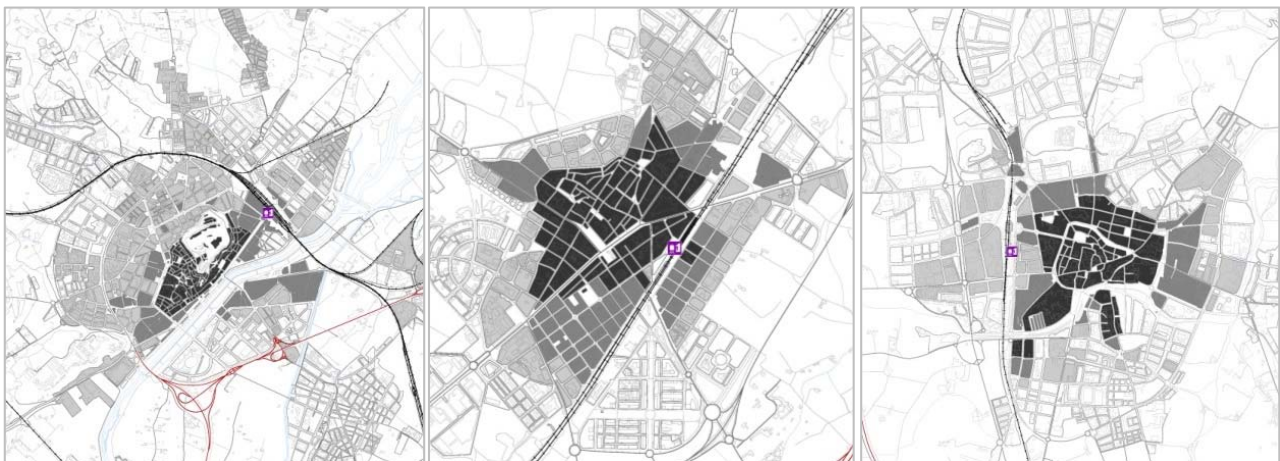
Una vez instaladas las primeras actividades al otro lado de las vías, empezaron a cambiar las dinámicas de crecimiento urbano. Los terrenos situados en los ensanches decimonónicos estaban colmatados y era mucho más asequible cruzar las vías que situarse alrededor. Trabajadores de las industrias deslocalizadas se mudaron cerca del lugar de trabajo, con lo que esos nuevos barrios ganaron población. Las actividades iban aumentando su capacidad productiva y de abastecimiento de los mercados, a la vez que se consolidaban como nuevo polo urbano.

Sea por el hecho de mejorar el abastecimiento y reducir la marginalidad, o sea por imperativo de la población trabajadora, se empezaron a prever pasos a nivel para cruzar la infraestructura. Las relaciones entre núcleos siguieron creciendo progresivamente y el efecto borde, que inicialmente contenía el crecimiento de la trama urbana, ahora se convertía en *efecto barrera* por limitar los desplazamientos entre ambos lados. Cabe además recordar un hecho determinante de principios de los '50: la generalización del uso del automóvil. Para las ciudades fue determinante, puesto que acabó con el crecimiento en ensanche por estiramiento de redes en pro de un nuevo modelo policéntrico y con entidades de funcionamiento autónomo. Es decir, aparece un nuevo modelo de crecimiento morfológico de las ciudades^{liii}. La mejora de accesibilidad otorgada por el automóvil permitió poner espacio entre residencia y trabajo, con lo que se produjo una gran dispersión de usos

y actividades, y por consecuencia el estallido de las ciudades^{liv}. La proximidad y la conexión a la red férrea dejan de ser los factores preponderantes en la localización de actividades en las ciudades. Además, el nuevo modo no requería de una infraestructura fija y exclusiva como el ferrocarril. Este podía adaptarse a carreteras y caminos preexistentes y, por supuesto, a las calles de las ciudades.

La universalización del automóvil cambió las dinámicas de transporte urbano e interurbano. Las carreteras ganaban peso sobre el ferrocarril, aunque este seguía manteniendo prioridad en los cruces a nivel. La inseguridad de los mismos y las colas que empezaban a formarse a ambos lados fueron factores determinantes para proyectar los primeros pasos a distinto nivel. De este modo, nacen las primeras intervenciones para segregar carreteras de largo recorrido, evitando así la espera en los cruces^{lv}. Posteriormente, son las localidades las que plantean la necesidad de segregar los principales viales. Sin embargo, al ser el Estado el propietario del ferrocarril y el coste de las obras muy elevado, se hace difícil que estas reivindicaciones acaben siendo implementadas si no es bajo sufragio económico de las localidades o de los futuros propietarios de nuevos sectores de planeamiento urbanístico. En cualquier caso, las ciudades más sensibilizadas consiguen los primeros cruces segregados. Esto permite recuperar el crecimiento radio-concéntrico aunque, lógicamente no de forma isótropa sino fuertemente condicionada por la infraestructura. Con ello se demuestra gráficamente que las ciudades retoman el crecimiento y superan la barrera ferroviaria. Prácticamente todas las localidades analizadas muestran evidencias de este salto de la trama urbana hacia el otro lado de las vías. Como ejemplo, en la figura 9a se muestran las ciudades de Lleida, Vilafranca del Penedès y Vic.

El elemento primordial para permitir dicho efecto son los pasos a distinto nivel. Estudiando las localidades más detenidamente se observa la progresiva construcción de estos, cosa que permite la extensión de la trama urbana como consecuencia de una clara mejora en las condiciones de seguridad y accesibilidad. El número de pasos disponibles es variable dependiendo de los recursos y de la capacidad de influencia de cada localidad sobre administraciones con posibilidades de inversión. A continuación se muestra en la figura 9b los casos de Granollers y Figueres para ejemplificar dicha consideración. En la primera, todos los pasos son a distinto nivel, mientras que en la capital ampurdanesa todavía existen pasos a nivel con barrera:



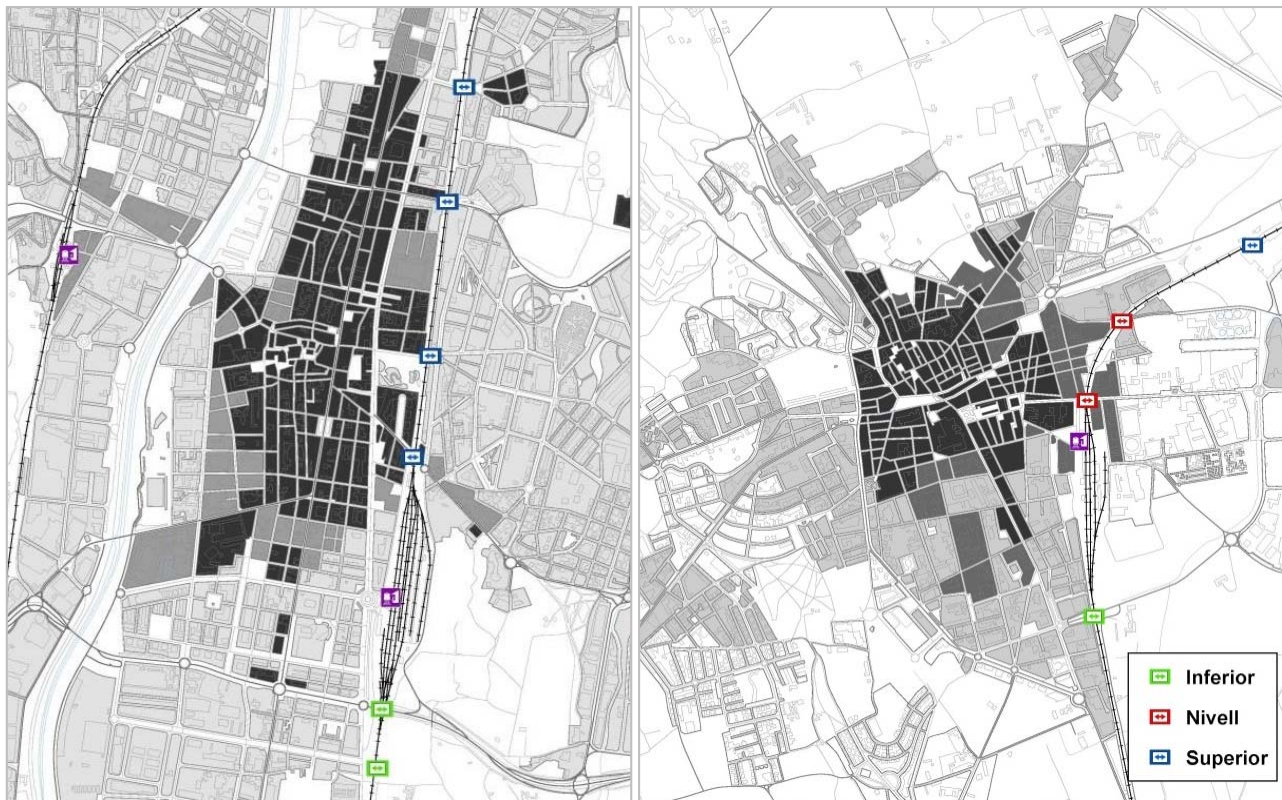


Figura 9. A) Superación de la infraestructura ferroviaria por parte de las ciudades, donde se observa la distorsión creada sobre la morfología urbana. Lleida (1975), Vilafranca del Penedès (1930) y Vic (1930). B) Pasos inferiores, superiores y a nivel en las localidades de Granollers y Figueres. En la primera se observa hasta 6 cruces -todos segregados-, mientras que en Figueres existen 2 cruces y 2 pasos a nivel. Fuente: Propia sobre bases del ICC.

E6. Integración urbana de la infraestructura ferroviaria

La relación entre ferrocarril y ciudad se ha venido deteriorando de forma constante desde la universalización del vehículo privado motorizado. El efecto barrera producido sobre las relaciones de movilidad, el efecto de los cerramientos sobre el paisaje urbano, externalidades como contaminación, ruidos, etc., son solo algunos de los argumentos esgrimidos por vecinos y gobernantes locales para cuestionar la infraestructura ferroviaria a su paso por la ciudad. Algunos de ellos, incluso han llegado a pedir alteraciones de trazado o el soterramiento infraestructural.

Cierto es que la construcción de pasos segregados a diferente nivel ha permitido mejorar las relaciones entre vecinos de ambos lados, pero no lo suficiente como para suplir la falta de inversiones en la infraestructura. Es necesario observar que la construcción de dichos pasos pocas veces es financiada por la administración ferroviaria, teniendo que ser los propios municipios quienes deban sufragar las intervenciones. Este argumento les da fuerza para pedir corresponsabilidad al Estado y a las compañías vinculadas. Por ello, intentan implicarlos en la planificación urbanística municipal haciéndoles partícipes de los proyectos locales surgidos a raíz de grandes intervenciones que requieren de la supresión de las líneas actuales. Y evidentemente, proponen que sea otra administración quien asuma la inversión necesaria. Esto hace que un número muy reducido de proyectos lleguen a materializarse y que, además, deban cumplir unos criterios de priorización muy estrictos. Sin embargo, existe una gran variedad de ejemplos de integración urbana de infraestructuras ferroviarias^{lvi} que se exponen a continuación.

El caso más solicitado desde las esferas locales es el soterramiento del ferrocarril. Es decir, rebajar la rasante de la infraestructura manteniendo el trazado en planta para que el municipio pueda mantener la centralidad en torno a la estación existente remodelada sin sufrir el efecto barrera, ni otras externalidades. La accesibilidad regional conferida por el ferrocarril se mantiene constante, y

aumenta exponencialmente la accesibilidad urbana entre los barrios colindantes a la infraestructura. Evidentemente es una solución con un coste económico muy elevado, por lo que para ser viable se requiere la inversión de varias administraciones en colaboración con el sector privado. Un claro ejemplo de dicho procedimiento se observa en la ciudad de Vic (figura 10a). En esta, sin inversión en AVE, se consiguió reducir la cota de rasante de casi medio kilómetro de vías. Posteriormente, ciudades como Girona o Figueres también han intentado actuar de igual modo al recibir la inversión en alta velocidad, aunque parece que sólo la primera ha podido cumplir con el objetivo propuesto.

Una casuística similar ocurre en aquellos casos en los que la rasante ferroviaria se encuentra desvinculada de la rasante urbana, concretamente en situación de depresión. Como se ha comentado anteriormente, el trazado férreo está condicionado por parámetros de diseño muy restrictivos que impiden cambios bruscos en planta y alzado. Por ello, en ciertas localidades el ferrocarril se proyectó en trinchera con relación a las calles y edificaciones anejas. En estos casos el proceso de soterramiento se simplificó a una simple cobertura de las vías mucho más económica y en consecuencia viable. Martorell, Molins de Rei o Lleida consiguieron cubrir el ferrocarril. En la primera se proyectó la cobertura en 1978 creándose el Paseo de Catalunya como zona verde urbana de casi 1 km de longitud, situada entre la calle Beguer y la Avenida del Capitán Batllevell (figura 10b). En el segundo caso, el crecimiento sobre la cobertura fue más anárquico, dando lugar en 1894 al Paseo de la Pau, la Plaza dels Països Catalans y la Plaza Mercè Rodoreda. En la capital del Segrià se cubrieron 750 metros de infraestructura entre la Plaza Europa y la estación ferroviaria. En este último caso, se asoció la construcción del tren de alta velocidad por la misma traza que el convencional y se aprovecharon las posibilidades de inversión para cubrirlos.

Alterar la rasante ferroviaria para reducir el impacto urbano plantea otra posibilidad para mejorar la integración urbana. A diferencia del soterramiento, que rebaja la cota, existen casos en los que se eleva el ferrocarril mediante un viaducto urbano. De este modo, se consigue evitar los efectos borde y barrera sobre el crecimiento urbano y sobre la movilidad de los barrios vecinos. Por contra, el ferrocarril sigue visible y crea un fuerte impacto paisajístico además de otras externalidades a los vecinos. El caso más emblemático sería el de Girona (figura 10c), dónde se elevó la rasante del ferrocarril en más de 1,5 km de longitud. La intervención se realizó a finales de los '60 y tenía como clara voluntad la supresión de los pasos a nivel.

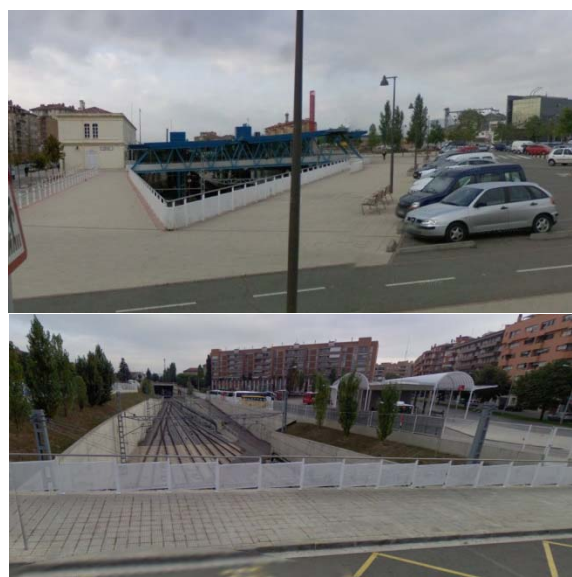
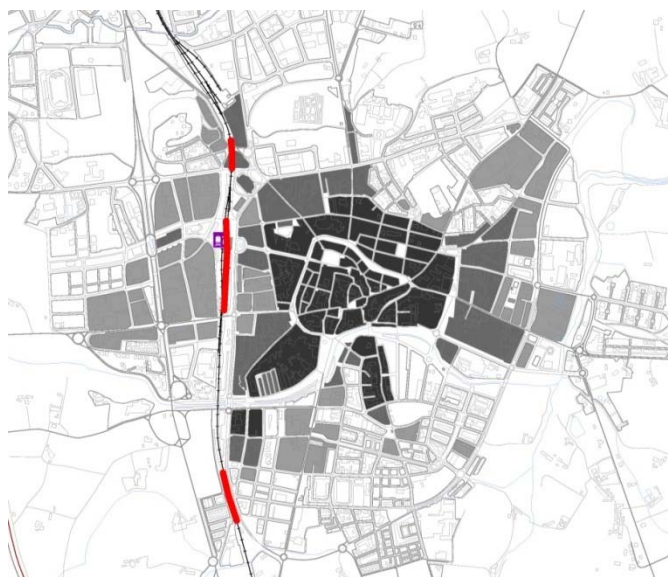




Figura 10. A) Tramo del ferrocarril cubierto en la ciudad de Vic. Planta y fotografías aéreas actuales de la traza de FFCC soterrada. B) Tramo del ferrocarril cubierto en la ciudad de Martorell. Planta y fotografías actuales del Paseo de Catalunya i la llegada de las vías a la ciudad. C) Tramo del ferrocarril en viaducto en la ciudad de Girona. Planta y fotografía actual de la estructura. Fuente: Propia sobre bases del ICC, Google Street View y Bernat Borràs (www.trenscat.cat).

En ciudades con estación terminal existe una alternativa más sencilla para la integración férrea: desplazar la estación a la periferia. De este modo, se pueden también suprimir las vías del interior de la ciudad. La actuación es más económica que las anteriores y genera pocas externalidades sobre el entorno urbano. Sin embargo, usurpa la centralidad a la estación, dificultando el acceso a ella mediante modos no motorizados. En Igualada, con estación terminal de la línea del Anoia, se suprimieron los últimos 1,7 km de vía pasando la estación al este del municipio (figura 11a). Sobre el trazado antiguo se proyectó el Paseo Verdaguer, alrededor del cual se articuló un potente tejido social y asociativo de la ciudad.

Un último caso de integración urbana, por paradójico que parezca, es la construcción de una variante exterior del ferrocarril que evite el suelo urbano, combinado con la supresión del trazado existente. De este modo la ciudad se libra del efecto barrera pero los usuarios del tren deben desplazarse hasta la periferia para utilizarlo. El coste económico de dicha intervención no es nada despreciable, sin

embargo es más barato que el soterramiento de las vías. Un caso claro en el que se reprodujo dicha casuística fue en la ciudad de Granollers (figura 11b), donde el trazado férreo se desplazó unos 200 metros al este en 1958. Con ello se habilitó la calle de Girona por el antiguo trazado, pero a su vez se redujo la cota de rasante del FFCC, permitiendo años más tarde una mayor integración urbana del mismo. Figueres también se encuentra actualmente ante esta misma disyuntiva. La construcción del AVE de forma periférica ha planteado la creación de una variante al ferrocarril convencional para crear una estación intermodal y liberar el centro urbano^{lvii}.



Figura 11. A) Tramo del ferrocarril suprimido como consecuencia del cambio de emplazamiento de la estación ferroviaria de Igualada. Planta y fotografías actuales del Paseo Verdaguer. B) Traza original (en rojo) y actual del ferrocarril en Granollers, lo que permite visualizar la variante construida. A la derecha mapa histórico donde se observa la traza en 1930. Fuente: Propia sobre bases del ICC, Google Street View y Cartoteca – ICC..

A parte de las cinco soluciones analizadas, existe una variante que está tomando fuerza en los últimos años aunque no se ha aplicado nunca. Se trata del tren-tram, solución prevista en el planeamiento sectorial ferroviario de Catalunya. La idea sería evitar las grandes inversiones en

reformas urbanas en pro de inversión en el material rodante que permitiese circular como ferrocarril fuera de la ciudad y como tranvía dentro de la misma. De este modo se mantendría la centralidad de la línea y la estación, se evitarían los cerramientos -y por tanto los efectos borde y barrera- y, en consecuencia, se facilitaría la integración urbana. En cualquier caso, faltaría ver su implementación para visualizar sus consecuencias sobre la ciudad.

En definitiva, existe una larga lista de localidades que ha cumplido todas las etapas hasta conseguir la integración urbana de la infraestructura. Todas ellas debieron aprovechar ocasiones especiales para conseguir los fondos necesarios para la inversión, lo que ha dado pie a varias casuísticas de integración. Pero lo más importante es que sin la presión necesaria por parte de la población y las autoridades locales, los proyectos nunca se hubiesen materializado. Por otro lado, algunas de las actuaciones aquí indicadas son muy recientes y no se ha podido aún valorar los impactos sobre la morfología urbana. Por ello, es preciso atender a otros trabajos que intuyen^{lviii} o realizan una primera valoración de los efectos que dicha infraestructura podría tener sobre la ciudad^{lix}. Lo que parece razonable es que con la integración urbana el ferrocarril habría dejado de ser una barrera para estar al servicio del transporte regional y permitir la movilidad urbana entre barrios. A partir de ello, se puede dar por concluidas las seis etapas que conforman el modelo morfológico de crecimiento urbano.

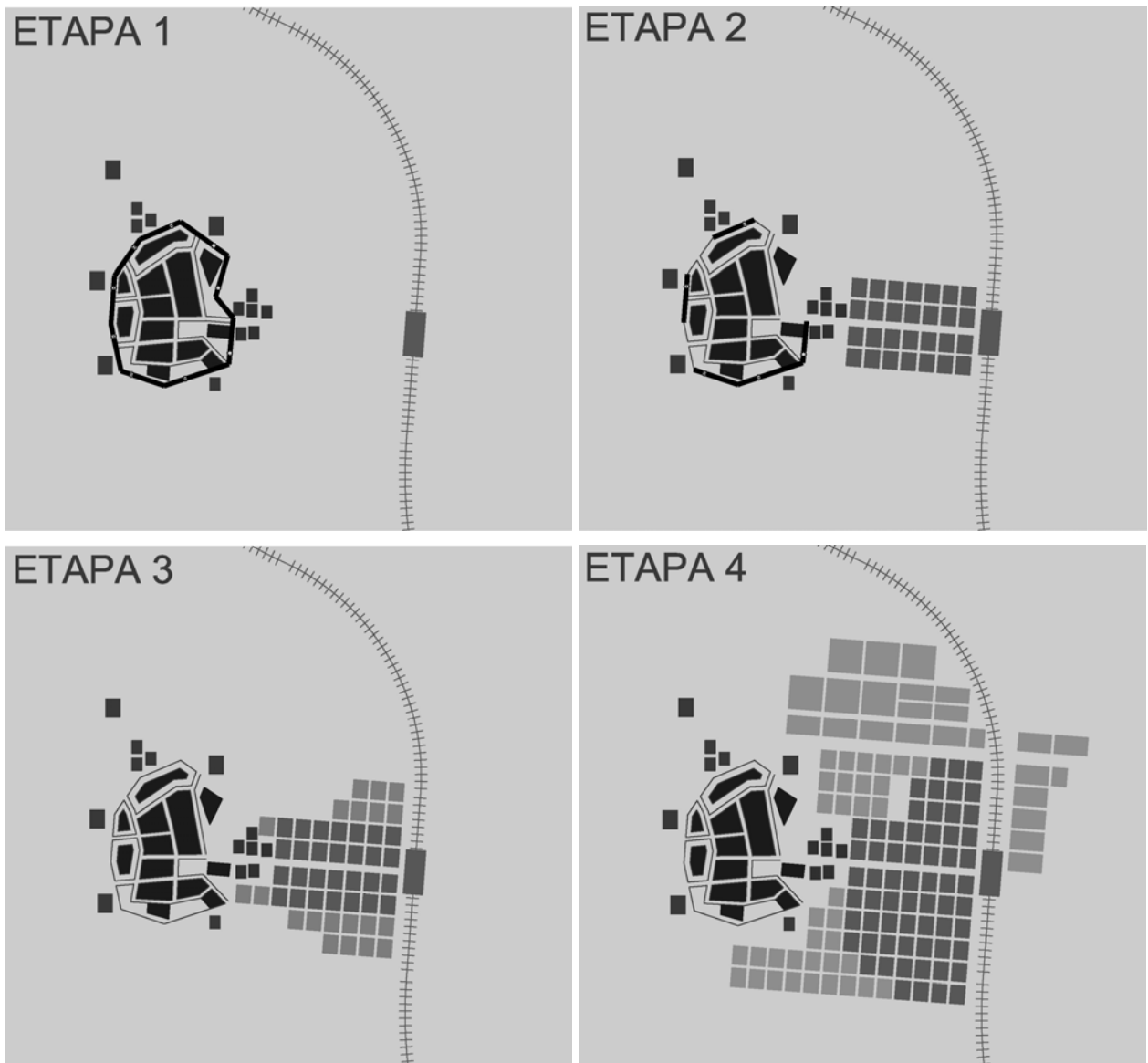
Síntesis

La interpretación de la evolución morfológica de la trama urbana de las localidades estudiadas permite definir un modelo teórico evolutivo basado en seis etapas que caracterizan la relación entre infraestructura férrea y ciudad (figura 12).

La primera etapa explica la relación espacial entre la trama urbana de las ciudades del siglo XIX con la infraestructura ferroviaria proyectada. En esta se observa que, además de la adaptación al terreno, prima la voluntad técnica de alejar lo máximo posible las vías férreas para no interferir en el funcionamiento urbano. Incluso dependiendo del tipo de estación, terminal o pasante, el ferrocarril se acerca más o menos a la trama preexistente. La segunda etapa permite visualizar el paso de la ciudad amurallada a la ciudad industrial. Al llegar el ferrocarril se induce un fuerte crecimiento poblacional y se planifica el crecimiento urbanístico de las ciudades por estiramiento de las redes de servicios. Dependiendo del caso surgen paseos ferroviarios que unen ciudad y estación, ensanches que cubren la superficie delimitada entre el núcleo histórico y la línea férrea; e incluso se proyectan barrios enteros en torno a la estación. La etapa siguiente muestra que el crecimiento urbano deja de ser radio-concéntrico por encontrar límites a su extensión en algunas direcciones. Los elementos limitantes pueden ser accidentes naturales, como ríos o montañas, aunque también infraestructuras de transporte. De este modo, el ferrocarril y sus cerramientos crean un efecto borde sobre la ciudad e impiden su extensión más allá de la misma. Dependiendo de la relación en planta y alzado las disfunciones pueden ser de diferente índole. Posteriormente, surge una nueva etapa cuando determinadas actividades deciden cruzar las vías e instalarse en los terrenos situados al otro lado. Inicialmente se trata de usos industriales, logísticos e incluso residenciales de baja renta, los que dan el salto motivados por la accesibilidad regional conferida por la estación y el bajo coste de los terrenos. El funcionamiento inicial de los mismos tiende a ser autónomo en relación a la ciudad, aunque a medida que se expanden empiezan a requerir mejoras en la movilidad urbana. De este modo nace la quinta etapa, caracterizada por el efecto barrera que produce el ferrocarril sobre las actividades de ambos lados. Por ello, y para garantizar la circulación de los automóviles, se empiezan a proyectar pasos a nivel. Años más tarde, se descubre que dichos pasos no ofrecen el rendimiento esperado y se prefiere proyectar cruces a distinto nivel. De este modo se inicia la integración urbana. Este concepto da origen a la sexta etapa, en la que se estudian las posibles intervenciones sobre la infraestructura férrea para maximizar la integración minimizando el coste. Así hablamos del

soterramiento de las vías, de la cobertura de las mismas, de la construcción de viaductos longitudinales para permitir el paso inferior, de la modificación del emplazamiento de estaciones e, incluso, de variantes ferroviarias construidas por la periferia urbana para desmantelar los rieles y minimizar el efecto barrera.

En definitiva, el ferrocarril ha jugado un papel clave desde su construcción hasta la actualidad en la expansión morfológica de las ciudades por donde transcurre. En ellas ha inducido efectos positivos y negativos a los que se ha tenido que adaptar para afrontar una mejora constante de la calidad de vida de sus habitantes, además de optimizar la localización de sus actividades.



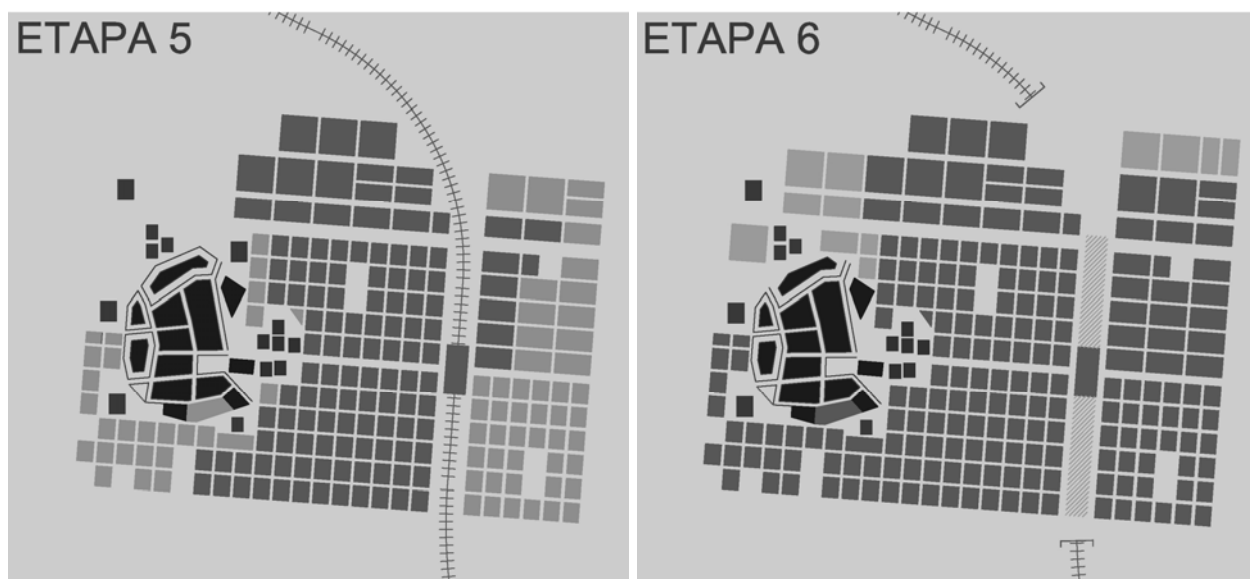


Figura 12. Modelo morfológico de crecimiento urbano de seis etapas en relación a la infraestructura ferroviaria.
Fuente: Propia.

Notas

ⁱ F. Chueca (1998) considera la Ciudad Barroca como aquella centrada en dar respuesta a las exigencias del Rey, es decir siguiendo las exigencias militares. Se buscaba una fuerte impresión estética y la centralidad radicaba en la plaza de armas, de modo que prácticamente no se había superado la ciudad amurallada. La ciudad industrial vino precedida de grandes revoluciones sociales e innovaciones tecnológicas en transportes y servicios urbanos. La afluencia de trabajadores del campo a la ciudad y las pésimas condiciones de salubridad fueron los desencadenantes de este nuevo modelo de ciudad.

ⁱⁱ J. de Vries (1987) estima que la población urbana en España se cuadruplicó entre 1800 y 1890, pasando de un porcentaje de población urbana del 11% al 27%.

ⁱⁱⁱ H. Capel (2002) define como formas de crecimiento tradicional, las irregulares y las ortogonales. Las primeras se corresponden con un carácter no reglado y originan un plano irregular. Las segundas, en cambio, se basan en el deseo urbano de ordenar la fundación y el crecimiento de las ciudades; dando lugar a ordenaciones circulares o cuadradas.

^{iv} F. Magrinyà, 1999.

^v M. Valenzuela, 1978.

^{vi} M. Herce, 2010.

^{vii} M. Herce, 2009.

^{viii} C. Mattos, 2001.

^{ix} R. Gracia, 2002.

^x G. Thompson (2002) relata el papel del ferrocarril en el crecimiento de la incipiente región de Los Ángeles. S. Tarragó (1981) editó un número completo de la revista 2c a tratar la colonización ferroviaria en Argentina.

^{xi} J. H. Von Thünen, 1966.

^{xii} E. Burgess, 1925.

^{xiii} H. Hoyt, 1939.

^{xiv} C. Harris y E. Ullman, 1945.

^{xv} Modelos territoriales de organización espacial citados por M. Herce, 2002.

^{xvi} P. Navascu , 1979.

^{xvii} E. Howard, 1902.

^{xviii} E. Taaffe, 1963.

^{xix} M. Herce, 2013.

^{xx} J. Martí-Henneberg, 1997; M. Muñoz, 2005.

^{xxi} G. Bel, 2010.

^{xxii} Aunque también es cierto que acaba creando ciertos núcleos de población. D. Cuéllar (2005a) documenta más de 40 núcleos ferroviarios que surgen de la construcción o explotación ferroviaria. Entre ellos, cabe destacar localidades catalanas como Maçanet-Ma anes, Portbou, Surroca o Roda de Bar  podrían considerarse *poblados o aldeas ferroviarias*. Por otro lado, Mora la Nova (Els Masos de M ra) o Sant Vicenç de Calders (El Vendrell) cumplirían con la clasificación de barrios ferroviarios.

^{xxiii} J. Clua, 1992; J. Gutiérrez, 2004; K. Burckhart, 2008.

^{xxiv} L. Santos, 2007.

^{xxv} H. Capel, 2011.

^{xxvi} C. Delgado, 2009 y 2010.

^{xxvii} D. Cuéllar, 2005b.

^{xxviii} M  C. Faus, 1978.

^{xxix} D. Cuéllar, 2001.

^{xxx} R. Alcaide, 2005.

^{xxxi} R. Salas, 2001.

^{xxxii} J. Prat, 1994.

^{xxxiii} E. Rodríguez, 2001.

^{xxxiv} M. Madera, 1996.

^{xxxv} R. Roth, 2003.

^{xxxvi} H. Capel, 2012.

^{xxxvii} J. Mir s, 2001; T. Navas, 2012.

^{xxxviii} C. Bellet (2010, 2011), J. Martí-Henneberg (2000) o J. Gutiérrez (2004) han analizado el impacto del AVE sobre ciudades españolas y europeas desde diferentes puntos de vista.

^{xxxix} J. Ganau (2003) considera, en un an lisis de las ciudades medias en España, localidades de entre 30.000 y 300.000 habitantes. Para el caso de estudio, con un ámbito territorial más reducido, se considera apropiado reducir esos límites y considerar ciudades de menos de 150.000 hab.

^{xl} Información extraída de la página web: www.idescat.cat

^{xli} M  E. Nasarre (2007) expone la posibilidad de determinar los cambios morfológicos de la ciudad a través del estudio de la evolución de la trama urbana en soporte SIG y de tres parámetros básicos: emplazamiento, actividades econ micas y planificación urbana. Según el mencionado artículo, la asimilación de dichos parámetros junto con la información facilitada por el sistema SIG son aspectos esenciales para poder comprender la din mica de asentamiento y de configuración del plano de cualquier área urbana.

^{xlii} Desde 2003 el ICC digitaliza fondos documentales y permite su descarga a través de la cartoteca digital: <http://cartotecadigital.icc.cat/cdm/> con finalidades no lucrativas. Los autores disponen de la autorización pertinente del ICC para utilizar sus materiales en el presente artículo.

^{xliiii} El servicio Web Map Service permite visualizar, mediante programario SIG, mapas referenciados espacialmente en forma de archivos de imagen que hayan sido colgados en formato abierto por sus autores.

^{xliiv} M. Herce (1995).

^{xlv} L. Santos (2007) detecta diversas intervenciones sobre la infraestructura ferroviaria, como por ejemplo construcción de nuevas estaciones, cambios de trazado, desdoblamientos de vías, etc. Sin embargo, en la mayoría de las localidades medias y pequeñas estudiadas el ferrocarril y su infraestructura permanecieron prácticamente inmutables hasta hoy en día.

^{xlvi} El trazado en planta de toda obra lineal se compone de rectas y curvas circulares (definidas por su *radio de curvatura*), que se unen mediante curvas de transición (*clotoides*) para dar armonía al trazado.

^{xlvii} La base de soporte sobre la que se ha dibujado la ciudad histórica de las localidades estudiadas corresponde a la ciudad actual, según cartografía obtenida del ICC. El año entre paréntesis se refiere a la extensión de la trama urbana, independientemente que el FFCC aún no estuviese construido.

^{xlviii} D. Cuéllar, 2005a

^{lix} C. Delgado (2009) indica que, de forma general, se pueden diferenciar dos formas de implantación del ferrocarril en los espacios urbanos decimonónicos: en el interior del casco histórico (dentro de las murallas antes de su demolición) y, sobre todo, en los bordes del espacio urbano consolidado (periferia inmediata de la ciudad, en donde se formaron nuevas piezas de tejido urbano que atrajeron hacia sí el crecimiento de la ciudad).

^l M. Herce (2002). Establece una clara diferencia de la ciudad por extensión de redes de servicios respecto al modelo anterior de ciudades-fortificación, ligadas al control militar del territorio, y respecto al modelo posterior de polígonos autónomos, ligado a la explosión de la ciudad causada por los vehículos privados motorizados.

^{li} L. Santos (2007) define el efecto de contención urbana por el ferrocarril como *efecto borde*.

^{lii} Esta casuística es estudiada por diversos antropólogos sociales, que reescriben el modo de vida de los habitantes de dichos asentamientos mediante entrevistas y reconstrucciones históricas. Un ejemplo especialmente significativo es el estudio hecho por G. Ciselli (2006) del barrio km5 en Comodoro Rivadavia, Argentina. En España, D. Cuéllar (2005) narra en Poblados Ferroviarios una situación idéntica. Llegando a identificar poblados, aldeas y barrios mixtos o puros, dependiendo de las relaciones con el entorno ferroviario.

^{liii} El crecimiento urbano vinculado a la expansión del uso del automóvil no es analizado en el presente artículo. En posteriores estudios podría plantear-se dicha hipótesis, sin embargo las ciudades siguen aún creciendo condicionadas por el vehículo automotor con lo que el modelo podría restar incompleto.

^{liv} En cierto modo, algunos autores lo han atribuido también al desarrollo de la ciudad moderna definida por Le Corbusier en la Carta de Atenas. No obstante, la segregación de usos urbanos no hubiese sido factible sin los sistemas de transporte individuales motorizados.

^{lv} El reglamento de carreteras indica que las carreteras con rango superior a convencional deben ser cruzadas a distinto nivel. Actualmente, la ley catalana ferroviaria 4/2006, reglamenta los pasos a nivel aunque también promueve su paulatina substitución por cruces a distinto nivel.

^{lvi} L. Santos (2007) considera una larga lista de actuaciones potenciales de mejora de la integración urbana. Son ejemplos de ello garantizar la accesibilidad a la estación, liberar espacios en desuso, suprimir intersecciones a nivel, tratar los bordes adecuadamente o la propia cobertura de las vías.

^{lvii} No obstante, determinados grupos locales no están conformes con tal propuesta de intervención. Por ejemplo, en mayo de 2007 se constituyó la Plataforma Cívica *Defensem el Tren de l'Empordà*, con la finalidad de defender la centralidad de la estación de Figueras. Para ello se pidió priorizar el soterramiento de la línea frente a la variante propuesta por el Ministerio, que pretendía liberar los terrenos urbanos y constituir una única estación intermodal para ambos ferrocarriles.

^{lviii} J. Martí-Henneberg (2000) analiza el impacto sobre la demografía urbana de la construcción de las líneas de Alta Velocidad en Francia para estimar los posibles efectos sobre el territorio español.

^{lix} C. Bellet (2007) defiende en las Jornadas de Geografía Urbana que el tren de alta velocidad ha causado procesos de metropolización discontinua del territorio, a partir del estudio de los casos de Lérida y Segovia.

Bibliografía

ALCAIDE, Rafael. El ferrocarril como elemento estructurador de la morfología urbana: el caso de Barcelona 1848-1900. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2005, vol. IX, nº 194.

BARQUÍN, Rafael y PÉREZ, Pedro. La influencia del ferrocarril en el desarrollo urbano español (1860-1910). En *VI Congreso de Historia Ferroviaria*, Vitoria: Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

BEL, Germà. *España, capital París: origen y apoteosis del Estado radial del Madrid sede cortesana a la "capital total"*. Barcelona: Ediciones Destino, 2010.

BELLET, Carme. El tren de Alta Velocidad en los procesos de metropolización discontinua del territorio. Los casos de Segovia y Lleida. En *X Coloquio y Jornadas de Campo de Geografía Urbana*, Oviedo, 2007. 12p.

BELLET, Carme; ALONSO, Pilar y CASELLAS, Antònia. Infraestructuras de transporte y territorio. Los efectos estructurantes de la llegada del tren de alta velocidad en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 2010, 52, 143–163.

BELLET, Carme y GUTIÉRREZ, Aaron. Ciudad y ferrocarril en la España del siglo XXI. La integración de la alta velocidad ferroviaria en el medio urbano. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 2011, 55, 251–279.

BURGESS, Ernest y PARK, Robert E. *The City*. Chicago: University of Chicago Press, 1925.

BURCKHART, Kerstin; MARTÍ-HENNEBERG, Jordi y TAPIADOR, Francisco, J. Cambio de hábitos y transformaciones territoriales en los corredores de alta velocidad ferroviaria. Resultados de una encuesta de viajeros en la línea Madrid-Barcelona. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. [En línea]. 2008, XII, 270 (46).

BURGUEÑO, Jesús. *Atlas de les viles, ciutats i territoris de Lleida*. Lleida: Diputació de Lleida - Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, 2001; 603 pp.

CAPEL, Horacio. *La morfología de las ciudades. Sociedad, cultura y paisaje urbano*. Barcelona: Ediciones del Serbal, 2002.

CAPEL, Horacio. *Los ferro-carriles en la ciudad. Redes técnicas y configuración del espacio urbano*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2011.

CAPEL, Horacio. Estrategias espaciales de Barcelona Traction: La Creación de Catalanian Land (p. 57p.). En *Simposio Internacional. Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930 Brazilian Traction, Barcelona Traction y otros conglomerados financieros y técnicos*, Barcelona: Universitat de Barcelona. 2012.

CISELLI, Graciela y DUPLATT, Adrián E. *Km5: Barrios Patagónicos con memoria petrolera y ferroviaria*. Buenos Aires: Editorial Dunken, 2006.

CHUECA, Fernando. *Breve historia del urbanismo*. Madrid: Alianza, 1998.

CUÉLLAR, Domingo; JIMÉNEZ, Miguel y POLO, Francisco. *Historia de los Poblados Ferroviarios en España*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2005(a).

CUÉLLAR, Domingo. *Albacete y el ferrocarril a través de los fondos del Archivo Histórico Ferroviario*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2005(b).

CLUA, Jordi. Les colonies industrials al Berguedà: estudi d'una transformació econòmica i urbana. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 1992, VII(33-34), 145–170.

DELGADO, Carmen. Un siglo de impacto de las infraestructuras marítimo-ferroviarias en la forma de la ciudad. En *V Congreso de Historia Ferroviaria*, Palma de Mallorca, 2009. 24p.

DELGADO, Carmen. Entre el puerto y la estación. La influencia de las infraestructuras de transporte en la morfología de las ciudades portuarias españolas (1848-1936). *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. [En línea]. 2010, XIV(330).

- FAUS, M^a Carmen. El ferrocarril y la evolución urbana de Zaragoza. *Cuadernos de Zaragoza*, 1978, 33, 32p.
- FRANCH, Xavier; MORILLAS, Mateu, y MARTÍ-HENNEBERG, Jordi. Railways as a Factor of Change in the Distribution of Population in Spain, 1900–1970. *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 2013, 46(3), 144–156.
- GANAU, Joan y VILAGRASA, Joan. Ciudades medias en España: Posición en la red urbana y procesos urbanos recientes. *Ciudades, arquitectura y espacio urbano*. Caja Rural Intermediterránea, Almería, 2003, n^o3, pp. 37-73.
- GARCÍA, Raúl. Ferrocarriles y transporte público de pasajeros en América Latina: El caso de la ciudad de Buenos Aires, 1900-1992. En CAYÓN, Francisco; MUÑOZ, Miguel y VIDAL, Javier. *Ferrocarril y ciudad: una perspectiva internacional*. Madrid: Ministerio de Fomento, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2002.
- GUTIÉRREZ, Javier. El tren de alta velocidad y sus efectos espaciales. *Investigaciones Regionales*, 2004, 5, 199–221.
- HARRIS, Chauncy y ULLMAN, Edward. The nature of Cities. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*. 1945, vol. 242. 7-17.
- HERCE, Manuel. *El negocio del territorio: evolución y perspectivas de la ciudad moderna*. Madrid: Alianza, 2013.
- HERCE, Manuel. *Infraestructuras y medio ambiente*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya, 2010.
- HERCE, Manuel. *Sobre la movilidad en la ciudad: propuestas para recuperar un derecho ciudadano*. Barcelona: Reverté, 2009.
- HERCE, Manuel. *Las formas del crecimiento urbano y las variantes de carretera*. Tesis doctoral dirigida por Joan Busquets Grau. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 1995.
- HERCE, Manuel y MAGRINYÀ, Francesc. *La ingeniería en la evolución de la urbanística*. Barcelona: Edicions UPC, 2002.
- HOWARD, Ebenezer. *Garden Cities of To-Morrow*. London: S. Sonnenschein & Co. Ltd, 1902.
- HOYT, Homer. *The Structure and Growth of Residential Areas in American Cities*. Washington DC: Federal Housing Administration, 1939.
- JÜRGENS, Oskar. *Ciudades españolas: su desarrollo y configuración urbanística*. Madrid: Ministerio para las Administraciones Públicas. 1992.
- MADERA, Marién y TOMÉ, Sergio. La operación ferroviaria y urbanística. Cinturón Verde de Oviedo. *Ería*, 1996, 39-40, 124–130.
- MAGRINYÀ, Francesc. Las influencias recibidas y proyectadas por Cerdá. *Ciudad y Territorio*, 1999, XXXI (119-120), 95–117.
- MARTÍ-HENNEBERG, Jordi. Un balance del tren de alta velocidad en Francia. Enseñanzas para el caso español. *Ería*, 2000, n^o. 52, 131-143.
- MARTÍ-HENNEBERG, Jordi y BARRUFET, Albert. El proyecto de una red integrada de ferrocarriles secundarios en Cataluña (1885-1931). En *El desarrollo urbano de Montréal y Barcelona en la época contemporánea: estudio comparativo*, Barcelona: Universitat de Barcelona, 1997.
- MATTOS, Carlos A. de. Metropolización y suburbanización. 2001, *EURE*, 27, 5 – 8.

- MIRÁS, Jesús. El tranvía como vehículo de configuración urbana. La localización de la actividad económica en la ciudad de A Coruña durante la primera mitad del siglo XX. En *II Congreso de Historia Ferroviaria. Siglo y medio de ferrocarriles en Madrid*. Aranjuez: Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 2001.
- MUÑOZ, Miguel. *Historia de los ferrocarriles de vía estrecha en España*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2005.
- NASARRE, M^a Ester y BADIA, Anna. Una aproximación al crecimiento de áreas urbanas a través de fotografía aérea y de sistemas de información geográfica. La ciudad de Terrassa como caso de estudio. *Cuadernos Geográficos*, 2007, 39. 185-201.
- NAVAS, Teresa. Crecimiento urbano, red de carreteras y tranvía eléctrico en el área de Barcelona. En *Simposio Internacional. Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930 Brazilian Traction, Barcelona Traction y otros conglomerados financieros y técnicos*. Barcelona: Universitat de Barcelona. 2012.
- NAVASCUÉS, Pedro. *La Ciudad Lineal*. Madrid: Espasa-Calpe, 1979.
- PRAT, Jordi. El sistema ferroviario en la configuración de la región de Barcelona. *Papers: Regió Metropolitana de Barcelona: Territori, estratègies, planejament*, 1994, 16, 19–34.
- RODRÍGUEZ, Eduardo. El impacto del tendido ferroviario en la ciudad de Sevilla: la construcción y el desmantelamiento del dogal ferroviario. En *II Congreso de Historia Ferroviaria. Siglo y medio de ferrocarriles en Madrid*. Aranjuez: Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 2001.
- ROTH, Ralf y POLINO, Marie-Noële. *The city and the railway in Europe*. Aldershot: Ashgate Publishing Limited. 2003.
- SALAS, Rosa. Evolución de la red ferroviaria e influencia de esta sobre el crecimiento urbano en Barcelona y su área metropolitana. En *II Congreso de Historia Ferroviaria. Siglo y medio de ferrocarriles en Madrid*. Aranjuez: Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 2001.
- SANTOS, Luis. *Urbanismo y ferrocarril. La construcción del espacio ferroviario en las ciudades medias españolas*. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2007.
- SANTOS, Luis. La estación de ferrocarril como factor de dinamismo urbano: el contradictorio caso de la ciudad de Burgos (p. 21p.). En *II Congreso de Historia Ferroviaria. Siglo y medio de ferrocarriles en Madrid*. Aranjuez: Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 2001.
- TAAFFE, Edward J.; MORRILL, Richard L. y GOULD, Peter R. Transport Expansion in Underdeveloped Countries: A Comparative Analysis. *Geographical Review*, 1963, 53(4), 503–529.
- TARRAGÓ, Salvador. *2c Construcción de la Ciudad*. Núm. 19. Argentina. Grupo 2c. 1981.
- THOMPSON, Gregory L. La influencia de los ferrocarriles sobre el crecimiento temprano de la región de Los Ángeles. En CAYÓN, Francisco; MUÑOZ, Miguel y VIDAL, Javier. *Ferrocarril y ciudad: una perspectiva internacional*. Madrid: Ministerio de Fomento, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2002.
- THÜNEN, Johann Heinrich. Von. *Isolated state*. Traducción de Wartenberg, C., Oxford: Pergamon Press, 1966.
- VALENZUELA, Manuel. Notas sobre el desarrollo histórico del planeamiento en España. *Cuadernos de Investigación: Geografía e historia*, 1978, 4(2), 39–68.
- VINUESA, Julio y VIDAL, María Jesús. *Los procesos de urbanización*. Madrid: Editorial Síntesis. 1991.
- VRIES, Jan de. *La urbanización en Europa, 1950-1800*. Barcelona: Ed. Crítica. 1987.

Mapas históricos reproducidos con autorización del ICC

Ciudad de Igualada, 1949. Centro de Estudios Comarcales de Igualada. Escala 1:5.000. Barcelona. Editor digital: Institut Cartogràfic de Catalunya, 2008. 1 mapa. RM.2380.

Montblanc, 1668. Beaulieu. Paris. Editor digital: Institut Cartogràfic de Catalunya. Forma parte de: Les Plans et profils des principales villes et lieux considerables de la Principauté de Catalogne. Dimensiones: 10 x 15 cm. RM. 9721_135.

Plano general de Villanueva y Geltrú: líneas de prolongación y proyecto del puerto, 1876. Salvany, J.; Ibern, D.F. Escala: 1.2000. Barcelona. Editor digital: Institut Cartogràfic de Catalunya, 2010. Dimensiones: 79 x 42 cm. Mapa original en papel: 153 x 82 cm. RM.35648.

Reus: núcleo urbano, 1922. Sindicato de riegos del pantano de Riudecanyas. Barcelona. Editor digital: Institut Cartogràfic de Catalunya, 2007. 1 mapa, RM.2297.

Vila de Montblanch, 1908. Tomàs, Josep Maria. Escala 1:5 000. Editor digital: Institut Cartogràfic de Catalunya, 2012. Forma parte de: Geografía general de Catalunya. [Vol. III], Provincia de Tarragona. RL.23362_0576-0577.

Servicio de mapas web consultados (wms)

M1. Google Street View:

<http://www.google.es/maps>

M2. Mapa Urbanístico de Catalunya (wms):

<http://ptop.gencat.cat/webmap/MUC/request.aspx?version=1.1.1&>

M3. Cartografía digital del vuelo fotogramétrico americano de 1956 (wms):

<http://shagrat.icc.es/lizardtech/iserv/ows>

Apéndice 1: Relación de mapas consultados. Año (fuente)

LOCALIDAD	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	Período 7	Período 8
Balaguer	1668 (1)			1890 (1)	1908 (1)	1936 (1)	1956 (2)	1987 (1)
Borges Blanques, Les				1890 (1)	1908 (1)	1919 (4)	1956 (2)	1986 (1)
Cambrils			1860 (6)	1886 (1)	1914 (1)	1934 (6)	1956 (2)	2000 (1)
Figueres	1784 (6)		1851 (5)	1875 (6)	1908 (1)	1945 (1)	1956 (2)	1999 (6)
Gavà			1850 (6)		1900 (6)	1936 (1)	1967 (1)	1986 (1)
Girona	1690 (1)	1810 (1)	1851 (5)		1910 (1)	1930 (1)	1956 (2)	1986 (1)
Granollers			1851 (6)		1908 (1)	1930 (1)	1956 (2)	1986 (1)
Igualada		1813 (6)		1868 (6)	1908 (1)	1930 (1)	1956 (2)	2002 (1)
Lleida	1707 (1)	1811 (1)	1830 (4)	1869 (4)	1908 (1)	1927 (3)	1956 (2)	1986 (1)
Manresa	1500 (6)		1862 (5)	1880 (1)	1908 (1)	1930 (3)	1956 (2)	2001 (3)
Martorell					1905 (1)	1914 (1)	1956 (2)	1986 (1)
Mataró		1797 (6)	1852 (6)	1878 (1)	1908 (1)	1936 (1)	1956 (2)	2001 (1)
Molins de Rei			1850		1908 (1)	1947 (1)	1954 (1)	1986 (1)
Mollerussa			1850		1913 (1)	1922 (4)	1956 (2)	1986 (1)
Montblanc	1668 (1)			1890	1908 (1)	1938 (1)	1956 (2)	1983 (1)
Pobla de Segur, La					1908 (1)	1914 (1)	1956 (2)	1988 (1)
Puigcerdà					1908 (1)	1934 (3)	1956 (2)	2001 (1)
Reus	1762 (6)		1858 (5)	1883 (1)	1908 (1)	1928 (1)	1956 (2)	1986 (1)
Ripoll			1856		1908 (1)	1936 (1)	1956 (2)	1988 (1)
Tàrrrega			1850		1908 (1)	1927 (3)	1956 (2)	1986 (1)
Torredembarra	1668 (1)	1800		1886 (1)	1914 (1)		1956 (2)	1883 (1)
Valls				1881 (6)	1908 (1)	1930 (1)	1956 (2)	1883 (1)
Vic			1863 (1)	1881 (1)	1908 (1)	1930 (1)	1967 (1)	2001 (1)
Vilafranca del Penedès				1889 (1)	1908 (1)	1930 (1)	1956 (2)	1883 (1)
Vilanova i la Geltrú	1767 (1)			1876 (1)	1908 (1)	1928 (1)	1956 (2)	1986 (1)

(1) Cartoteca – ICC: <http://cartotecadigital.icc.cat/>

(2) Vuelo americano (1956)

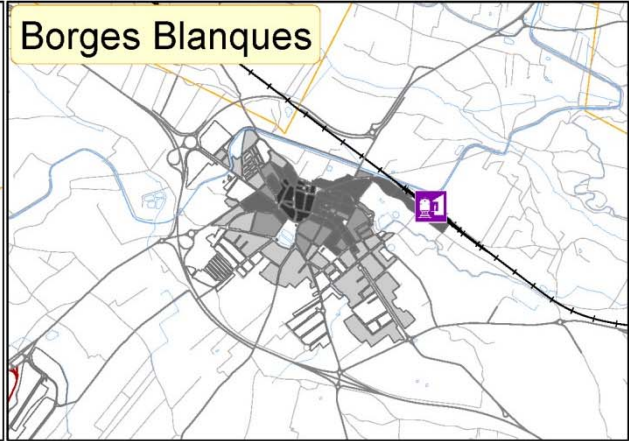
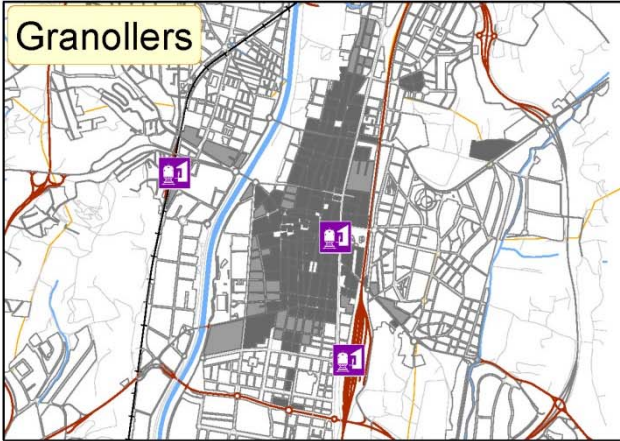
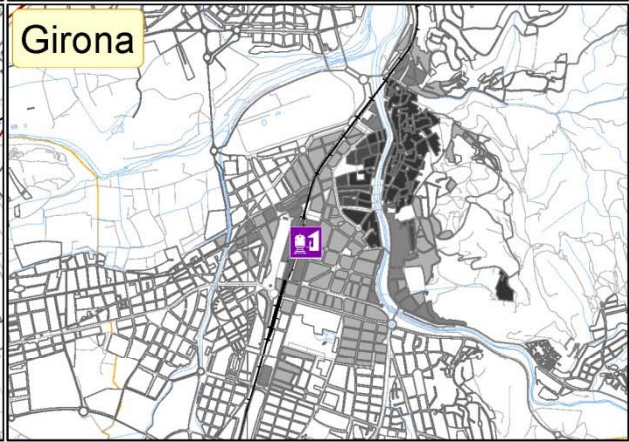
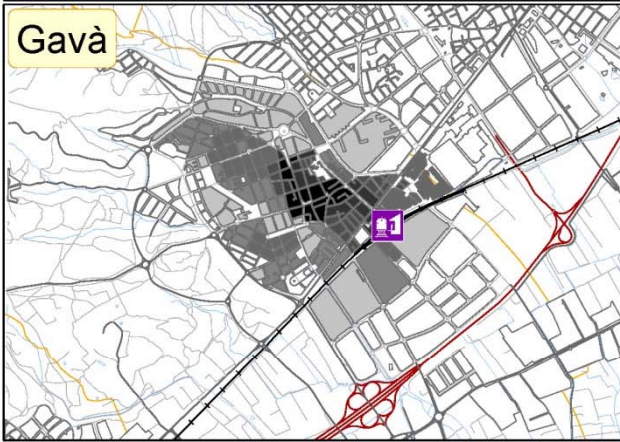
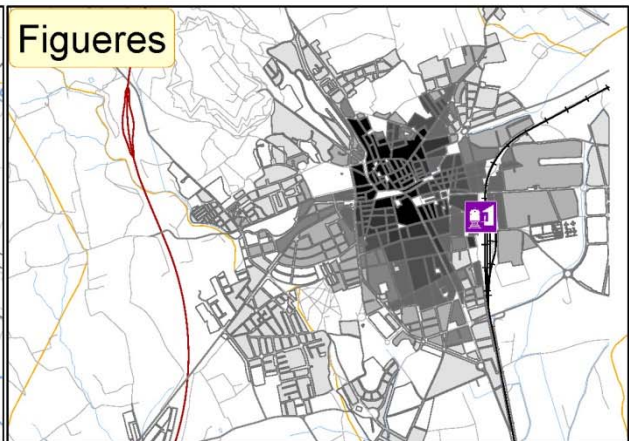
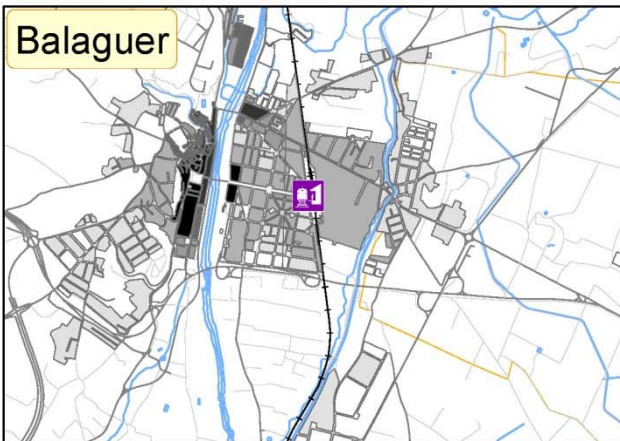
(3) IGN: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

(4) Burgueño, 2001.

(5) Jürgens, 1992.

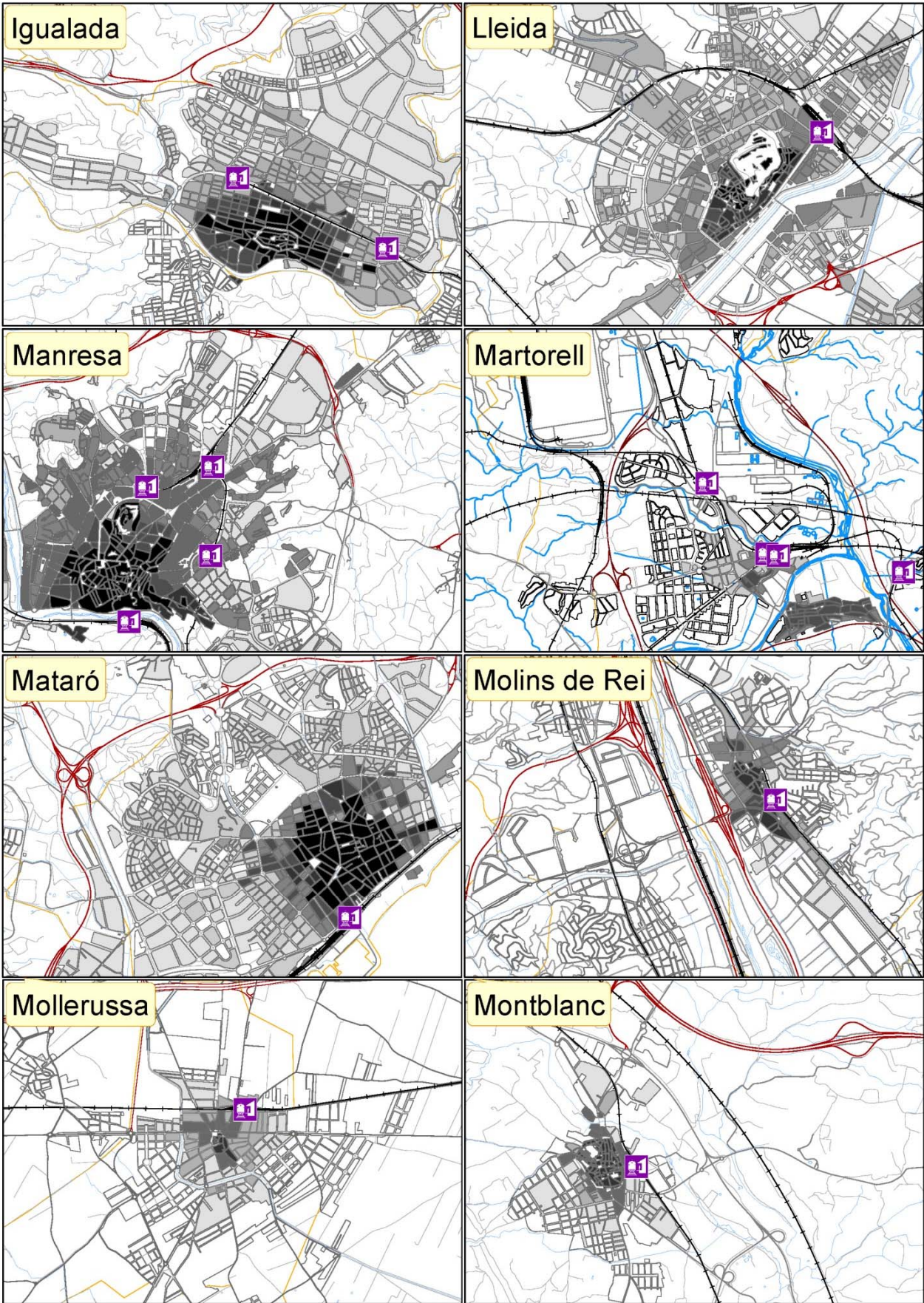
(6) Otras fuentes locales

Apéndice 2: Cartografía evolutiva



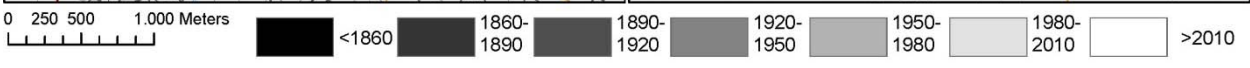
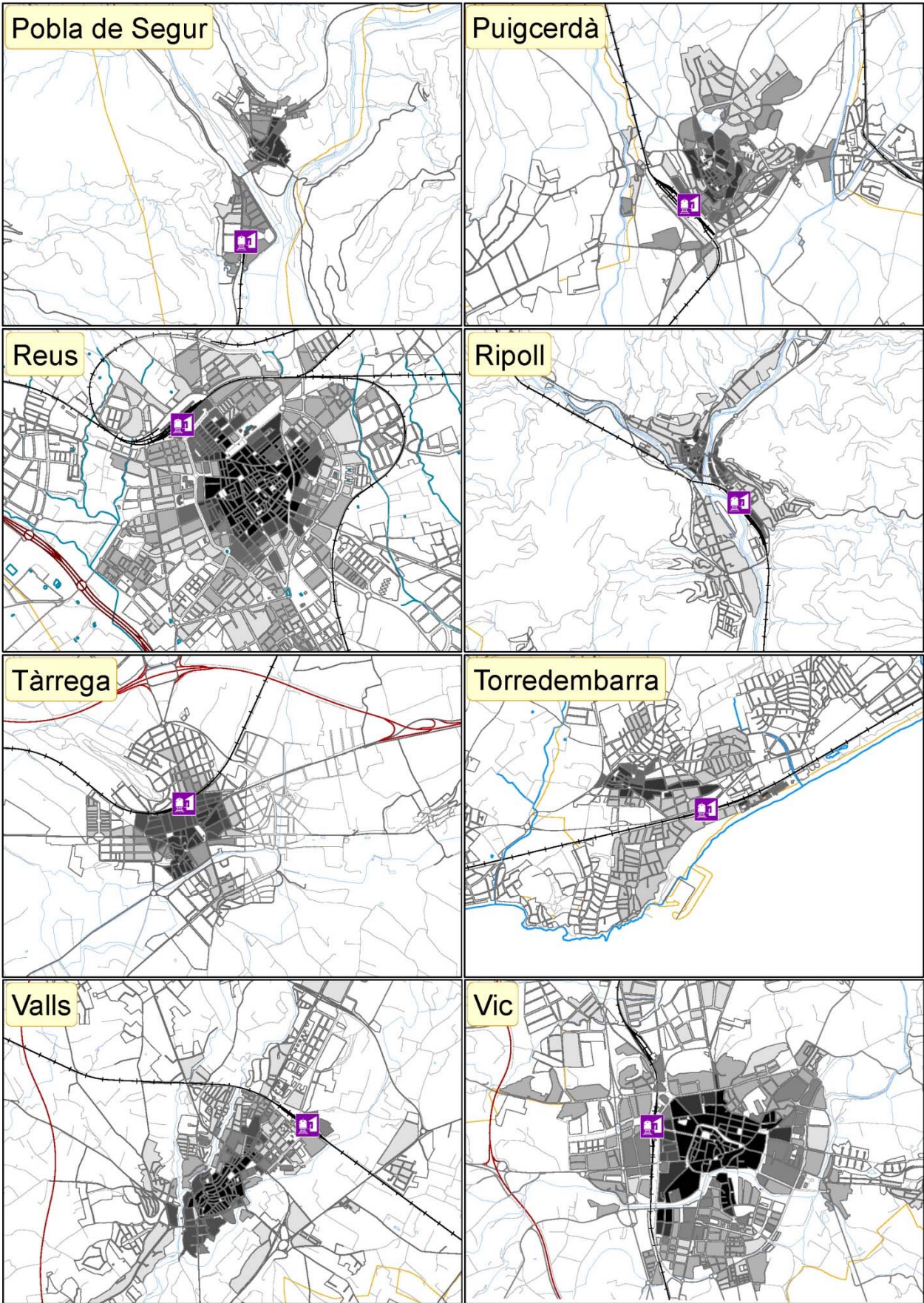
0 250 500 1.000 Meters



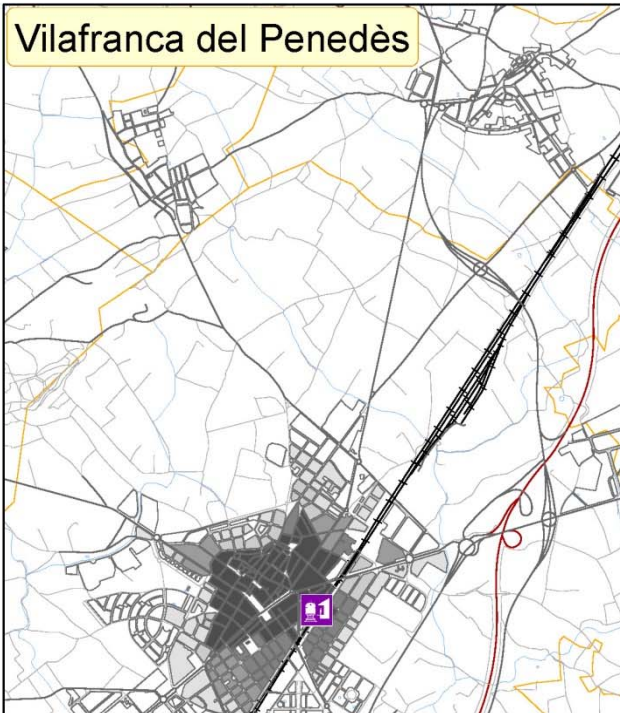


0 250 500 1.000 Meters

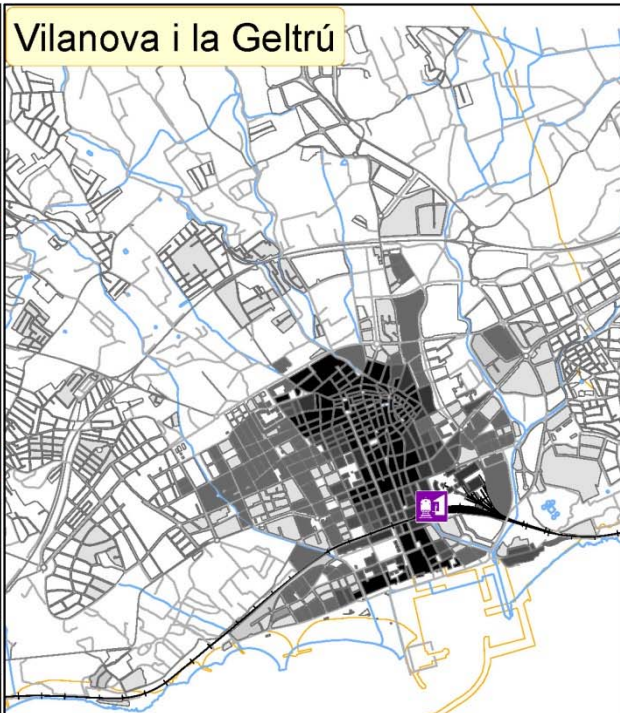




Vilafranca del Penedès



Vilanova i la Geltrú



0 250 500 1.000 Meters



Article 4: Integration or Balkanization? The evolution of the railway network in South Eastern Europe: 1850-2000. (pp. 1-26)

Integration or Balkanization: the evolution of the railway network in South-Eastern Europe, 1850-2000

Introduction

This article focuses on the evolution of the railway network in the Balkans and, more particularly, on the relationship between railway construction and the political transformations that have taken place in a region that has become synonymous with instability and political fragmentation. The research covers the period between the construction of the first railway lines, in around 1850, and the end of the 20th century.

Throughout the world, railways were key innovations during the industrial revolution and permitted the integration of national and international markets (Rostow, 1953; Keller and Shiue, 2008; Donaldson and Hornbeck, 2013). However, one of the major challenges yet to be resolved from the academic point of view concerns the nature of the causality between the development of railway networks and economic growth, though there is a general consensus that the two processes have been closely related. The effect of railways on aggregate growth has been estimated to range from 4% to 25% of GNP, with this varying according to the country and period considered (O'Brien, 1983). In general, more railways and larger rail networks tended to point to greater economic growth as a result of increased trade and a greater degree of economic integration (Caruana-Galizia and Marti-Henneberg, 2013).

In the Balkans, railways have been subjected to strong external influences and our hypothesis is that the level of integration of the Balkan railway network has been highly influenced by the level of economic and political autonomy of the different states in the region. First, the Austro-Hungarian and Ottoman empires dominated the region until WWI; then, during the Cold War, the Soviet Union had an important influence over the majority of this territory. Contrary to what may perhaps have been expected, the degree of railway integration improved during these periods of strong external influence and tended to stagnate when the countries in this region enjoyed greater independence and were able to plan their railway networks with greater autonomy.

We could, in fact, go a step further and argue that since the development of railways tends to be closely related to economic growth, being usually either the cause or the consequence of economic integration. It would certainly seem that during the 19th and 20th centuries, the economic integration of the Balkans improved most during periods of strong external influence and stagnated, or even declined, when the Balkan states enjoyed more autonomy.

In order to test this hypothesis, we evaluated the economic influences in the Balkan states by examining the nationality of the promoters of the railways. This allowed us to establish which countries invested most in the overall network and what the goals of those who financed these railways were during each period of its construction. We subsequently focused our attention on the spatial evolution of the railway network and on establishing criteria with which to measure its level of integration. Our analysis was based on three main elements: railway lines, investment and international borders. Using this information within a Historical Geographical Information System (hereinafter HGIS) format, we calculated a set of indicators: spatial extension and total length of the railway network, index of railway coverage, network density, border permeability, route factor, and line hierarchy. These then allowed us to make comparisons over time and between different territories. They also allowed us to analyze relationships between the political and economic influences prevalent during different periods and the evolution of the railway network.

Area of analysis

The study examined the area occupied by twelve modern-day states: Albania, Bosnia & Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Greece, Macedonia (FYROM), Montenegro, Romania, Serbia, Slovenia, Kosovo (which has partial international recognition) and the European part of Turkey. The region that we will refer to as “the Balkans” in the current article covers more than 750 000 km². (Todorova, 1997). ⁱ

Our analysis covers a period (from 1850 to 2000) which saw numerous modifications to the political map of the region, with states emerging and disappearing and their borders constantly changing (Jelavich and Jelavich, 1977). The most far-reaching border changes occurred in 1878, between 1912 and 1919, and in the 1990s (see the map series in Figure 1). The changes in the first two periods were the result of the disintegration of the multi-ethnic Austro-Hungarian and Ottoman empires and the emergence of a number of new, independent, nation states towards the end of the 19th century and in the early 20th century; the latter were the result of the dissolution of the multi-ethnic state of Yugoslavia. The long term approach adopted in the current work required the use of historical data relating to states that no longer exist but which played important roles in the past: the former Austro-Hungarian Empire, Ottoman Empire and Yugoslavia.

Figure 1: Evolution of political borders in the area of study. Sources: See text

Literature, data and methodology

The construction of railways during the late 19th and early 20th centuries was one of the key factors that shaped political and economic development in the Balkans during this period. Most of the previous works that have explored this subject have focused on the political and financial aspects of the expansion of the Balkan railway network. Among others, Hertner (2006) studied the financing of the Balkan railways; Lampe and Jackson (1982) and Palaret (1997) presented a detailed study of political struggles in the Balkans and their economic consequences for railways; Nikova (2007) focused on the lack of cooperation between the Balkan states regarding the development of the region’s infrastructure; Pamuk (1987) and Bilmez (2008) provided an insight into the impact of foreign investment on the railways of the Ottoman Empire; while Popescu (2014) and Turnock (1979, 1986, 1989, 2001 and 2006) explored social and economic issues related to the construction of railways in Romania and the Balkans. Even so, the impact of the unstable borders of SE Europe on the development of its railway network has so far received little attention in the literature, with a few notable exceptions (Wolfe, 1963; Turnock, 1979; Howkins, 1999 and Stanev, 2013). The lack of territorial stability and the shortage of reliable and internationally comparable information have also greatly limited the possibility of conducting long term historical studies covering the whole Balkan region. As a result, national case studies prevail in the literature on this subject. By employing HGIS and by using both new data and applying existing data in innovative ways, we have been able to analyze the evolution of the Balkan railway network at both the national and international levels and thereby complement the existing literature.

In order to explore the evolution of the Balkan railway network in a systematic way, we organized our data around three key variables: railway lines, investment and national borders and included them all in an HGIS. The dataset that we obtained integrated two of these variables (national borders and railway networks) at two separate geographical layers. We then used the results to track the evolution of border changes and the railway lines in service at 10-year intervals. The sources used for the HGIS were: the Digital Chart of the World (U.S. - DMA and

ESRI, 1992); the website of “The History of European Railwaysⁱⁱ”; and local databases for each of the countries cited in Morillas (2012) and in Marti-Henneberg (2013). The data on territorial change were obtained from the project HGISEⁱⁱⁱ and from Stanev (2011).

The third variable, which referred to the nationality of the promoter of each railway line, was incorporated into the GIS database as an attribute of the different railway lines. Identifying the promoter was a challenging task as there were a number of different funding mechanisms. The first strategy involved private planning and investment; this tended to be foreign in origin and a response to the lack of locally available capital. The second was the construction of lines planned by national governments but financed by private investors. The third, and most prevalent, strategy – which was most evident during the later stages of network development - was the construction of lines by governments themselves. In this last case, projects were funded from either the country’s own resources or with loans obtained from foreign banks. For the purposes of our study, we have considered the nationality of the original constructor of each railway line to be the most interesting factor. As a result, lines constructed by governments using their own resources or foreign loans were considered as national, while those constructed privately, including via concessions, were attributed to the nationality of the company, or organization, that built them. This information was obtained from secondary sources: Lampe and Jackson (1982) and Palairat (1997) for railway lines in Romania, Greece, Austria-Hungary and Serbia; Bilmez (2008) for lines in the Ottoman Empire; and Ivanov et al. (2009) for lines in Bulgaria.

We identified three key periods in the development of the region’s railway network, each of which presented us with particular challenges. In order to test our hypothesis, we used spatial indices for each period and graph theory tools (Hagget, 1977; Kinsky and Dancoine, 1989; Dupuy, 1991) to correlate the three previously mentioned variables. The first variable considered was the territorial coverage of the railway system. To calculate this, we first delimited a 10 km buffer zone around the different railway lines (corresponding to a 2-hour journey on foot) and then merged data for neighboring lines. In the existing literature, coverage has tended to be calculated (Gastner and Newman, 2006; Alvarez, et al, 2013) using railway stations as reference access nodes between the rail transport network and the local territory. However, we did not have reliable data for the whole territory concerning when railway stations opened and closed. We therefore opted to consider territories located near railway lines as being connected to the rail network and those that were distant from it as being unconnected (Franch, et al, 2013). Given the importance of the border effect between different Balkan countries, another indicator was used to distinguish between those lines that crossed international borders and the many others that did not. Based on this variable, it was possible to introduce another complementary indicator: border permeability, which considered the number of railway lines that crossed international borders. The final variable was the route factor (Blunden 1971, Bouwman and Moll, 2002; Gastner and Newman, 2006), which was used to compare the relationship between the real distance between two nodes when travelling by rail and the straight-line distance between the same two points. In this way, it was possible to obtain a coefficient that gave an indication of the directness of the relationship between key points in the network, such as capitals.

In this project, we have only considered standard gauge railways. The main reason for doing this was the lack of complete geographical information on the historical evolution of narrow gauge lines and because narrow gauge lines tended to play only a regional role. Even so, we were able to aggregate data on the total length of this type of railway and to assess the relative importance of narrow gauge lines in each of the countries studied (see Figure 2).

Figure 2: **Evolution of the length of narrow gauge track by country (using current boundaries).** Sources: **Chester (2006) for Bosnia and Herzegovina; Organ, (2008) for Romania; Deyanov (2005) for Bulgaria; Zartaloudis et al. (1997) for Greece.**

In Bulgaria, the first narrow gauge lines were constructed in 1910, and by 1940 the total length of this track had reached approximately 500 km. However, the use of narrow gauge track in Bulgaria subsequently declined, and today there are only 124 km of this type of track. The case of Romania was similar: by 1930, there were already approximately 350 km of narrow gauge track in service. This remained the case until the 1970s, when more than 100 km of track were closed, while by 2000, all the country's narrow gauge lines had been closed.

In these and other Balkan states, narrow gauge lines played only a complementary role. However, they seem to have played a more important role in the development of the railway networks of Greece and Bosnia & Herzegovina (see Figure 2), where narrow gauge lines constituted the main type of railway infrastructure. These two states had very limited standard gauge rail coverage, but almost 1,500 km of narrow gauge track. The Greek narrow gauge network reached its maximum extension in the 1940s, before entering decline. In Bosnia, the situation was similar, with the peak network extension being reached in the 1910s, and maintained until the 1950s, before its subsequent decline. We should also underline the fact that the gauges used in these two states were different. Greece mainly had a one-meter gauge railway, while in Bosnia and Herzegovina the gauge used was 760 mm, which came to be known as "Bosnian gauge".

The Greek railway network remained effectively isolated, while the Bulgarian and Romanian networks played only a complementary role. As a result, considering the narrow gauge lines in these countries would not have affected the main conclusions drawn from this study with regard to the national integration of the railway network. The case of Bosnia & Herzegovina presented us with a more complex dilemma: if we had included data on the Bosnian narrow gauge lines in our calculations, this would have had a significant impact on the overall connectivity of the railway network. In fact, the inclusion of data on narrow gauge tracks in Bosnia would almost certainly have strengthened our conclusions regarding the fragmentation, or "Balkanization", of the railway network because it was not technically possible to connect the Bosnian narrow gauge network to the standard network used in the other Balkan countries.

The evolution of the Balkan railway network: stages of development

In a context of low industrial development and a lack of local capital (Lampe, 1975), the Balkan railway network developed several decades later than those in the core areas of Western and Central Europe. The first railway lines were opened in the 1840s, in territories controlled by what was then the Austrian Empire. This rail network then rapidly expanded over the next three decades, but only as far as the borders of the empire. Meanwhile, the rest of the Balkans – most of which were ruled by the Ottoman Empire - remained largely unaffected by the transport revolution. This situation changed during the late 1860s, when rail construction began in Romania and the Ottoman Empire (Turnock, 2001, Ehrlich, 1985). The greatest intensity of construction occurred between 1870 and 1900, with some 4,000 km of new track coming into service in each decade. Construction peaked in the 1890s, when more than 4,500 km of new track were built. By the beginning of the 20th century, the Balkans network already included some 15,000 km of standard gauge and 2,400 km of narrow gauge track. Thereafter, railway construction continued at a slower pace, with no more than 2,000 km of new track being constructed in any decade until the 1970s (Stanev, 2013).

We have divided the evolution of the railway system into three different periods. The first two corresponded to the expansion of the railway network in the Balkan region. The final period was characterized by the stagnation and subsequent decline of the network. The first period began with the construction of the first railway lines and ended with WWI. During this period, railway lines were constructed within the pre-war political borders. In this political context, the network was mainly shaped around: (1) the old imperial capitals: Vienna, Budapest and Istanbul; (2) the capitals of the newly independent Balkans states: Bucharest, Athens, Sofia and Belgrade; and (3) ports on the River Danube and the Adriatic, Mediterranean, Aegean and Black seas. During this period, and especially between the 1850s and 1890s, the railway network was largely shaped by external influences. The European Powers financed these railway lines in order to connect Europe to the Middle East (Berend and Ranki 1969, Ehrlich, 1986, Pamuk, 1987 and McMeekin, 2010). The first, and most important, lines in the region's railway network were therefore built to serve the interests of powers that are now (2015) located outside the Balkan Peninsula. As result, the first Balkan railway lines were not affected by the limitations of national borders.

The Balkan wars (1912-13) and WWI then transformed the political and economic realities of the Balkans. This occurred to such an extent that we considered the time after these wars to constitute a new period of railway construction. This was further confirmed by both the type and ownership of the new lines constructed. The second period continued until the maximum expansion of the Balkan railway network in the 1960s. This period coincided with the political fragmentation of the region and also caused the "Balkanization" of the railway network.

The new states that emerged from this process gave priority to strictly domestic needs when expanding their national railway networks. As a result, the political fragmentation of the region limited the development of a more integrated Balkan railway network. Nevertheless, rail expansion continued and by 1960 the gap between the Balkans and the rest of Europe had been considerably reduced in terms of network density (figure 3). The data collected clearly identify the 1960s as the inflection point that brought the expansion of the Balkan rail network to an end. We therefore considered the subsequent years as constituting a new period which was characterized by the stagnation of railway construction until the end of the Cold War, followed by a minor, but visible, decline during the 1990s.

Figure 3: Comparative study of the densities of the railway networks in the Balkans and Europe: 1850 – 2000.
Sources: HGISE project for Europe; Stanev (2013) for the Balkans.

The Balkan railways before WWI: an network integrated by foreign capital

In this section, we shall detail the evolution of the Balkan railway network from the construction of the first railway tracks through to the creation of an embryonic network that was mainly structured to serve international needs. Figure 4 shows the spatial spread of the network and how the first railways were constructed from the Austro-Hungarian Empire and in the direction of the Black Sea and Aegean Sea ports. In the 1860s, the network was only just beginning to take shape and was formed by small, isolated, branches. After this date, it was structured around these primary lines and a clear commercial interest became apparent in the infrastructure planning process. Finally, in the 1880s, the main connections to the previously mentioned sea ports and the Middle East were completed, which greatly facilitated flows of goods and people.

This period was marked by the interaction of two, often contrasting, strategies. The first was the construction of the main tracks, which were largely funded by foreign investors; the second was the promotion of national rail networks by the new nation states that emerged in the Balkans.

Figure 4: The spatial evolution of the railway network and its connections to main ports: 1870, 1880 & 1890. Below, table with the length of standard gauge rail track by country in 1890. Sources: See text

In the 19th century, the main exports from the Balkans were based on raw materials that were moved by either water: rivers, canals (in the Hapsburg Empire) and sea transport, or land: predominantly using traditional horse and cart transport or, in some cases, camels (Lampe and Jackson, 1982). The mountainous terrain, poor roads and lack of security made land transport expensive and unreliable, so long-distance trade tended to be predominantly conducted via river and sea ports (Kostov, 1995). High transport costs hampered economic growth and railways soon became seen as vital for achieving modernization. Even so, throughout the 19th century, the combination of a lack of local capital, low population densities and economic backwardness meant that local economies of the Balkan states were unable to finance capital-intensive railway projects. As a result, the Balkan rail network was initially built with capital from France, Britain and Germany (Hertner, 2006).

The two main powers in the Balkans: the Ottoman and Austro-Hungarian empires, followed their own strategies, building railway networks within their respective territories. During the initial wave of railway construction, in the 1840s and 1850s, the Austro-Hungarian state mainly funded these operations itself. After 1854, railway construction mainly continued through private concessions. However, in 1873, several Austrian railway companies went bankrupt and, as a result, the state had to once more take the initiative in developing the national railway network (Ehrlich, 1985; Purcar, 2010). In order to understand the configuration of the railway network in the Western Balkans, it is necessary to consider the on-going struggle for dominance between the Austrian and Hungarian authorities. This had a major influence on the spatial development of the empire's railway network, which was structured around the two major hubs: Vienna and Budapest, with the main routes running roughly north-south and connecting industrial centers such as Silesia to Vienna and the Adriatic coast (Turnock, 2006).

In the second half of the 19th century, the other power in the Balkan region: the declining Ottoman Empire, also sought to introduce this technological advance into its territories. It was thought that railways would increase fiscal revenues, facilitate the deployment of troops and also open up many new opportunities for trade with Western Europe. However, the Ottomans had to apply a different strategy; due to a lack of domestic capital and technical expertise, their lines were built and operated by foreign investors under state concessions. Britain, the dominant trading power and protector of the Ottoman Empire, seemed the natural candidate to develop this infrastructure and by the 1860s, it had constructed several railway lines in the European and Asian parts of the Empire. Towards the end of the 1870s, relations changed and, for a time, it seemed that France would replace Britain in the Ottoman Empire's favors. Thus, French banks invested in a long-distance railway line that was planned to connect Istanbul to Syria. However, in the European part of the Ottoman Empire, growing German economic interests in the Balkans and the Middle East eventually served as the driving force behind the development of the railway network (McMeekin, 2010).

The most important rail constructor involved in the European part of the Ottoman Empire was *Chemins de fer Orientaux* (CO), a company founded by a German entrepreneur of Jewish origin: Baron Hirsch. By 1874, CO had completed over 1300 km of railway track, including the three main railway lines running through the European

territories of the Ottoman Empire (Pamuk, 1987). The longest and most important of these lines was that running from İstanbul to Belovo (Bulgaria) via Edirne and Plovdiv, which included branch lines to Alexandroupoulos and Yambol. The other two ran from Thessaloniki to Mitroviça and from Dobrljin to Banja Luka (Figure 4).

The situation changed considerably in the early 1880s. The Congress of Berlin, of 1878, not only redrew the political map of this region, but also had repercussions for its railways. The Ottoman Empire had to cede a large part of its European possessions and, as a result, many of the lines constructed by the CO passed into the hands of the newly independent Balkan states. The Congress of Berlin obliged these states to complete the Vienna-Istanbul line and an international commission was set up to decide on and supervise its construction. This commission included representatives from the Ottoman Empire, Bulgaria and Serbia and was chaired by the Austro-Hungarian representative. The resulting line, which came into service in 1888, connected Europe to Asia by rail (Ivanov et al, 2009). Until this time, the routes followed by the main railway lines were therefore decided outside the Balkans: in Vienna and Budapest, or in other Western European capitals via investment in the Ottoman Empire. This has been confirmed by the data analyzed.

In 1890, the Balkan railway network was still in its infancy and was tightly controlled by foreign capital. Our calculations, based on data about the “nationality” of the line builders, produced some remarkably clear results (figure 5) and revealed that more than 85 % of the railway lines in service had been built by foreign (German, French, British and Austro-Hungarian) companies.

At first glance, and based on the total length of track financed, it would seem that Austria-Hungary was the main driving force behind the expansion of the Balkan railway network. However, its interests were mainly confined to within its own borders. As previously stated, the Germans, French and British were mainly responsible for extending the railway network to the Black and Aegean seas. British entrepreneurs began to construct some of the most important railway lines in the Ottoman Empire and also built several secondary lines during the 1860s, but they then lost interest and influence in the Balkan region. British investors subsequently sold off their lines when they found that little revenue could be generated from relatively isolated lines connecting the River Danube to the Black Sea; in fact, by the late 1880s, British investors had almost completely abandoned the region. French banks promoted several relatively important lines in both the Ottoman and Austro-Hungarian empires, but their investments were mainly concentrated in the Asian territories of the Ottoman Empire.

Overall, the main Balkan railway lines were financed and operated by companies from Germany and the Hapsburg Empire and it is also important to bear in mind that the ownership of railway lines sometimes changed hands. For example, in 1890, Baron Hirsch sold the CO and 1,260 km of railway track located in the European part of Turkey to a group of German banks led by Deutsche Bank, which further extended German control over rail transport in the region (Hertner, 2006). This largely goes in line with our initial hypothesis relating to the importance of foreign influences in the development of the Balkan railway network.

Figure 5 shows the “nationality” of each line when it was open. It is particularly interesting to underline the fact that none of today’s Balkan states had full control over the construction of either the first or the main lines that were built in its present territory. The explanation for this is that, in most cases, external interests prevailed over national ones. For example, in Bulgaria, 94% of the lines that were in service in 1890 had been constructed by foreign investors, as opposed to only 6% by the Bulgarian state. The same happened in the Ottoman Empire, where almost all the railways were funded and built by foreign entrepreneurs, and in Serbia, where two thirds of the lines were built by foreign companies.

It should be stressed that our data on investment capital only related to lines directly constructed by foreign investors and that, given their political and economic influences, the Great Powers often dictated the routes followed, with little regard for local interests (Ivanov et al, 2009). A particularly clear case of this can be seen in Bulgaria, where the economic and political interests of the country would have benefited from a rail connection between the capital, Sofia, and the major port of Thessaloniki on the Aegean Sea. This line would have also connected the Bulgarian capital to the geographical region Macedonia, a territory over which Bulgaria had political and economic aspirations. Instead, Sofia's first connection to the sea was via a longer line to Istanbul (Stanev, et al, 2011).

This was not, however, the case in Romania. Although half of its railway network had originally been built by German and Austro-Hungarian consortiums, by 1880, it had been taken under state control. The lower percentage of foreign railway construction in Romania could be explained by the fact that the country already controlled a large part of its pre-WWI territories when railway construction started. Although most of Romania's lines were financed by foreign loans, its governments managed to keep a tight control over all of the rail routes constructed and to build them according to its own economic, political, social and military criteria (Popescu, 2014). The case of Greece was similar to that of Romania, as the national government planned the railway network and built it through foreign loans; however, Greece mainly built narrow gauge lines until 1890 (Zartaloudis, et al, 1997).

One good way to check the extent to which investors exerted effective control over the region's economy was to analyze the territorial coverage of the railway network (Figure 5). With this in mind, we assumed that a distance of 10 km from a railway line would provide an indication of effective territorial coverage, given that this represented a two-hour walk from the railway network. In this way, it was possible to observe two phenomena: the percentage of the surface area of each country with access to the railway network; and who financed this infrastructure.

Figure 5: The territorial coverage of the railway network based on sources of investment capital: 1890, 1920 & 1970. The table below provides calculated indices for each country and period and differentiates between the origins of capital investment (foreign or national). Sources: see text

Figure 5 shows that in 1890, nearly 5,000 km of railway provided effective coverage to 38% of the national territory of Austro-Hungary. The respective coverages in other Balkan countries were: 35% in Romania, 23% in Serbia and 14% in Bulgaria, while in the European part of the Ottoman Empire, coverage was only 10%. The data analyzed showed that the Austro-Hungarian railway network did not provide effective territorial coverage for the whole region because the Empire did not invest very much outside its own borders. Externally, it only made relatively small, direct investments in Romania. However, we know that the Austro-Hungarian Empire used political and financial channels to influence railway routes constructed outside its own territory and exercised indirect, but effective, control over traffic along the River Danube (Lampe and Jackson, 1982; Palairret 1997). The grip of the Austro-Hungarian Empire on the transport infrastructure of the Balkans was therefore tighter than what the data may suggest.

By 1890, the governments of Romania, Serbia and Bulgaria had taken effective control over the construction of new railway lines in their respective territories as they saw this as a tool for strengthening their independence. Even so, some of the previously built lines remained under foreign control. This was particularly true in Bulgaria,

where the struggle for control over the lines built by CO was a source of great political tension and financial instability throughout the late 1890s (Ivanov et al, 2009).

Due to the previously mentioned need for credit to finance the construction of the Balkan railway network, foreign interests were able to continue to exert their influence in the region for some time. As a result, even when the Great Powers no longer had direct control over railway construction, the major investments required for this infrastructure kept the different Balkan governments dependent on European banks and governments. In fact, most of the new Balkan states ran into financial difficulties within a few decades of acquiring their political independence. Most notably, in 1898, a European commission forced Greece to accept financial control of its revenue in order to pay outstanding debts (Levandis, J. A. 1944).

What was new, was the fact that the construction of new railway infrastructure now followed territorial guidelines laid down by these new nation states. All of these developments had an important impact on the spatial evolution of the railway network in the Balkans. Amidst their struggles for influence in the region, the Great Powers designed and developed a railway system that was connected to the European network. However, once the main international lines had been completed and most of the new Balkan states had been constituted, these new states decided to follow their own internal logic when further developing the Balkan rail network. As a result, the process of Balkan rail service integration soon stagnated or even went into decline.

The “Balkanization” of the railway network after WW1

After WW1, the Balkan railways continued to expand; this is reflected by the increase in territorial coverage observed during the period between 1920 and 1970. Figure 5 shows that in Romania, Yugoslavia and Bulgaria coverage increased to 59%, 44% and 37%, respectively. More importantly for our study, WW1 marked the start of a new railway dynamic which, according to our data, was characterized by the gradual breaking up of the railway network in this region. The “Balkanization” started, in the metaphorical sense, with the political fragmentation of the Balkans, which hampered the further integration of the railway network. It then continued in a more literal sense, as the newly emerged states assumed full control over the railways in their respective territories. The change in the logic behind the construction of the network was first revealed by a change in the sources of capital investment and later by a change in the topology of the rail network.

Domestic expansion and adaptation to new borders.

The Balkans was one of the regions of Europe most affected by the territorial changes that occurred after WW1. The new borders cut across existing railway routes and this had a transforming impact on the network. Some former main lines were relegated to secondary status, while other, originally less important, routes were upgraded. This new territorial reality called for the reshaping of the railway network in each state and also in the region as a whole. As a result, governments had to take control of the different networks, nationalize private lines and plan future transport development (Howkins 1999).

The period after WW1 saw a significant change in the model for planning and constructing railway infrastructure. The new logic was based on improving the internal articulation of each national transport system. As a result, the new funding model focused on maintaining a tight national control over further railway construction. The data studied revealed two clear trends. From 1910 onwards, direct foreign investment was replaced by local capital, while the size of the different national networks increased considerably during the period 1910-1950, boosted by the construction of more lines for internal use.

It seemed interesting to try to determine whether the lines constructed with foreign capital and those built by the newly independent states, using national funding, followed the same or different logics. To answer this question, we ranked the different lines according to their relative importance, using a three-level classification: international, primary and secondary. We classified lines that connected major cities in different countries or major cities to international ports as “international”. The other lines were considered “domestic” and divided into two groups. Lines that connected national capitals to other important cities, but without providing international connections, were classified as “primary”. On the other hand, branch lines of only local importance were classified as “secondary”.

Figure 6 shows that from 1910 onwards, the total length of railway track promoted by foreign capital stagnated; the era of foreign investment had effectively come to an end. Moreover, some of the lines originally built as a result of foreign initiatives closed after 1918. In contrast, the number of locally financed railway lines increased considerably from 1910 until the 1950s, with most of these new lines being of domestic importance. This confirmed the hypothesis that post WWI constructions mainly served narrowly national interests.

Figure 6: The evolution of the railway network according to its hierarchy (international or domestic) and the origins of its capital investment (foreign or national). Sources: see text

Figure 7 shows that almost a century after the fall of the Austro-Hungarian Empire, the length of railway track originally constructed or financed by Austria-Hungary remained very significant. Even so, it remained largely restricted to territories that had originally been controlled by the empire. As commented in a previous section, in the rest of the Balkan region, French, British and (particularly) German capital had constructed the majority of the most internationally important lines in the 19th century. This clearly shows how 19th century railways were primarily constructed to boost international trade.

The table in Figure 7 shows that only 37% of the international lines in the Balkans were built as a result of local initiatives, whereas for primary and secondary lines, the respective values were 56% and 65%. Between 1910 and 1950, the growth of the region’s railway network was predominantly attributable to the construction of lines for internal use. During this period, the main priority for those planning this infrastructure was apparently to develop their domestic networks.

Figure 7: The railway network hierarchy in 2000, identifying international, primary and secondary lines. The table on the right includes calculated indices based on line hierarchy and the nationality of the capital investment that funded their construction. Sources: see text

It is possible to outline three noticeable trends in railway development in the Western Balkans. Firstly, connections between major urban centers, such as Zagreb, Belgrade, Sarajevo and Skopje, were improved, while others important cities, such as Podgorica and Tirana, were connected to the network for the first time. Secondly, new lines, which could be considered as international, were built to provide the inland cities of Ljubljana, Zagreb, Sarajevo, Belgrade, Podgorica and Tirana with direct access to sea ports. After this had been done, Skopje remained the only major Balkan city without a direct connection to the sea that did not require crossing an international border. Thirdly, the remaining lines were local branch lines that helped to improve domestic rail

coverage without otherwise being of any great importance. Similar trends could be observed in Bulgaria and Romania where most of the track constructed during this period corresponded to lines with predominantly domestic importance. These two states extended their existing rail networks by building what were predominantly short lines connected to existing stations which helped to promote the integration of their national markets. For Greece and Turkey, the results were less revealing. In both cases several new lines were constructed of both primary and secondary importance.

Railway integration hampered by political hostilities

WWI and the resulting political divisions gave rise to tensions which had a lasting impact on international rail connections in the Balkans. The war caused great distrust between Bulgaria, which lost territory, and other Balkan states who were among the victors of the war; this tension was to dominate political and economic relations in the Balkans throughout the inter-war period. As a result, connections between neighboring states remained relatively underdeveloped, with Bulgaria's central position adversely affecting the overall structure of the Balkan railway network.

The data analyzed confirmed that the lines constructed during the inter-war period only had an impact at the national level and that national railway networks were mainly used to reinforce the internal sovereignty of states. It is noticeable that this happened at the expense of cross-border connections that might have improved the economic integration of this politically fragmented region. The only signs of efforts to develop international trade could be seen in the construction of railway links to ports. Even so, these lines tended not to extend beyond national borders. The new port connections therefore promoted trade between a given country and the rest of the world, but without improving economic relations between neighboring countries.

In order to quantify and analyze the connectivity between states, we calculated the number of border crossings with railway connections. These data (Figure 8) showed the evolution of rail connections between the different Balkan states from 1920 until the maximum expansion of the Balkan railway network, in 1970.

Figure 8: The expansion of the railway network, international borders and ports: 1920 & 1970. Sources: see text

Despite the uniform growth of the rail network in the Western Balkans, no new connections were established between Yugoslavia and the states along its south-eastern borders. Within Yugoslavia, existing lines were reinforced by connecting internal branch lines and making new connections to ports, but the international connectivity of the network hardly improved. In the north, the dissolution of Austria-Hungary resulted in the closure of a number of lines and in a reduction in the number of border crossings. The new connections that opened before 1920 increased the connectivity between the Western Balkans and Central Europe, but in the south of the region, Greece and Turkey only built secondary lines.

In the Eastern Balkans, Bulgaria developed an internal network based on two main railway lines which crossed the state and had branches leading out towards, but without actually reaching, its borders. As a result, by 1920, Bulgaria only had international railway connections with Turkey and Serbia. Some secondary lines did cross Bulgaria's borders with Romania and Greece, but they did not connect major urban centers in either state. In fact, Bulgaria and Romania were not connected by a main line until the 1950s. It is surprising that there had not been any previous connection with Bucharest, particularly as Romania had needed, and sought, a connection with Istanbul since the late 19th century. A similar strategic link between Thessaloniki, in Greece, and Sofia was only

completed in 1965. In fact, even today (2015), Bulgaria has no railway connection with its historically and culturally closest neighbor: Macedonia (FYROM).

At its maximum extension, in the 1970s, the Balkan railway network had 47 cross-border connections (Figure 9): the same number as half a century earlier. Naturally, there had been line openings and closures since 1920, but the fact that there were more lines but the number of border crossings had not changed suggests a lack of integrated railway planning.

Figure 9: Evolution of the number of rail border crossings: 1920 & 1970. Sources: see text

The lack of integration of the network was further confirmed by the analysis of another variable: an index called the route factor. This relates the distance by rail between two nodes to the straight line distance between the same two points and allows us to evaluate the evolution of the spatial efficiency of a railway system. A ratio of close to 1.0 indicates a direct and efficient connection. Values of up to 1.5 are considered less efficient and small deviations in these values could be the result of socio-political or topographical factors. In our opinion, terrain would not normally be the main reason for ratios of above 1.5, while ratios of between 1.5 and 2.0 would probably show that the lines in question had not been planned to provide an optimal service between the two points connected. Finally, indices of greater than 2.0 would show that the lines had not been designed to provide direct connections, but were the result of connections with other, neighboring settlements.

Table 1 shows that in the Balkans, in 1920, a number of urban centers, including Tirana, Sarajevo and Podgorica, either did not form part of the Balkan railway network or did not have adequate connections with neighboring capitals; and, as a result, remained isolated from the other cities. Other capitals that did not have adequate connections with neighboring capitals included Athens, with Sofia and Istanbul; Bucharest with Sofia, Skopje, Istanbul and Athens; and Sofia with Skopje. As well as lacking these links, some of the existing rail connections did not follow the optimum route. Thus, the connections from Belgrade to Athens and Bucharest; Zagreb to Athens and Bucharest; Skopje to Istanbul, Athens, Belgrade and Zagreb; and Ljubljana to Athens, Bucharest and Skopje all had route index values of up to 1.5. The poor results for Athens can be explained by the geographic location of the Greek capital. In most cases, a straight line connecting Athens to another major urban center would pass through the sea and a straight line rail connection would therefore be physically impossible. In other cases, however, the data clearly suggested the inefficiency of the network.

Table 1: The route factor index between the main Balkan cities (modern-day capitals): 1920 & 1970. Source: see text

By 1970, the level of connectivity had improved but not significantly. The construction of the Ruse – Giurgiu Bridge over the River Danube improved the accessibility of Bucharest, which became much better connected with other major centers in the southern part of the region. The links between Sarajevo and other important cities in Yugoslavia and the rest of the Balkans also became more direct and efficient. Even so, the difficult terrain continued to limit accessibility and therefore its route index value often remained above 2.0.

The different variables used confirmed the difficulties that the Balkan states encountered when trying to integrate their railway systems. Possibly the existing border crossings were underutilized, maybe the construction of more

railway lines did not require more border crossings, or perhaps the Balkan capitals were not connected because there was little economic demand for this. Whatever the case, this would only confirm our hypothesis regarding the lack of economic integration between the Balkan states during this period. Political hostilities, difficult terrain and similar products for export could all partly explain the relatively underdeveloped international railway connections between the different Balkan states. The lack of well-developed rail infrastructure shows that the Balkans were not economically integrated and that this could help to explain some of the many other problems that affected relations between the different countries in the region during this period.

Most of the, relatively few, international infrastructural connections were built during the 1940s and 1950s which, according to our hypothesis, could largely be attributed to the influence of a new foreign power in the region: the USSR. The Soviet Union promoted cooperation between the Communist states in the Balkans, which included Bulgaria, Romania, Yugoslavia and Albania. During this period, trade between Romania, Bulgaria, Yugoslavia and the rest of the Eastern Bloc increased significantly and this called for better transport connections in the Balkans (Ehrlich, 1985). The USSR provided technical and political support for some of the most important infrastructural projects carried out in the region. These included the construction of the Iron Gate power plant on the River Danube (a joint venture between Yugoslavia and Romania). In the specific case of railway infrastructure, one of the most notable improvements was a bridge over the River Danube. In 1954, this finally connected Romania and Bulgaria, thereby considerably improving rail connections between Bucharest and the rest of the Balkans. Again, however, we could perhaps argue that the improvements in the, previously limited, integration of the Balkan transport system after WW2 were largely imposed on the Balkan states by a foreign power, rather than being a product of direct collaboration between them.

The stagnation and decline of the Balkan rail network

After WW2, throughout Europe, buses and cars gradually replaced trains as the main form of land transport and public investment shifted towards roads. Even so, in the communist-dominated states of Eastern Europe the demise of rail transport was postponed for a few decades (Figure 3). This was mainly attributable to public support for the railway sector, increasing trade, industrial activity, and the relative underdevelopment of the private transport sector in these countries. The railways maintained their importance until the 1990s, but since the collapse of the Eastern Bloc, there has been a considerable increase in car ownership and in the use of bus transport and this has taken a lot of traffic away from the railways (Thompson 2001). That said, it should be underlined that the expansion of the railway network in Eastern Europe had already effectively come to a halt by the end of the 1960s and that most of the investment made in railways thereafter focused on improving the existing network (doubling tracks and electrifying lines) rather than expanding it.

The stagnation of the 1960s and 1970s had turned into decline by the 1980s. As a result, from the 1950s onwards, the total length of railway track in service declined slightly, with this being particularly noticeable in Romania and Yugoslavia (Figure 10). This reduction in the length of the network could also, at least in part, have been due to an increase in its efficiency. To test whether this was the case, it was necessary to check whether the lines that closed were replaced by shorter routes. It was also possible that a significant decline in rail transport in one particular state could have affected the result for the whole Balkan network; we therefore checked whether closures of lines and stations were generalized or only occurred in particular countries.

Figure 10: Evolution of the length of national railway networks by country, identifying the opening/closure of lines: 1920 – 1990. Source: see text

Figure 10 provides data on the opening and closure of lines in different countries between 1920 and 1990. In Turkey and Bulgaria, there was no clear evidence of a decline; there was no change in the number of lines that were open in European Turkey, while in Bulgaria, new lines opened without old ones closing. In Romania and Greece some services closed, but the total number was not significant. In Greece, peak rail coverage was observed in 1970, but this was then followed by a decline in coverage. In 1971, the different Greek railway companies were amalgamated into a single unit: the Hellenic railways organization, and this reorganization was accompanied by the closure of many narrow gauge branch lines. During the second half of the century, the number of line openings and closures in Romania was very high, but with the former practically compensating for the latter. This could be understood as a re-articulation of the network with the goal of adjusting to the territorial changes that had followed WW1 but which had not been implemented in the 1920s and 1930s. Whatever the reason for this, it was the only such case observed in any of the countries analyzed.

Finally, in Yugoslavia, there was a steady decline in the railway network from 1960 onwards. Mainly as a result of its Austro-Hungarian heritage, this country initially had the densest rail network in the Balkans. Later, in order to serve its political and economic interests, Yugoslavia decided that it was necessary to carry out a significant process of railway reconstruction and improvement. In fact, more railway construction took place in Yugoslavia after 1945 than in any other state in the region. Even so, the total number of lines that closed during this period almost tripled the number of new ones that opened. It could therefore be argued that, in Yugoslavia, the gradual decline of rail transport was accompanied by a major readjustment to the country's rail infrastructure. This decline further intensified in the 1990s. War and the subsequent dissolution of Yugoslavia resulted in the destruction of part of its rail infrastructure and the fragmentation of its network, with new borders cutting across a number of existing railway lines. These problems were exacerbated by the international trade embargo placed on the resulting state of Serbia and Montenegro and by a fall in passenger traffic due to the rise of private car ownership.

There was, however, one notable exception to the overall pattern of decline: in Albania, the development of the rail network occurred very late and did not reach its peak until 1990. This state only opened its first standard gauge public railway in 1947, but the totalitarian regime of Enver Hoxha then extensively promoted rail travel, with this process being aided an effective prohibition on the use of private transport in Albania. However, the evolution of the Albanian railway network took place in isolation from that of the rest of the Balkans and it was not until the 1980s that a rail connection was established with another country (Yugoslavia); and this was soon cut off following the outbreak of war in Yugoslavia. The first symptoms of decline in the Albanian railway network appeared in 2000, with this trend then continuing throughout the following decade.

Generally speaking, it could be said that the Balkan railway network entered a period of stagnation during the last three decades of the Cold War period. Figure 11 shows that most of the lines that closed during the second half of the 20th century were located in territories that had previously belonged to the Austro-Hungarian Empire (mainly in Yugoslavia or Romania). In contrast, relatively few lines were closed in Bulgaria, Greece and Albania, while most of the lines in the European part of Turkey remained in service. The political fragmentation of the Western Balkans obviously had an impact on the rail network and the dissolution of Yugoslavia could explain some of these closures. However, it should be added that even before the Yugoslav wars of the 1990s, several railway lines had been closed in order to optimize the network. Similarly, geopolitical developments had little influence on the evolution of the Romanian network, with rail efficiency again being the main reason behind most line closures.

Although political events such as the dissolution of Yugoslavia and the collapse of the Soviet political and economic bloc no doubt had an important impact on the Balkan railway network, during the period of decline, it is difficult to establish any solid relationship between the evolution of the railway network and geopolitical developments in either this region or in the rest of Europe.

Figure 11: Closures of railway lines, 1950-2000. Source: see text

Conclusions

The objective of the current work was to determine whether there was a relationship between the autonomy of the Balkan countries and the integration of its railway network. Focusing on the railway network proved useful in revealing a more general issue: for 150 years the integration of the economy of the Balkans was strongly related to the level of region's political dependence on the outside world.

We have identified three distinct different periods in the evolution of the Balkan railway network. During each of these different periods, the prevailing interests that guided its development left behind a distinct mark that is still reflected in its present shape and characteristics.

During the first period, the interests of Austria-Hungary, Germany, France and the Britain mainly drove the development of the railway infrastructure. These external promoters of the Balkan railways created a network consisting of predominantly long distance lines with relatively few, if any, branch lines. These first lines determined the general structure of the today's Balkan railway network but mainly served the interests of states that either no longer exist or which were located outside the region. The result was the formation of a network that did not provide adequate support for local economies. Instead, during the 19th century, its structure mainly served foreign commercial and political interests.

In the second period, which began towards the end of 19th century and fully developed after WW1, the national interests of the independent Balkan states prevailed, with different national railway systems largely developing in isolation. The density of these national networks increased, but their international connectivity remained relatively limited.

In the third period, the growth of the railway network first effectively came to a halt and then entered a period of decline. The connectivity between the Balkan states did slightly improve during the second half of the 20th century, when another outside power, the USSR, promoted cooperation between those of the Balkan states that were under communist regimes. However, border-related tensions generally remained an obstacle and prevented the development of a more efficient network.

Our initial hypothesis was therefore largely confirmed: during the 19th century, guided by the Great Powers, railway construction boosted the economic integration of the Balkans and connected the region with the rest of Europe; however, in the 20th century, the independent Balkan states failed to integrate their respective infrastructures. The political fragmentation of the region therefore effectively produced "the Balkanization" of the railway network

Acknowledgements

We would like to acknowledge the help that we have received from the three referees and Dr Toader Popescu and to thank them for their comments on this article. We would also like to thank ICREA-Academia, Generalitat de Catalunya, and SEBAP for its financial support for the project.

References

- ALVAREZ, E., FRANCH, X. and MARTI-HENNEBERG, J. (2013). Evolution of the Territorial Coverage of the Railway Network and its Influence on Population Growth: The Case of England and Wales, 1871–1931. *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 46(3), 175-191.
- BEREND, I. and RANKI, G. (1969). *Közép-Kelet-Európa gazdasági fejlődése a 19-20. században*. Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.
- BILMEZ, B. (2008). European investments in the ottoman railways, 1850–1914. In Roth, R. and Dinhl, G. (Eds.) (2008). *Across the borders: financing the world's railways in the nineteenth and twentieth centuries*. Aldershot: Ashgate.
- BLUNDEN, W.R. (1971). *The Land-use/Transport System. Analysis and Synthesis*. Oxford: Pergamon Press.
- BOUWMAN, M. E. and MOLL, H. C. (2002). Environmental analyses of land transportation systems in The Netherlands. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 7(5), 331-345.
- CARUANA-GALIZIA, P. and MARTI-HENNEBERG, J. (2013). European regional railways and real income, 1870–1910: a preliminary report. *Scandinavian Economic History Review*, 61(2), 167-196.
- CHESTER, K. (2006). *The narrow gauge railways of Bosnia-Herzegovina*. Malmö: Stenvalls.
- DEYANOV, D. (2005). *Zhelezopatnata mreža v Bulgaria 1866-1975* [The railway network in Bulgaria 1866-1975]. Sofia: Bulhouse.
- DONALDSON, D. and HORNBECK, R. (2013). *Railroads and American Economic Growth: "A Market Access" Approach* (No. w19213). National Bureau of Economic Research.
- DUPUY, G. (1991). *L'Urbanisme des Réseaux, théories et méthodes*. Paris: A. Colins.
- EHRlich, E. (1985). Infrastructure. In Kaser, MC. and Radice, EA. (Eds.). *The Economic History of Eastern Europe 1919-1975*, Oxford: Clarendon Press.
- FRANCH, X., MORILLAS-TORNÉ, M. and MARTI-HENNEBERG, J. (2013). Railways as a Factor of Change in the Distribution of Population in Spain, 1900–1970. *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 46(3), 144–156.

- GASTNER, M. T. and NEWMAN, M. E. (2006). Shape and efficiency in spatial distribution networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2006 (01), p01015.
- HAGGET, P. (1977). *Locational Analysis in Human Geography*. London: Edward Arnold.
- HERTNER, P. (2006). The Balkan Railways, International Capital and Banking from the end of the 19th Century until the Outbreak of the First World War. *Bulgarian national bank discussion papers*, 53.
- HOWKINS, T. J. (1999). The adjustment of international rail passenger services to new state boundaries—the Eastern Marchlands of Europe 1918–39. *Journal of Transport Geography* 7(2), 147-158.
- IVANOV, M., TODOROV, T. and VACHKOV, D. (2009), *Istoria na vynshnia dyrzhaven dalg an Bylgaria (1878–1990)*, (*History of the foreign public debt of Bulgaria 1878–1990*), Sofia: Bulgarian National Bank.
- JELAVICH, C. and JELAVICH, B. (1977). *The establishment of the Balkan national states: 1804-1920* (Vol. 8). Washington: University of Washington Press.
- KANSKY, K. and DANSCOINE, P. (1989): Measures of network structure. *Flux*, 1989, 89-121.
- KELLER, W. and SHIUE, C. H. (2008). *Institutions, technology, and trade*. National Bureau of Economic Research, w13913.
- KOSTOV, A. (1995). Trade and navigation on the lower Danube: Romania and Bulgaria 1880–1912. *Inland Navigation and Economic Development in Nineteenth-Century Europe*, 105-119.
- LAMPE, J. R. (1975). Varieties of unsuccessful industrialization: the Balkan states before 1914. *Journal of Economic History*, 35(1), 56-85.
- LAMPE, J.R. and MARVIN J. (1982). *Balkan Economic History, 1550-1950: From Imperial Borderlands to Developing Nations*. Bloomington: Indiana University Press.
- LEVANDIS, J. A. (1944). *The Greek Foreign Debt and the Great Powers, 1821-1898*. New York: Columbia University Press.
- MARTÍ-HENNEBERG, J. (2013). European integration and national models for railway networks (1840–2010). *Journal of Transport Geography*, 26, 126–138.
- MCMEEKIN, S. (2010). *The Berlin-Baghdad express: the Ottoman Empire and Germany's bid for world power*. Cambridge: Harvard University Press.
- MORILLAS-TORNÉ, M. (2012). Creation of a Geo-Spatial Database to Analyse Railways in Europe (1830-2010). A Historical GIS Approach. *Journal of Geographic Information System*, 4, 176–187.
- NIKOVA, E. (2007). Roads Connecting, Roads: Infrastructure in South East Europe. *Etudes balkaniques*, 1, 3-16
- O'BRIEN, P. (1983). *Railways and the economic development of Western Europe, 1830-1914*. London: Macmillan.

- ORGAN, J. (2008). *Romania & Bulgaria Narrow Gauge. Narrow Gauge Branch Lines series*. Midhurst: Middleton Press
- PALAIRET, M. (1997). *The Balkan Economies c. 1800-1914 Evolution without Development*. Cambridge: Cambridge University Press.
- PAMUK, Ş. (1987). *The Ottoman Empire and European capitalism, 1820-1913: trade, investment, and production*. Cambridge: Cambridge University Press.
- POPESCU, T. (2014). *The Romanian Railway Project (1842-1916)*. Bucharest: Simetria.
- PURCAR, C. (2010). On the wrong side of the track: railways as urban boundaries in the towns of the First Transylvanian Railway. *Urban History*, 37(01), 66-89.
- ROSTOV, W. (1953). *The process of economic growth*, Oxford: Oxford University Press.
- STANEV, K. (2011). Railways, regions and the urban network in the Balkans during a century of political transformations 1900–2000. *Etudes Balkaniques*, 47(1), 5-37.
- STANEV, K. (2013). A Historical GIS Approach to Studying the Evolution of the Railway and Urban Networks: The Balkans, 1870–2001. *Historical Methods*, 46(3), 192-201.
- STANEV, K., MARTÍ-HENNEBERG, J. and IVANOV, M. (2011). Regional transformations of a state under construction: Bulgaria, 1878–2002. *Journal of Interdisciplinary History*, 42(1), 111-134.
- THOMPSON, L. (2001). *Railways in Eastern Europe*, OECD Round Table 120, Cambridge.
- TODOROVA, M. N. (1997). *Imagining the Balkans*. New York: Oxford University Press.
- TURNOCK, D. (1979). The Romanian railway debate: a theme in political geography. *Journal of Transport History*, 5, 105-21.
- TURNOCK, D. (1986). *The Romanian economy in the twentieth century*. New York: St. Martin's Press.
- TURNOCK, D. (1989). *Eastern Europe: an economic and political geography*. London: Routledge.
- TURNOCK, D. (2001). Railways and economic development in Romania before 1918, *Journal of Transport Geography*, 9 (2), 137-150.
- TURNOCK, D. (2006). *The economy of East Central Europe 1815-1989: stages of transformation in a peripheral region*, New York: Routledge.
- WOLFE, R. I. (1963). *Transportation and politics*. New York: Van Nostrand.
- ZARTALOUDIS, I., KARATOLOS, D., KOUTELIDIS, D., NATHENAS, G., FASOULAS, S. and FILIPPOUPOLITIS, A. (1997). *Οι Ελληνικοί Σιδηρόδρομοι (Hellenic Railways)* (in Greek). Athens: Μίλητος (Militos)

Figures

Figure 1

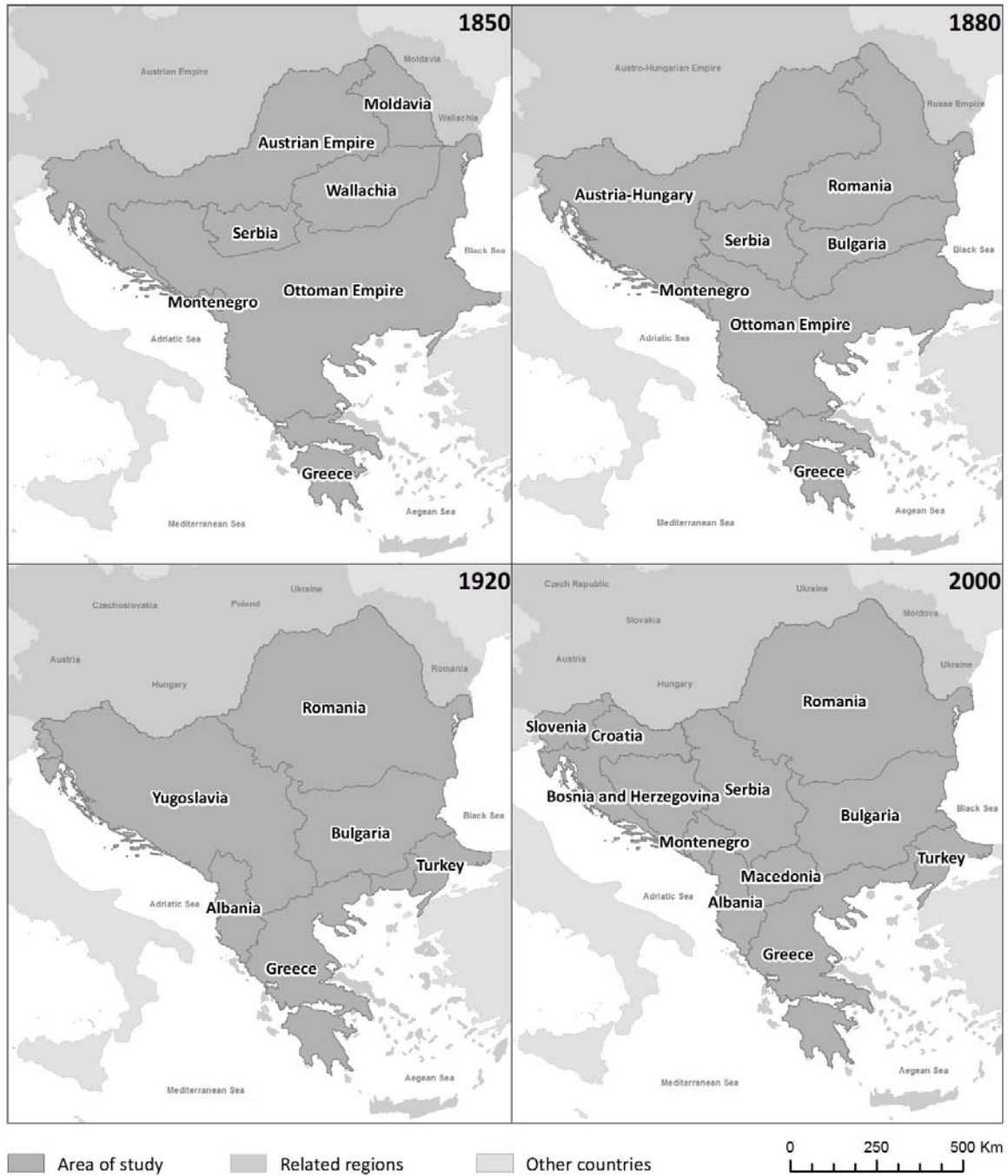


Figure 2

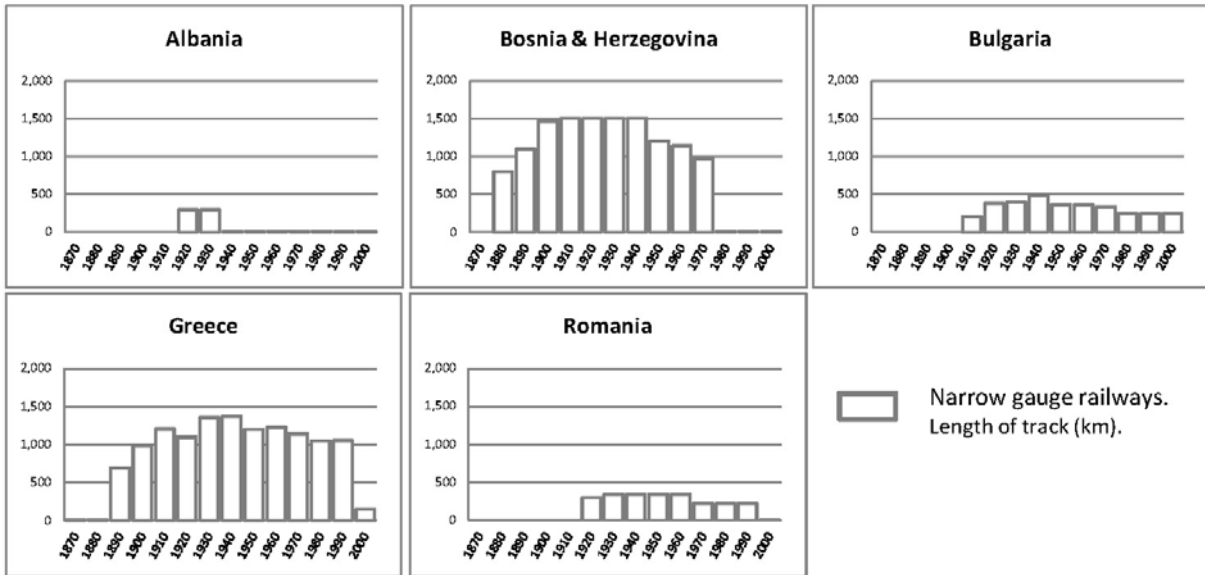


Figure 3:

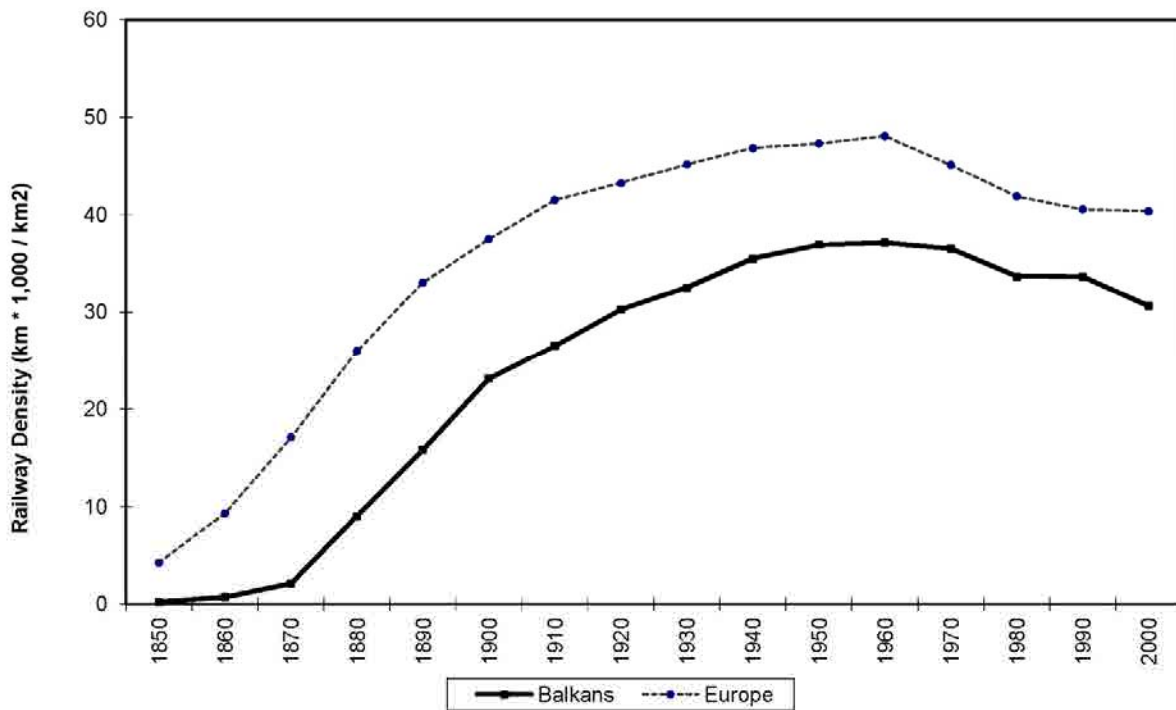


Figure 4:

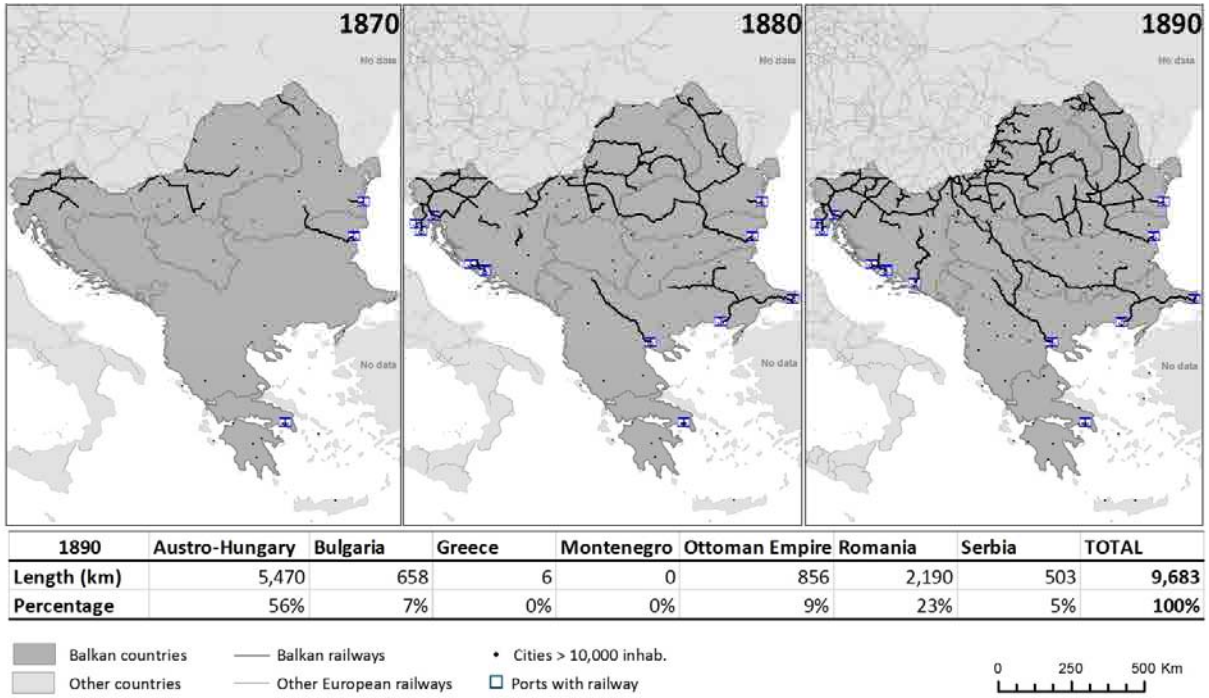
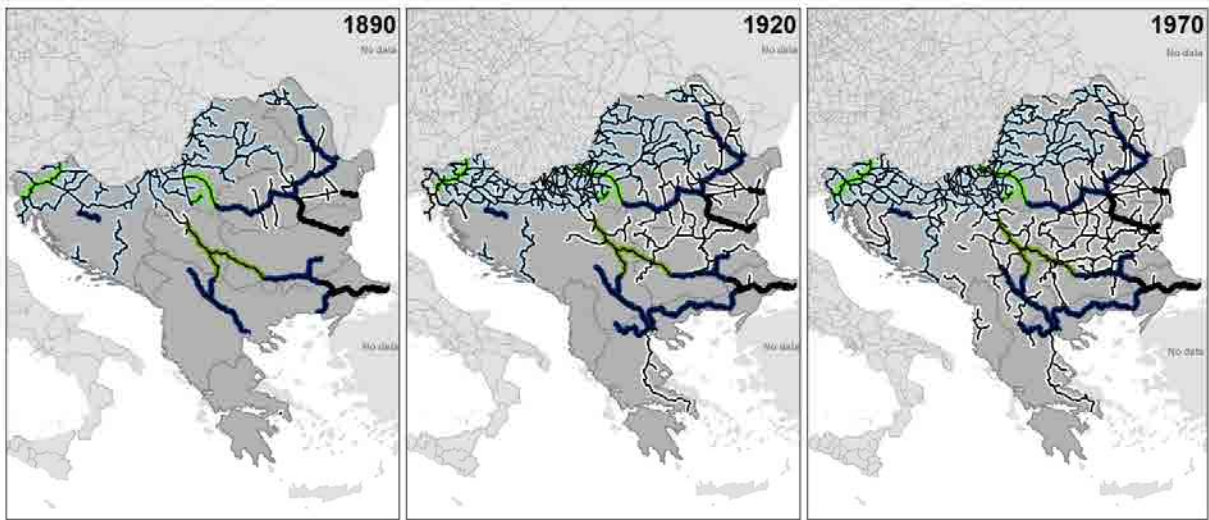


Figure 5:



RAILWAY COVERAGE (% surface)

	1890			1920			1970		
	Foreign	National	Total	Foreign	National	Total	Foreign	National	Total
Austria-Hungary	4.5%	33.1%	37.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.9%	11.9%
Bulgaria	13.5%	0.9%	14.4%	12.7%	24.5%	37.2%	12.0%	43.2%	55.2%
Greece	0.0%	0.6%	0.6%	7.7%	7.3%	15.1%	10.3%	9.0%	19.3%
Montenegro	0.0%	0.0%	0.0%	26.1%	5.0%	31.1%	26.1%	5.0%	31.1%
Ottoman Empire	10.0%	0.2%	10.2%	36.7%	21.9%	58.5%	37.2%	31.1%	68.3%
Romania	17.5%	17.4%	34.9%	34.7%	9.6%	44.3%	34.7%	24.7%	59.4%
Serbia	14.9%	7.6%	22.5%						

Nationally of the original builder of the railway lines



Figure 6:

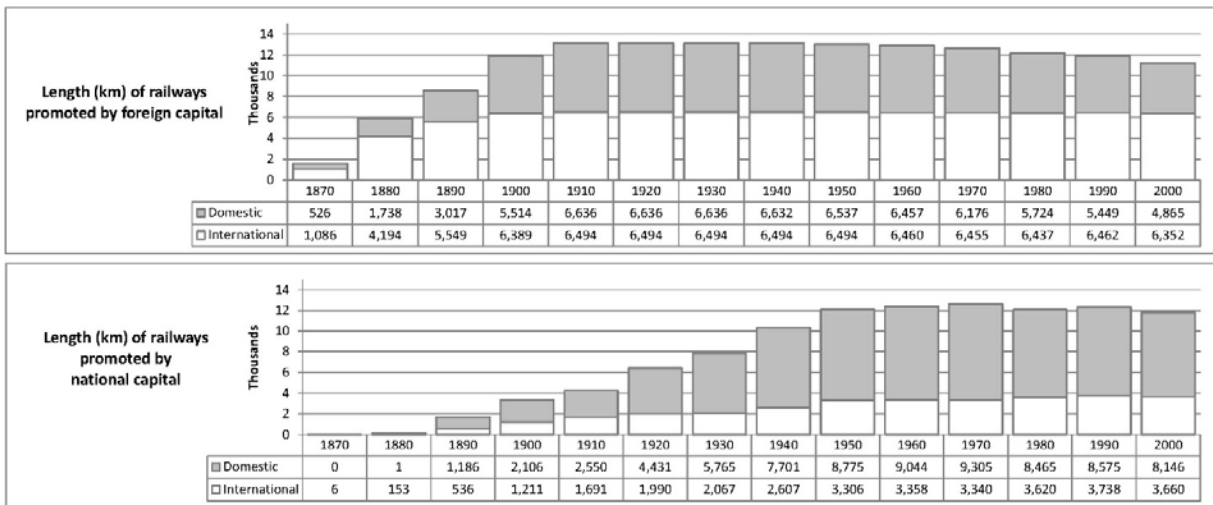


Figure 7:

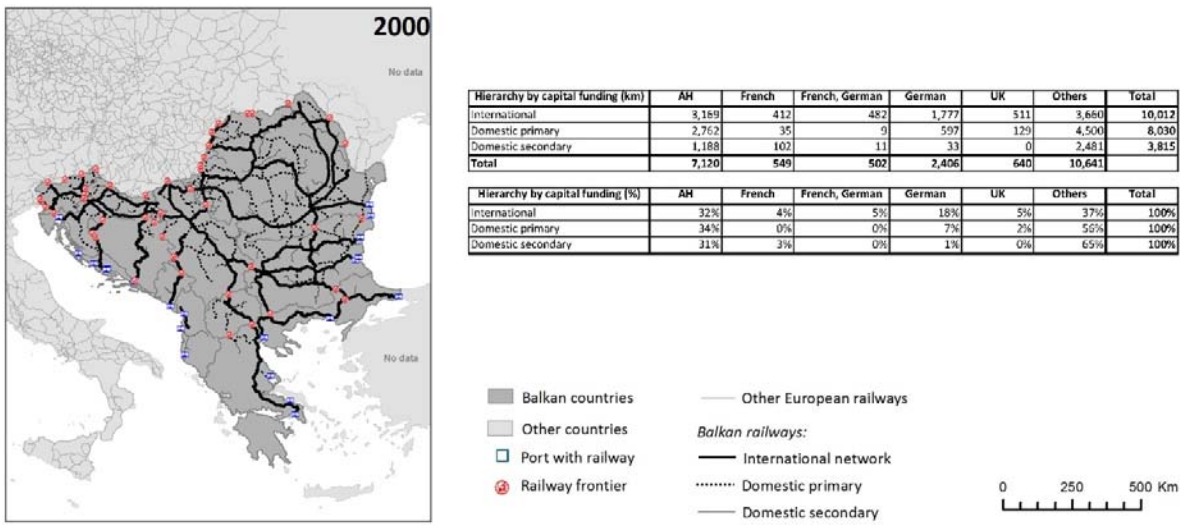


Figure 8:

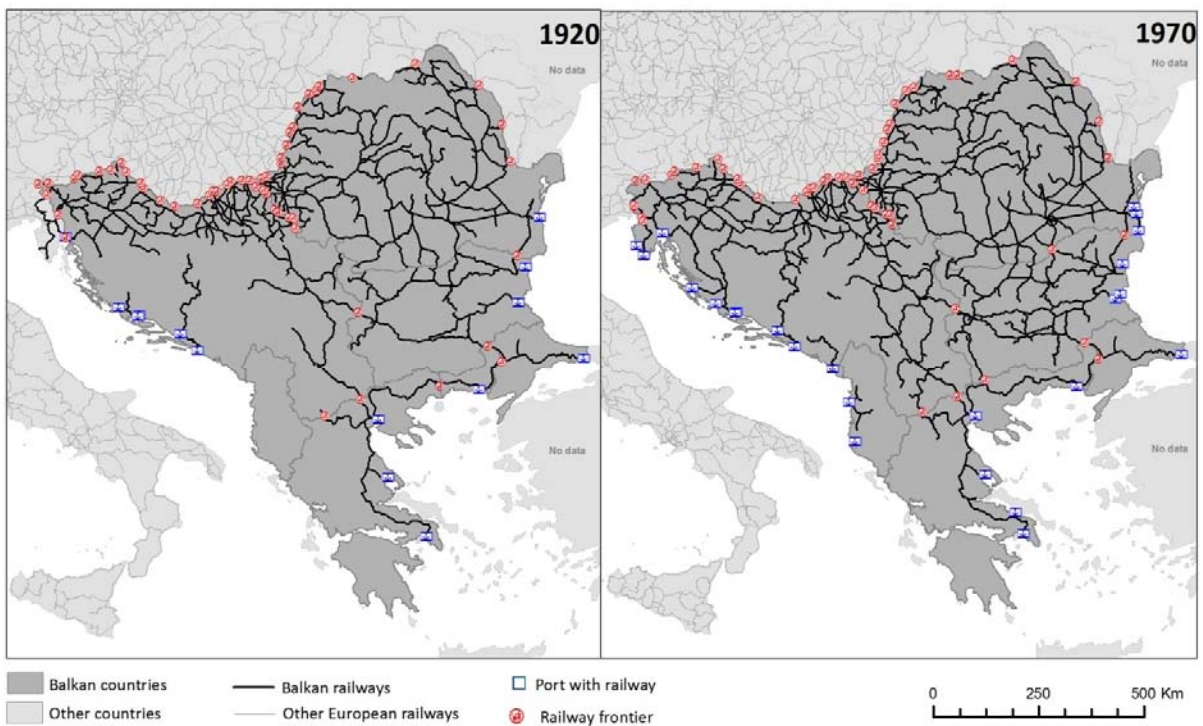


Figure 9

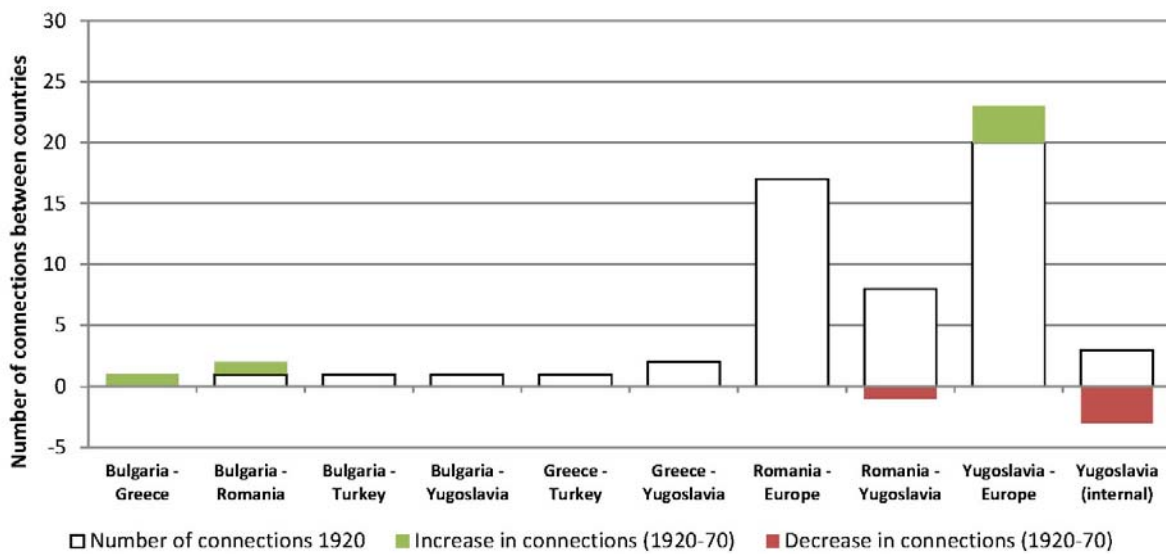


Table 1

1920	Sofia	Istambul	Athens	Bucharest	Belgrade	Zagreb	Skopje	Tirana	Sarajevo	Ljubliana	Podgorica	Average
Sofia		1.29	1.99	1.85	1.73	1.27	1.94			1.27		1.69
Istambul			1.43	1.38	1.30	1.29	1.57					1.79
Athens				1.44	1.44	1.50	1.45			1.51		1.84
Bucharest					1.69	1.50	1.54			1.47		2.28
Belgrade						1.74	1.31			1.24		1.36
Zagreb							1.50			1.25		1.36
Skopje										1.49		1.70
Tirana												
Sarajevo												
Ljubliana												1.36
Podgorica												

1970	Sofia	Istambul	Athens	Bucharest	Belgrade	Zagreb	Skopje	Tirana	Sarajevo	Ljubliana	Podgorica	Average
Sofia		1.35	1.61	1.54	1.23	1.27	1.94		1.98	1.27		1.53
Istambul			1.43	1.72	1.30	1.29	1.57		1.65	1.28		1.57
Athens				1.75	1.44	1.50	1.45		1.70	1.51		1.72
Bucharest					1.54	1.41	1.70		1.86	1.40		1.62
Belgrade						1.74	1.31		1.31	1.24		1.47
Zagreb							1.50		1.73	1.25		1.40
Skopje									1.31	1.49		1.74
Tirana												
Sarajevo										1.65		2.03
Ljubliana												1.39
Podgorica												

Figure 10

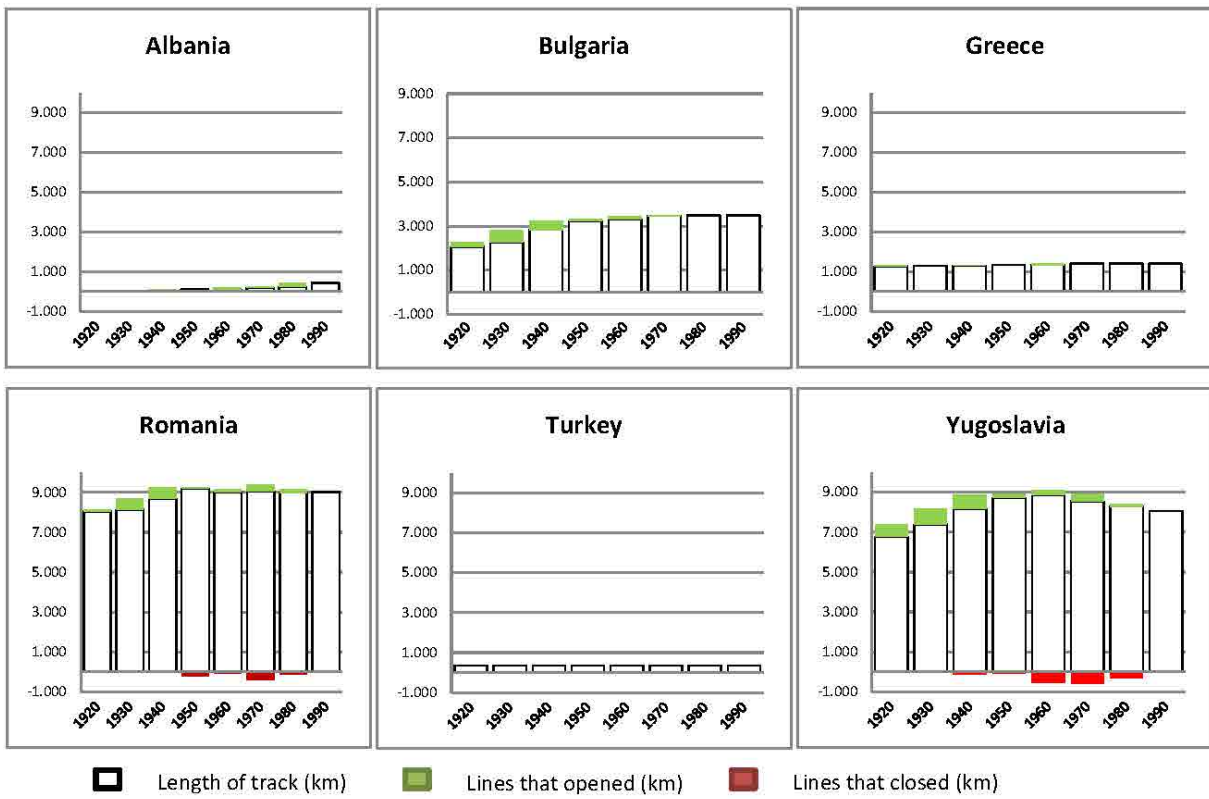
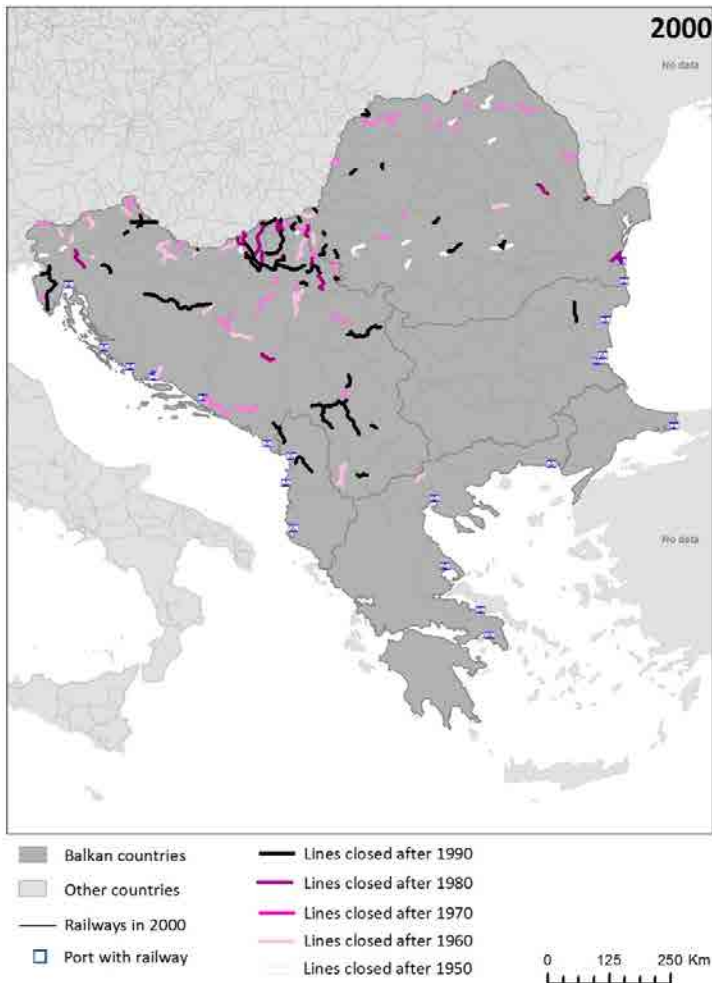


Figure 11:



ⁱ The definition of exactly which states belong to “the Balkans” depends on the criteria that are applied. The Balkan Peninsula is the geographic region defined by the Adriatic Sea to the west, the Mediterranean Sea to the south, the Black Sea to the east and the Danube, Sava and Kupa Rivers to the north. In contrast, the terms “the Balkans” and Southeastern Europe refer to a geopolitical and cultural region of Europe. As in the current study, this not only refers to the countries which are located within the geographical borders of the Balkan Peninsula, but also to some countries that have been historically and culturally related to this region.

ⁱⁱ http://www.train.eryx.net/html_trains/index_nouveau.htm

ⁱⁱⁱ <http://www.europa.udl.cat/>

Article 5: Dos modelos, dos resultados para un mismo propósito: la colonización patagónica mediante infraestructuras ferroviarias públicas o en colaboración público – privada. (pp. 35-53)

ATENCIÓ ¡

Les pàgines 186 a 206 de la tesi contenen l'article, que es pot consultar a la web de l'editor

ATENCIÓN ¡

Las páginas 186 a 206 de la tesis el contienen el artículo, que puede consultarse en el web del editor

ATTENTION ¡

Pages 186 to 206 of the thesis are available at the editor's web
<http://ijmes.cgpublisher.com/product/pub.220/prod.13>

Article 6: A difícil inserção territorial das linhas elétricas de alta tensão: ferrovias, eletricidade e sistema de cidades no corredor fluvial do Noguera Pallaresa (Lleida). (pp. 1-23)



A difícil inserção territorial das linhas elétricas de alta tensão: ferrovias, eletricidade e sistema de cidades no corredor fluvial do Noguera Pallaresa (Lleida)

Eduard Alvarez Palau

Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat Oberta de Catalunya
ealvarezp@uoc.edu

Mireia Hernández Asensi

Universitat Oberta de Catalunya
mhernandezas@uoc.edu

Berenguer Gangolells Alseda

Generalitat de Catalunya
berenguergangolells@hotmail.com

A difícil inserção territorial das linhas elétricas de alta tensão: ferrovias, eletricidade e sistema de cidades no corredor fluvial do Noguera Pallaresa, Lleida (Resumo)

A construção de novas infraestruturas tende a gerar efeitos positivos nos territórios atendidos. Porém, esta hipótese não se sustenta em todos os casos. Neste artigo pretende-se provar que um território bem-dotado de infraestrutura pode mostrar baixos níveis de desenvolvimento. Para isso, analisam-se os assentamentos situados ao longo do corredor fluvial do Noguera Pallaresa (Lleida). No início do século XX, se projetaram ao longo deste corredor grandes barragens com centrais hidroelétricas para o abastecimento energético da Catalunha. Além disso, foram construídas uma ferrovia e uma rodovia para melhorar a acessibilidade dos assentamentos. Essas atuações teriam que ter induzido um forte desenvolvimento local, mas a existência de uma topografia abrupta, um planejamento de infraestruturas mal focalizado e a vontade de economizar custos na construção das redes são só algumas das causas que teriam limitado o crescimento econômico e da população.

Palavras chave: assentamentos, hidroeletricidade, ferrovias, crescimento da população, Noguera Pallaresa.

Complex territorial integration of high voltage power lines: railway, electricity and system of cities in river corridor of Noguera Pallaresa, Lleida (Abstract)

Construction of new infrastructures tends to generate positive effects in served territories. However, this assumption does not hold for all cases. In this paper, we pretended to prove that a territory well-endowed with infrastructures could show low levels of development. To that end, we analysed settlements along the river corridor of Noguera Pallaresa (Lleida). In the early 20th century, dams and hydroelectric plants were projected to supply energy throughout Catalonia. In addition, a railway and a main road were built to improve the accessibility in the corridor. All this would have induced a strong local development. However, an abrupt topography, a poorly focused infrastructural planning and the will of saving costs in building networks, were just some of the causes that limited economic and population growth.

Keywords: Settlements, hydropower, railway, population growth, Noguera Pallaresa

La difícil inserción territorial de las líneas eléctricas de alta tensión: ferrocarril, electricidad y sistema de ciudades en el corredor fluvial del Noguera Pallaresa, Lleida (Resumen)

La construcción de nuevas infraestructuras tiende a generar efectos positivos en los territorios atendidos. Sin embargo, este supuesto no se cumple para todos los casos. En el presente trabajo se pretende probar que un territorio bien dotado con infraestructuras puede mostrar bajos niveles de desarrollo. Para ello, se analiza los asentamientos situados a lo largo del corredor fluvial del Noguera Pallaresa (Lleida). A principios del siglo XX, se proyectaron en éste grandes presas con centrales hidroeléctricas para abastecer energéticamente toda Cataluña. Además, se construyó un ferrocarril y una carretera para mejorar la accesibilidad en el corredor. Todo ello tendría que haber inducido un fuerte desarrollo local. Ahora bien, una topografía abrupta, una planificación infraestructural mal enfocada y la voluntad de ahorrar costes en la construcción de las redes, son solo algunas de las causas que habrían limitado el crecimiento económico y poblacional.

Palabras clave: asentamientos, hidroelectricidad, ferrocarril, crecimiento poblacional, Noguera Pallaresa.

O processo de eletrificação do território catalão supôs, da mesma forma que em muitas outras regiões, um salto quantitativo nas expectativas de progresso e desenvolvimento. O processo de industrialização e de aproveitamento de recursos locais permitiu um crescimento estruturado ao redor das regiões atendidas pela infraestrutura, de forma que se estabeleciam marcadas diferenças entre territórios. A possibilidade de projetar canais de irrigação e ferrovias foram só alguns dos aspetos mais transcendentos e visíveis.

A construção das primeiras grandes centrais hidroeléctricas no Pirineu catalão, Seròs e Cabdella, datam de princípios de 1914, estando associadas aos investimentos das companhias Barcelona Traction e Energia Eléctrica de Catalunya, respetivamente. Destes investimentos nascem um conjunto de projetos de grande escala, que estabelecem as bases do território catalão atual.

Neste sentido, e delimitando o caso ao córrego fluvial do Noguera Pallaresa no trecho compreendido entre Balaguer e La Pobla de Segur, cabe destacar a construção das represas e reservatórios de Talam, Terradets, Camarasa e Sant Llorenç de Montgai. Estes, não só permitiram o aproveitamento hidroelétrico como também a irrigação da Plana de Ponent. Em paralelo ao corredor, se projetou uma ferrovia de bitola ibérica, o trem Lleida – La Pobla de Segur (1924: trecho Lleida – Balaguer, e 1951: trecho Balaguer - La Pobla).

A princípio, parece razoável pensar que a inserção dos diferentes investimentos no território teria que ter induzido um forte desenvolvimento local. Porém, alguns dados mostram o contrário: a não eletrificação da ferrovia, o difícil encaixe entre estações e localidades atendidas ou a contenção demográfica das mesmas, são somente alguns dos exemplos disso. Com tudo, o presente artigo pretende determinar a compatibilidade entre geografia, infraestrutura elétrica de alta tensão, ferrovias, obras hidráulicas e sistemas de assentamentos.

Conceituação técnica: as infraestruturas elétricas

Os grandes projetos hidroelétricos implementados no começo do século XX na Catalunha foram determinantes para consolidar um modelo energético sustentável ao longo do tempo. Inclusive hoje em dia na Espanha, com um crescimento de população de 117% em cem anos¹, se mantêm a energia hidroelétrica como a segunda em importância em quanto a potencia instalada, mesmo que caia para a terceira posição se nos referirmos à potência gerada². Levando em consideração as características do território espanhol e os recursos hídricos disponíveis, essa posição não parece nada desprezível.

Por outro lado, parece um fato demonstrado que a energia elétrica tem contribuído de forma importante ao progresso e à urbanização dos territórios atendidos³. A disponibilidade de energia elétrica, e, sobretudo o transporte da mesma, facilita a implantação industrial deslocada. O que fornece grandes facilidades aos empresários, quem podem escolher a localização das suas indústrias baseando-se em outros fatores de localização, como por exemplo, a disponibilidade de matérias primas, de mão-de-obra qualificada e pela proximidade às redes de transporte que lhes conferem melhores índices de acessibilidade⁴.

Portanto, tornou-se necessário e evidente estabelecer uma relação causal entre disponibilidade de recursos elétricos e facilidades de urbanização. Inclusive entre disponibilidade deste recurso e progresso econômico. Não obstante, se precisa de um inciso de caráter técnico para começar a questionar essas hipóteses. Como é sabido, as fórmulas que relacionam as principais variáveis da eletrotécnica são as seguintes:

$$P = I * U * \cos(\rho) \quad ; \quad U = I * R$$

Onde:

P = Potência (KW)

I = Intensidade de corrente (A)

¹ Evolução da população espanhola segundo o Instituto Nacional de Estadística (INE).

² Ver Miró, 2011.

³ Ver Capel, 2012.

⁴ Ver Herce, 1995.

U = Tensão ou voltagem (KV)

ρ = Desfase da intensidade de corrente.

R = Resistência (Ω)

Neste sentido, é preciso especificar que as moradias são subministradas com uma potência habitual de 4,4 a 9,2 KW, o que supõe dar serviço monofásico a 220V com uma intensidade média de 30A. Isto garante uma potência suficiente para o desenvolvimento normal das atividades que nelas acontecem. A indústria urbana atual trabalha com potências aproximadas de 125 W/m² de teto, ainda que na maioria dos casos utilizem sistema trifásico (380 V). Isto explica o motivo pelas quais as redes de consumo urbano trabalham com Baixa Tensão, o que significa 220/380 V. Não obstante, a própria rede de distribuição urbana precisa desenvolver consideravelmente a voltagem com o objetivo de minimizar as perdas. Ou seja, sendo a resistência dos cabos uma variável fixa que depende do material e da seção, é necessário acrescentar ao máximo a voltagem, e conseqüentemente a intensidade, para minimizar as perdas. Por fim, a rede de distribuição urbana funciona à Média Tensão (1-30 KV). A passagem de Média para Baixa Tensão só pode ser feito nas Estações Transformadoras, infraestruturas que se distribuem de forma difusa pela cidade e que tem um custo elevado (aprox.. 30.000€) e que precisa da sua amortização por numerosos usuários. Saltando para o nível regional, nos encontramos com a mesma dificuldade, aparecem linhas de Alta Tensão (30-110 KV) e Muito Alta Tensão (>110 KV). Estas linhas, como é evidente, precisam de Subestações Elétricas para poder converter a voltagem em Média Tensão, e não é preciso ressaltar que o custo destas infraestruturas é exorbitante (até 6.000.000€) e, por tanto, muitas vezes não pode nem ser custeado por localidades inteiras⁵.

Para o caso em estudo, a influência da eletricidade na urbanização territorial, o tipo de linha elétrica vai ser determinante para poder estabelecer uma relação causal entre eletricidade e urbanização, sendo os nós de intercâmbio elementos imprescindíveis para poder localizar dito processo.

Com tudo, o presente artigo pretende demonstrar essa afirmação centrando a sua análise no corredor fluvial do rio Noguera Pallaresa, em Lleida. Neste se concentram as primeiras centrais hidroelétricas da Catalunha, que ainda supõem uma potência gerada total nada desprezível. Por outro lado, e sem ser menos importante, no citado corredor circula um trem regional entre Lleida e La Pobla de Segur (em adiante La Pobla). Este trem poderia sem dúvida interferir no processo de urbanização ocorrido na região, motivo pelo que se estudaram as duas infraestruturas de forma interdependente. Às vezes, é preciso considerar que as infraestruturas hidráulicas necessárias para produzir eletricidade permitem também o aproveitamento hídrico para o abastecimento e irrigação das localidades próximas. Este parâmetro também será trabalhado no presente documento.

⁵ Custos aproximados obtidos a partir da experiência profissional dos autores em projetos de engenharia atuais em Catalunha.

Conceituação territorial: o vale do rio Noguera Pallaresa

Com a finalidade de poder abordar a influência das diferentes infraestruturas sobre o processo urbanizador, se analisa neste primeiro capítulo cada uma das variáveis citadas de forma independente. Assim a contextualização do problema decorre de forma mais fácil.

Meio físico e sistema de assentamentos

O corredor natural existente entre as localidades de Balaguer e La Pobla tem uma topografia complicada onde se alternam precipícios e altiplanos. Esta sucessão dá lugar a aparição de vales, onde ao longo da história tem sido assentados os núcleos mais importantes da região. Uma zona com elevado interesse natural, localizada no Pré-Pirineu catalão, atravessada pelas serras de Montclús e do Montsec, e banhada pelos rios Noguera Pallaresa, Noguera Ribagorçana e Segre.

O início do corredor se localiza no município de Balaguer, pertencente à comarca da Noguera e atualmente o segundo em população da província de Lleida (16.877 habitantes). A cidade se situa no Vale do Rio Segre, uma das zonas mais planas do território de Ponent, sendo um centro de horticultura e industrial de referência e que atua como motor econômico da região. Este fato permite entender porque é uma das localidades mais populosas da região.

Entre Balaguer e o segundo município analisado, Gerb, a orografia se mantém plana, mas é a partir desse ponto quando começa a ficar mais abrupta. As condições topográficas facilitam a construção de várias represas, dando lugar a rodovias sinuosas e a núcleos urbanos de menor tamanho que vão se situando nas margens do rio Noguera Pallaresa. Entre estas destacam os povos de Camarasa, Santa Linya e Àger, que antes da construção das represas, em 1.887, tinham uma população entre 2.000 e 3.000 habitantes. Posteriormente, a população descendeu subitamente, e atualmente nenhum desses municípios chega aos 1.000 habitantes.

Apesar do tamanho da sua população, Àger tem sido convertido num dos pontos de referência da zona, assemelhando-se à porta de entrada do corredor da Serra do Montsec, uma das mais importantes da região. O cruzamento desta cadeia de montanhas é, sem dúvida, um dos mais vertiginosos (ver figura 1), fato que dificulta o traçado das infraestruturas projetadas no corredor. Saindo da Serra do Montsec chega-se ao município de Cellers, situado nas margens da represa de Terradets e à entrada da comarca do Pallars Jussá. Aqui a topografia se torna mais plana e aparecem zonas de cultivo de seco. Ao longo deste tramo até a localidade de Tremp, todos os núcleos urbanos que vão aparecendo nas margens do Rio Noguera Pallaresa (Cellers, Guardià de Tremp e Palau de Noguera) em 1887 têm populações entre os 500 e os 1.000 habitantes. Com os anos foram perdendo importância, e atualmente nenhum chega aos 500 habitantes.



Figura 1. Fotografias do passo da rodovia C-13 pela represa de Camarasa e o passo de Terradets.

Fonte: Google Maps.

O município de Tremp aparece como o mais potente da zona em 1887 com 6.368 habitantes, superando os 4.509 habitantes de Balaguer. Com o tempo os papéis foram trocados, e é Balaguer quem toma as rédeas da região, fato que se traduz numa estagnação da população de Tremp que no ano 2011 era de 6.711 habitantes.

Desde Tremp até La Pobla, a segunda população mais importante da comarca do Pallars Jussà, a topografia não apresenta dificuldades maiores, fato que se confirma pelo traçado das infraestruturas, muito menos sinuosas que nos trechos precedentes.

O município La Pobla ganhou importância ao longo dos anos. Em 1887 a população era de 1.842 habitantes, e atualmente chega aos 3.246.

Quadro 1
Desagregado municipal por entidades municipais e população

Município	Entidades de população	População total (hab)	Entidade principal	População (hab)
La Pobla de Segur	4	2.789	La Pobla de Segur	2.729
Salàs de Pallars	2	323	Salàs de Pallars	319
Tremp	28	5.192	Tremp	4.549
Talarn	3	336	Talarn	278
Castell de Mur	7	149	Guardia de Noguera	97
Àger	9	516	Àger	361
Les Avellanes i Santa Linya	4	477	Les Avellanes	173
Camarasa	7	876	Camarasa	648
Os de Balaguer	4	796	Os de Balaguer	396
Balaguer	1	13.359	Balaguer	13.359

Fonte: Elaboração própria segundo censo de 2001 (INE⁶).

A nível territorial deve-se destacar as características dos municípios que se situam no corredor. Como se pode observar no quadro 1, e apesar dos baixos índices de população registrados, a maioria dos municípios estão formados por mais de um núcleo urbano de pouca entidade que dão lugar a um território disperso e de baixa densidade.

⁶ Instituto Nacional de Estadística (www.ine.es)

Geração hidroelétrica e transporte da energia

Coincidindo com a mudança ao século XX a energia hidroelétrica irrompe o cenário energético catalão com o objetivo principal de substituir o carvão como fonte principal. Esta substituição permite uma forte redução dos custos de obtenção, garante o subministro energético em abundância e estabiliza o preço da energia⁷. Em poucos anos passa-se de um cenário fundamentado sobre o carvão de importação, preço alto e flutuante, com uma indústria na região de Barcelona em boa parte autogeradora da sua demanda energética mediante caldeiras e centrais termoelétricas repartidas pelo território que abastecem fundamentalmente o binário: bondes durante o dia – iluminação pública durante a noite, a um cenário de geração centralizada nos poucos grandes aproveitamentos hidroelétricos dos Pirineus e um consumo, com umas altas taxas de crescimento, cada vez mais descentralizado.

A eletrificação do território catalão começa de forma tímida em 1881 com uma pequena central termoelétrica de 140 CV de potência instalada que cresce rapidamente, mesmo que com umas cifras ainda muito modestas. Em 1896, coincidindo com a chegada a Barcelona de capital e gestão empresarial alemã mediante a empresa AEG, a eletricidade começa a competir com o gás (principalmente na iluminação e algumas indústrias) e a incrementar fortemente o seu consumo. Esse mesmo ano, a indústria do gás barcelonesa também cria sua primeira central termoelétrica como reação à irrupção da eletricidade, o que fomenta uma forte competência que ajuda a descer os preços e servir novos territórios. A introdução da corrente alternada em 1906, com capacidade para propagar a rede aos municípios agregados a Barcelona, e o projeto de ampliação até os 30.000 CV de potência na icônica central das 3 chaminés da rua Mata no Poble Sec barcelonês, marcam uma fita que demonstra a crescente aceitação da eletricidade entre os consumidores industriais de força motriz⁸.

Neste contexto, e com um forte crescimento industrial em Barcelona e arredores (e por tanto consumo energético), e onde entram em cena em 1911 o grupo francês *Compagnie Générale d'Électricité* (organizando a filial espanhola *Energía Eléctrica de Cataluña* – EEC), o grupo canadense *Barcelona Traction Light and Power Company* (organizando *Riegos y Fuerzas del Ebro* – RFE) e *Catalana de Gas y Electricidad* – CGE-, com o objetivo fundamental de encher o mercado industrial barcelonês de eletricidade barata e abundante. As duas primeiras empresas dispõem de importantes concessões hidráulicas a ponto de ser exploradas nos Pirineus catalães, já a terceira tem no Pirineu aragonês. A empresa mais ambiciosa das três tanto em potência hidroelétrica projetada como em estratégia empresarial é a RFE⁹.

⁷ Este fato, assim como todo o processo de eletrificação de Catalunha, está perfeitamente demonstrado na investigação publicada por Capel, 1994. Resultam interessantes também a este efeito os estudos de Becerril, 1935 onde se apresenta uma evolução do custo da energia, em valores equivalentes, e mostra uma drástica redução deste preço do 50% entre 1913 e 1918, quando a hidroeletricidade já fica completamente estendida.

⁸ Entre 1902 e 1911 o número de motores elétricos em Barcelona cresceu de 451 até 1.241, com uma potência instalada que incrementou de 1.508 CV até 16.635 CV, substituindo claramente os motores de gás pelos geradores de vapor. Capel, 1994, volume I., p. 160.

⁹ O projeto hidroelétrico que desenvolve RGE conta com uma capacidade de geração de 300.000CV de potência, que por problemas com as concessões reduz para 169.000CV, e com uma rede de transporte a 110 kV cobrindo todo o território catalão com um comprimento total de 384 Km. A nível de estratégia empresarial, se fez com o controle da maior empresa termoelétrica (a *Central Barcelonesa de Electricidad*) assim como inumeráveis indústrias elétricas repartidas pelo território catalão.

Esta companhia, que monopoliza a indústria elétrica catalã desde muito cedo ao neutralizar a concorrência¹⁰, centraliza o seu desenvolvimento hidroelétrico no corredor fluvial do Noguera Pallaresa e do Segre. O ritmo de construção das represas e os aproveitamentos hidroelétricos são frenéticos durante os primeiros anos, conformando assim um conjunto de centrais no corredor fluvial que aproveitam todo o seu percurso. No quadro 2 são apresentadas as características técnicas desses aproveitamentos.

Quadro 2
Características técnicas dos distintos aproveitamentos hidroelétricos na bacia do Noguera Pallaresa – Segre em sentido aguas abaixo instalados pela Barcelona Traction e a Productora de Fuerzas Motrices

Central	Ano de construção	Capacidade represa (hm3)	Altura represa (m)	Salto hidráulico (m)	Potência instalada (CV)
Pobla de Segur (*)	1919	-	-	-	24000
Sossís	1913	-	4	23.5	5000
Talarn	1916	205.0	82	74.8	42000
Terradets	1935	33.0	47	38	44000
Camarasa	1920	157.4	92	82	66000
Sant Llorenç	1930	9.5	25	19	10000

Fonte: Gangolells, 2008 y Sánchez, 2001.

(*) *Todas as centrais pertencem a Barcelona Traction, a exceção de La Pobla, que é da Productora de Forças Motrices.*

Na figura 2 é mostrado o importante desenvolvimento da rede elétrica que aconteceu no corredor do Noguera Pallaresa. Ainda assim, é preciso destacar que os aproveitamentos hidroelétricos do corredor, a rede de transporte e a evacuação dos mesmos datam os primeiros decênios do século XX, enquanto que a maior parte das linhas elétricas de alta tensão que o atravessam são de implantação posterior, tendo pouco ou nada a ver com eles dando um serviço nulo às localidades do entorno.

¹⁰ É preciso lembrar que ao final de 1912 a empresa matriz de RFE, a *Barcelona Traction, Light and Company*, ultrapassou 49% do capital da sua principal competidora EEC, situando 6 diretores da companhia no conselho formado por 13 membros. Em 1935, com EEC completamente integrada na matriz de RFE, o domínio do mercado elétrico catalão era quase total com o controle de mais de 70% da demanda.

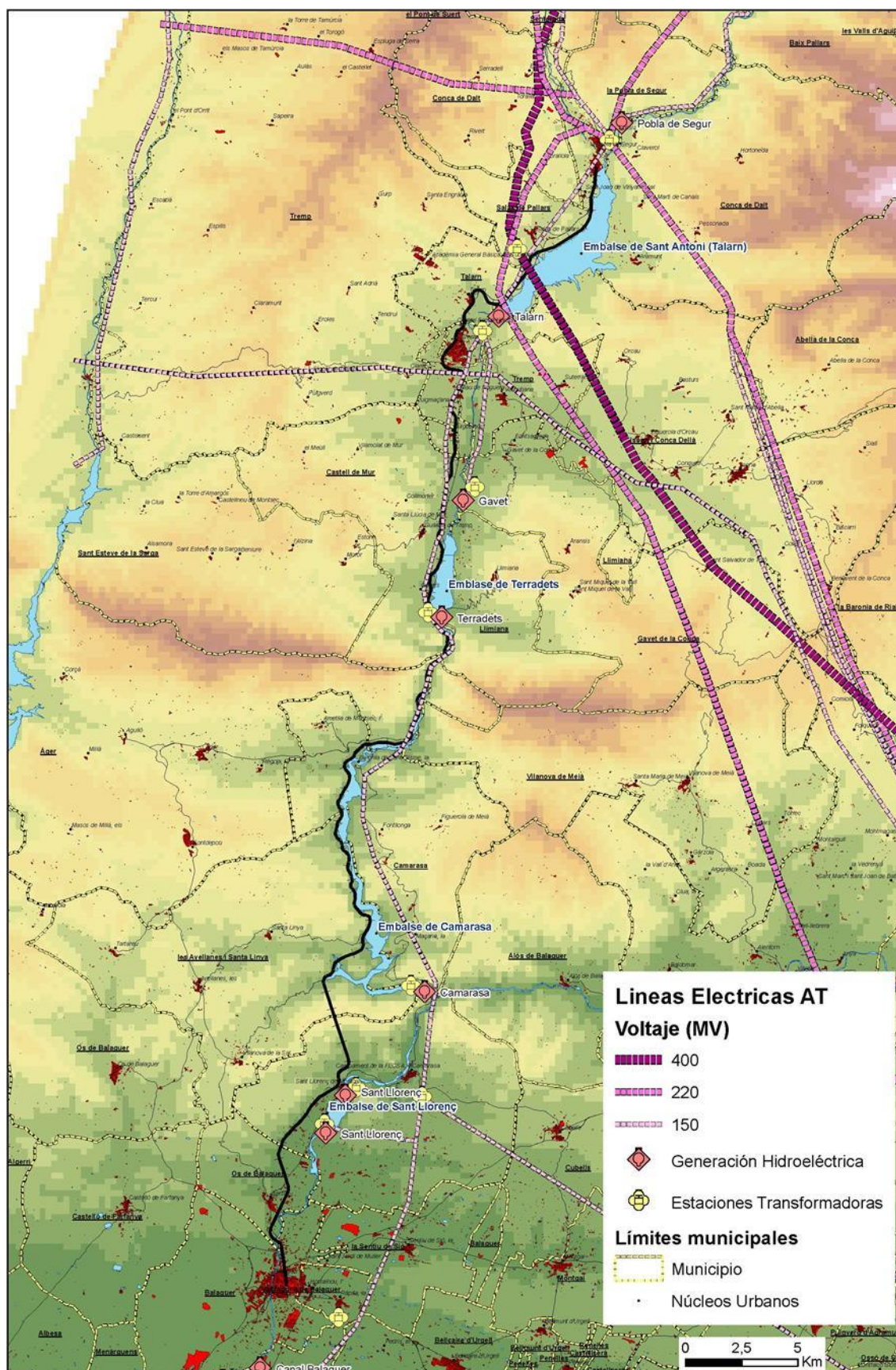


Figura 2. Mapa das infraestruturas elétricas ao longo do corredor.

Fonte: Elaboração própria.

Infraestruturas de transporte: da ferrovia às rodovias

A construção da infraestrutura ferroviária na região tem seguido um processo longo e dilatado ao longo do tempo. Em 1895 realizaram-se os primeiros trabalhos técnicos na Espanha para determinar a viabilidade de se construir uma ferrovia transpirenaica. A partir desse momento, começaram os debates no Congresso dos Deputados sobre as diferentes alternativas de traçado. O deputado ilerdense Pasqual Madoz propôs uma linha ferroviária entre Lleida e Saint Girons, com duas alternativas: o corredor do Noguera Ribagorçana e o do Noguera Pallaresa¹¹. Segundo parece, os técnicos franceses descartaram a alternativa do Ribagorçana por não poder controlar uma das bocas do túnel central. Além disso, o Governo espanhol considera outras duas linhas com igual ou maior interesse: a Zaragoza – Canfranc e a Ripoll – Ax Les Thermes. Nos anos posteriores se desencadeia um clamor generalizado do território pedindo a construção da ferrovia. Tanto as Administrações regionais e locais quanto a sociedade civil insistem recorrentemente diante do Governo. Sirva como exemplo a Assembleia Interfronteiriça realizada em 1880 em Tremp¹², ou a primeira tentativa de constituição em 1895 de uma sociedade para promover a obra: a “Compañía del Ferrocarril de Lleida a Francia por el Noguera-Pallaresa”¹³.

A primeira abordagem fidedigna do projeto surge depois da assinatura de um convênio entre os governos espanhol e francês em 1914. Neste, se aprova um protocolo de 10 artigos e um regulamento onde se estabelecem os prazos de execução das obras das três ferrovias internacionais. Dois anos mais tarde se criou uma Comissão de Trabalho com uma planilha de trabalhadores associada e dirigida pelo engenheiro civil Pedro García Faria. Em 1907 é realizada um primeiro leilão para adjudicar a construção e posterior exploração do FFCC, não obstante, esta fica deserta. No ano seguinte se repete o processo com o mesmo resultado e, por isso, o Governo autoriza o início da construção de explanadas e obras de arte no trecho compreendido entre Lleida e Balaguer. A finalidade da atuação é reduzir os custos do projeto e, por tanto, a contribuição econômica da futura concessionária. Este procedimento se reproduz em 1909 para financiar a própria ferrovia entre as duas localidades; em 1914 para o trecho seguinte Balaguer – Sant Llorenç de Montgai; em 1924 para o trecho Vilanova de la Sal – Tremp; e em 1928 para o trecho final até La Pobla¹⁴. Por conseguinte, é o Estado quem acaba investindo recursos próprios para pagar a infraestrutura toda diante da falta de investidores privados interessados.

Este aspecto é vital para entender o futuro porvir da linha. Estamos em um território complicado orograficamente e com uma demanda potencial de passageiros e mercadorias escassas. É por isso que a implementação de uma infraestrutura dessa magnitude requer estudos de viabilidade técnica e econômica exaustivos que certifiquem a operabilidade da mesma. No caso das concessões privadas o resultado destes estudos pode ser negativo, o que levaria o privado a não fazer o investimento. Pelo contrario, o setor público atende outros critérios e decide apostar pela infraestrutura sem levar em consideração os investimentos complementares que teriam um papel fundamental na dinamização da economia local. Ou seja, baseia a decisão em temas estratégicos de interconexão férrea entre países, podendo

¹¹ Ver Sánchez, 2003.

¹² Ver libro do *50 aniversario del Ferrocarril* (Diputación de Lleida 2001).

¹³ Ver Prieto e Enguix, 2008.

¹⁴ Devido à guerra civil se truncam as obras em todos os trechos. Inclusive se cancelam contratos com as adjudicatárias, quedando a infraestrutura em construção.

atribuir recursos públicos de interesse geral. Todos estes aspetos acabam sendo determinantes no porvir do corredor territorial¹⁵.

De fato, em 1926 se aprova o “*Plan Preferente de Ferrocarriles de Urgente Construcción*”, onde se inclui o corredor do Noguera Pallaresa dentro do projeto ferroviário de maior alcance: a linha Baeza – Saint Giron¹⁶.

O Plano foi aprovado no momento mais difícil do projeto: o túnel de Coll de Porte, fato que facilitou a obtenção de recursos para o investimento. Em 1935, a *Generalitat de Catalunya* aprova o *Plan General de Obras y Servicios*, atribuindo também uma importante participação econômica ao FFCC¹⁷. Na elaboração do documento participa ativamente o engenheiro de Caminhos, Canais e Portos Victoriano Muñoz Oms, figura que anos mais tarde acabaria sendo determinante para finalizar os trabalhos.

Uma vez finalizada a Guerra Civil começam os trabalhos de reconstrução nacional. Para isso, foi fundado em 1941 a companhia RENFE, cuja finalidade consiste em reparar as infraestruturas ferroviárias deterioradas e terminar os projetos anteriores paralisados. No que se refere ao corredor em estudo prosseguem os trabalhos até La Pobla, mas se abandona o projeto transpirenaico.

Analisando a obra desde o ponto de vista funcional, se observa o espaçamento temporal entre a inauguração dos diferentes trechos da linha:

- 1924: Lleida – Balaguer
- 1949: Balaguer – Cellers
- 1950: Cellers – Tremp
- 1951: Tremp – Pobla de Segur

Em paralelo à construção férrea, e tal como se detalha na seção anterior, se realizam no corredor importantes obras hidroelétricas desde os princípios do século XX, atuações que interferem no futuro da linha. O aspecto mais decisivo é o uso ferroviário para o abastecimento de matérias primas, assim como a possibilidade de dar saída aos recursos naturais em exploração.

Em 1946 se funda a companhia elétrica ENHER, que tem como finalidade a exploração hidroelétrica no corredor do Noguera Ribagorçana. Para dirigir o negócio se nomeia ao engenheiro Vitoriano Muñoz Oms, que anos antes tinha trabalhado em planificação territorial para a *Generalitat de Catalunya*.

Nos primeiros anos de funcionamento da ferrovia destaca o transporte de mercadorias até Xeralló, onde ENHER constrói em 1950 uma fábrica de cimento que seria utilizado na construção das represas projetadas minimizando assim o transporte da matéria prima¹⁸. Posteriormente, o transporte deste material e de carvão proveniente das minas de Malpàs e

¹⁵ No artigo de Alvarez e Hernández (2012b), se analisa como dois projetos de infraestrutura de ferrovias implementadas em territórios similares têm diferentes conseqüências sobre o território devido ao modelo de gestão implementado.

¹⁶ Ver Sánchez, 2003.

¹⁷ Ver Prieto e Enguix, 2008.

¹⁸ Ver libro do 50 aniversario del Ferrocarril (Diputació de Lleida 2001).

Cierco¹⁹ terminou constituindo a principal fonte de ingressos por fretes²⁰. É preciso lembrar também do transporte de sal de Gerri, blendas de Isil, Escalé, Alòs e Espot, sílice de Tremp, chumbo de Llessuí e Llavorsí; ou madeira que obtinha RENFE para fazer travessas e outros produtos.

Ficam por tanto esclarecidas as dificuldades políticas, econômicas e financeiras do projeto. Porém, falta ainda manifestar as dificuldades técnicas quanto ao encaixe de infraestrutura da ferrovia no território. Assim que o engenheiro Rogelio Inchaurracheta assinou o projeto entre Lleida e Saint Girons em 1880²¹ a elaboração dos trabalhos ganhou um ritmo regular.

Somente no trecho compreendido no território espanhol se projetam 95 túneis, 42 dos quais localizados no trecho estudado entre Balaguer e La Pobla. Além disso, se prevê um túnel internacional que podia oscilar entre os 4.500 e os 14.500 metros dependendo da alternativa escolhida para dar entrada ao mesmo. É que o projeto desenhado devia realizar 165 km por territórios montanhosos e com uma declividade média de 6,17 m/km para conectar Lleida (cota 172msnm) e Alòs (1.190msnm). Sem dúvida, a intervenção mais complicada era o túnel internacional que nunca chegou a ser construído; ainda que seja preciso destacar os túneis de Coll de Porte (3.499m.), o de Santa Linya (997m.), e o Artificial (1.341m.)²².

O projeto, ainda que antigo, é seguido ao pé da letra durante as primeiras etapas de construção. Ainda que fosse alterado significativamente o trecho de Sant Llorenç em diante por conta das alterações entre o terreno cartografado durante o projeto e o resultante depois das represas construídas e consequente alteração da cota de nível de água por inundação. Essas alterações, após a conclusão e aprovação do projeto da ferrovia aprovado desde 1892, devem ser suportadas em parte pelas diferentes companhias elétricas; entre as quais encontramos Riegos y Fuerzas del Ebro²³.

O projeto implementado finalmente entre Balaguer e La Pobla é mostrado na figura 3, onde se observa a sucessão de trechos a céu aberto e túneis, assim como as diferentes passagens transversais. A figura mostra a situação atual do território. Nos aspectos orográficos, hídricos, habitacionais e ferroviários. Não foram feitas alterações a partir da metade do século XX. Era preciso então tornar possível a implementação de infraestruturas de transporte complementares: as rodovias.

Devido à própria orografia do corredor, as infraestruturas viárias existentes se afastam do traçado do mesmo procurando uma localização que permita o cumprimento da norma de desenho exigida. Por um lado, a rodovia C12 aproveita o vale existente entre Vilanova de la Sal e Àger, situado ao oeste do corredor, enquanto que a rodovia C-13 o faz pelo outro lado, por onde se afasta das zonas mais abruptas. Neste sentido, só trás o passo de Terradets, onde a topografia se torna mais plana, a rodovia parece seguir o próprio traçado do corredor. Surpreendentemente, os dois projetos executados anos depois à ferrovia evitam o corredor pelas dificuldades de encaixe.

¹⁹ Minas exploradas por MIPSAs, sociedade filial de ENHER.

²⁰ A fábrica de Xerallo chega a supor o 50% de faturação da linha. Não é estranho por tanto que ao fechamento da fábrica em 1974 a ferrovia comece uma etapa de forte decadência.

²¹ Projeto aprovado por lei em 1892, Ver Sánchez, 2003.

²² Ver Nebot, 1995.

²³ Ver Prieto e Enguix, 2008.

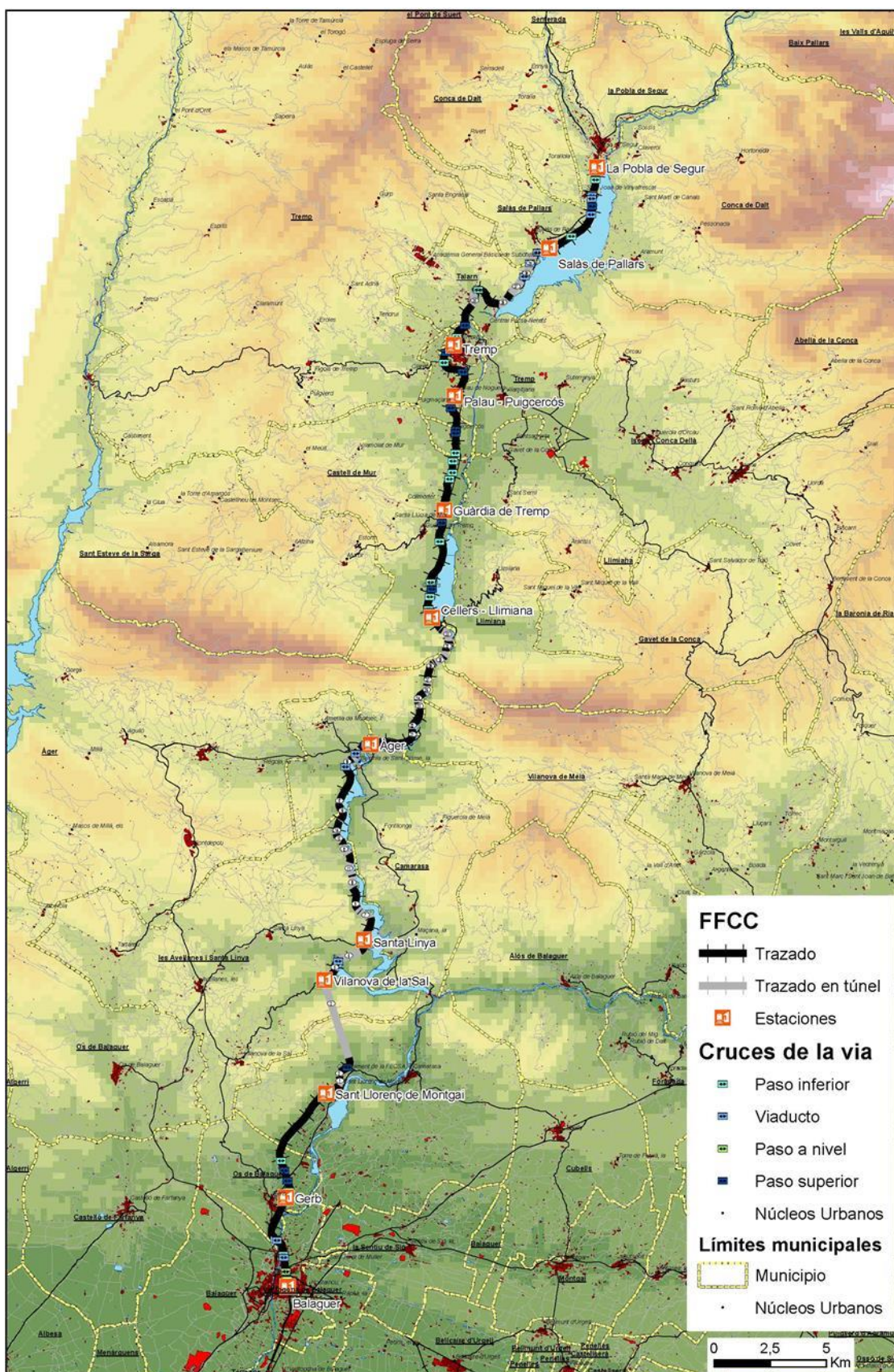


Figura 3. Mapa das infraestruturas de transporte no corredor.

Fonte: Elaboração própria.

A difícil inserção territorial das três variáveis analisadas no corredor fluvial

Cada uma das variáveis anteriormente analisadas – território, eletricidade e ferrovia – tem sido tratadas de forma independente, ainda que seja evidente que existem alguns pontos de intercessão entre elas. De fato, se realiza uma análise similar em outros territórios, muito provavelmente se chegaria à conclusão de que não se pode compreender a evolução histórica dos mesmos tratando as variáveis de forma diferenciada. Porém, neste caso, se considera plausível tal dissertação pelo fato de encontrar múltiplos argumentos que justificam este tratamento. É por isso que se planeja a hipótese do presente trabalho, considerando-se a difícil inserção territorial das infraestruturas elétrica e ferroviária para dar serviço às localidades situadas no corredor. A necessidade de transportar a energia elétrica de alta tensão e o custo das subestações que se precisam para transformá-la em média tensão tem sido determinantes por não facilitar o enraizamento de indústrias especializadas. Por outro lado a difícil topografia tem sido também um importante fator limitante. Basicamente por dois motivos: em primeiro lugar não foi possível aproveitar a regulamentação hídrica para implementar um sistema de irrigação por gravidade que incentivasse a radicação de atividades agrícolas e pecuaristas com aproveitamento intensivo; em segundo lugar, pela impossibilidade de garantir a acessibilidade das mesmas mediante modos de transporte mecanizados. Na primeira metade de século se constrói a ferrovia, mas esta não consegue conectar as localidades por motivos técnicos de definição geométrica do eixo e da rasante. Anos mais tarde, com a construção das rodovias, esta situação é melhorada, ainda sim, nem todas as localidades passaram a ser atendidas com iguais índices de acessibilidade.

Nos tópicos seguintes se argumentam as citadas disfunções:

O encaixe do traçado da ferrovia em paralelo ao corredor fluvial

Como se explica no tópico anterior, o projeto ferroviário do corredor se desenha em 1880. Desde essa data até o ano de finalização, 1951, decorrem mais de sete décadas, tempo em que a sucessão de novas tecnologias ferroviárias poderia chegar a mudar completamente qualquer projeto de engenharia. Ainda assim, o Governo somente admite modificações pontuais quando percebe que as infraestruturas hidráulicas projetadas no corredor interferem no desenvolvimento da linha de FFCC, ou seja, quando a cota da lâmina d'água resultante das represas cobre os trilhos inicialmente projetados.

O traçado planejado por Inchaurracheta procura o melhor encaixe geométrico enquanto a rasante da obra linear. Dado que as suas condições de contorno eram a saída de Lleida e a chegada a Alès, querendo garantir o percurso com uma declividade uniforme muito elevada. Assim, considera dar serviço às localidades principais (Lleida, Balaguer, Tremp e La Pobla) a distância corta e cota razoável. Ainda sim, não atende ao resto de localidades²⁴.

Realizando uma leitura quantitativa do mapa mostrado na figura 3, podem estabelecer-se as seguintes considerações ao longo dos quase 90 km de traçado:

- Constrói-se um total de 40 túneis entre Balaguer e La Pobla, o que indica as dificuldades de encaixe da infraestrutura no território.

²⁴ Ver parte 3.c.

- Projetam-se um total de 12 estações, porém a distância destas até a localidade homônima chega a ser de até 7,3 km. Este fato indica que o projeto dá ênfase na viabilidade técnica da própria infraestrutura em detrimento das possibilidades de conexão e, por isso, de melhoria de acessibilidade territorial dos municípios conectados.
- Tem-se contabilizado um total de 55 passagens para cruzar a ferrovia²⁵: 32 superiores, 19 inferiores e 4 em nível. A maior parte deles tem sido construídos posteriormente à construção da ferrovia, mas dão uma ideia da dificuldade de encaixar as infraestruturas de transporte complementares ao longo do traçado. Também denota as possibilidades de adaptação ao território das novas infraestruturas, que ao mesmo tempo são atendidas mediante sistemas de transporte mais versáteis.

A eleição da bitola e a não eletrificação da ferrovia

No primeiro tópico foram colocadas em evidência as facilidades que oferecia a eletricidade para fazer circular bondes nas cidades desde princípios do século XX. De fato, desde a implementação da primeira ferrovia na Espanha continental em 1848, se incorporam paulatinamente melhorias técnicas que permitem aperfeiçoar o funcionamento trator das locomotoras. O uso da eletricidade chega em 1911 na linha de Sanfa Fe a Gérgal e se consolida na década dos 20 com as linhas de Pajares e Ripoll. Porém, não é até a década dos anos 60 em que se garante a tecnologia. E é sabido que tal sistema oferece uma força tratora notavelmente maior, que permite aperfeiçoar o funcionamento das locomotivas, sobretudo em terrenos abruptos com fortes pendentes.

Faz-se, portanto, difícil de justificar que uma infraestrutura inaugurada em 1924 e finalizada em 1951, se desenhe com um sistema trator a vapor. Logicamente, a disposição de minas de carvão em Malpàs e Cerco, puderam ajudar na decisão ainda que fossem pequenas e o material extraído tenha baixo poder energético depois da combustão. Ainda assim, planejar uma linha eletrificada teria facilitado à inserção territorial permitindo maiores declividades e, por tanto, minimizando o custo de construção de túneis e pontes. Ao mesmo tempo, seria mais viável aproximar o traçado às localidades atendidas e, em consequência, melhorar a acessibilidade das mesmas.

Outro feito a considerar é a eleição da bitola. Tem-se escrito abundantemente sobre a decisão de escolher a largura ibérica de 1,668m., e provavelmente esta infraestrutura esteja fortemente condicionada pela sua concepção de caráter internacional. A necessidade de ter que realizar um transbordo ou de ajustar a bitola dos elementos rodantes era importante para garantir os interesses de defesa do território. Sem embargo, a eleição de um sistema métrico ou internacional, teria facilitado também o encaixe geométrico da infraestrutura no território. Ou seja, permitiria minimizar o movimento de terras necessário por ter uma seção transversal mais estreita.

Na década dos anos 70²⁶, se procede a troca do sistema trator maioritário nas ferrovias espanholas, passando de diesel para eletricidade. Porém, na linha analisada passa-se do vapor ao diesel. Para isso, se reutilizam locomotivas de outras linhas de RENFE que já haviam sido eletrificadas. A troca permite aperfeiçoar o rendimento das locomotivas. Ainda que denote a

²⁵ Pela localização das infraestruturas se procedeu a uma análise de fotografia aérea captada de Google Earth.

²⁶ Ver Prieto e Enguix, 2008.

falta de vontade do Governo para fazer os investimentos precisos para condicionar esta linha para o seu funcionamento com eletricidade. Portanto, nem o feito de dispor de centrais hidroelétricas com traçados das linhas de transmissão quase em paralelo à ferrovia, nem a garantia de um melhor funcionamento do sistema trator, conduzem a vincular as duas infraestruturas.

A relação entre ferrovia e assentamentos de população

Como temos visto em tópicos anteriores, o encaixe da infraestrutura ferroviária parece não levar em consideração o serviço às estações de menor importância, visto que sua localização não se corresponde ao que aparentemente teria que ter sido o objetivo desta linha. Neste sentido, o traçado da linha responde mais a critérios técnicos de desenho que a critérios de oferecer melhor acessibilidade às localidades. No quadro 3 adjunto pode ser observada a diferença de cota e a distância existente entre núcleos urbanos e suas respectivas estações. Surpreendem assim, os 72m de diferença de cota que existem entre a estação de Salàs de Pallars e o município; ou os dificilmente justificáveis 252m e 7km de distância até Àger. Sem dúvida, este fato põe em evidência que a linha foi projetada com um propósito oposto ao de fornecer serviços às localidades do corredor do Noguera Pallaresa.

Quadro 3
Relação entre estações e entidades de população atendidas

Estação	Município	Núcleo	Pk?	Cota Estação (msnm)	Cota Núcleo (msnm)	Dif. de Cota (m)	Distância (*)
La Pobla de Segur	La Pobla de Segur		89.8	509.0	530.0	21.0	0
Salàs de Pallars	Salàs de Pallars		84.2	508.0	580.0	72.0	1
Tremp	Tremp		77.0	473.0	470.0	-3.0	0
Palau - Puigcercós	Talarn	Palau de Noguera	73.3	443.0	440.0	-3.0	0.2
		Puigcercós			436.0	-7.0	1.8
Palau de la Noguera - Talarn (**)	Talarn		72.4	436.0			
Guàrdia de Tremp	Castell de Mur		68.2	398.0	535.0	137.0	1.4
Cellers-Llimiana	Castell de Mur	Cellers	63.4	378.0	390.0	12.0	1
		Llimiana			780.0	402.0	3.3
Àger	Àger		55.0	353.0	605.0	252.0	7.3
Santa Linya	Les Avellanes i Santa Linya		44.8	364.0	535.0	171.0	4.3
	Les Avellanes i Santa Linya		41.7	348.0	610.0	262.0	5.2
Vilanova de la Sal							
Sant Llorenç de Montgai	Camarsa		35.9	298.0	260.0	-38.0	0.8
Gerb	Os de Balaguer		30.3	230.0	245.0	15.0	0.6
Balaguer	Balaguer		26.1	219.0	233.0	14.0	0

Fonte: Elaboração própria.

(*) Distância em linha reta entre estação e o núcleo de população (km)

(**) Estação fechada ao inaugurar o apeadeiro Palau-Puigcercós

As localidades beneficiadas por esse traçado foram os núcleos mais importantes: Balaguer, Tremp e La Pobla, onde a estação foi projetada praticamente na mesma cota que a rede urbana consolidada. Isto condiciona o crescimento futuro dessas populações, cuja extensão do traçado urbano se vê fortemente influenciada pela infraestrutura férrea²⁷.

Sirva como exemplo o caso de Balaguer, que se mostra na figura 4:

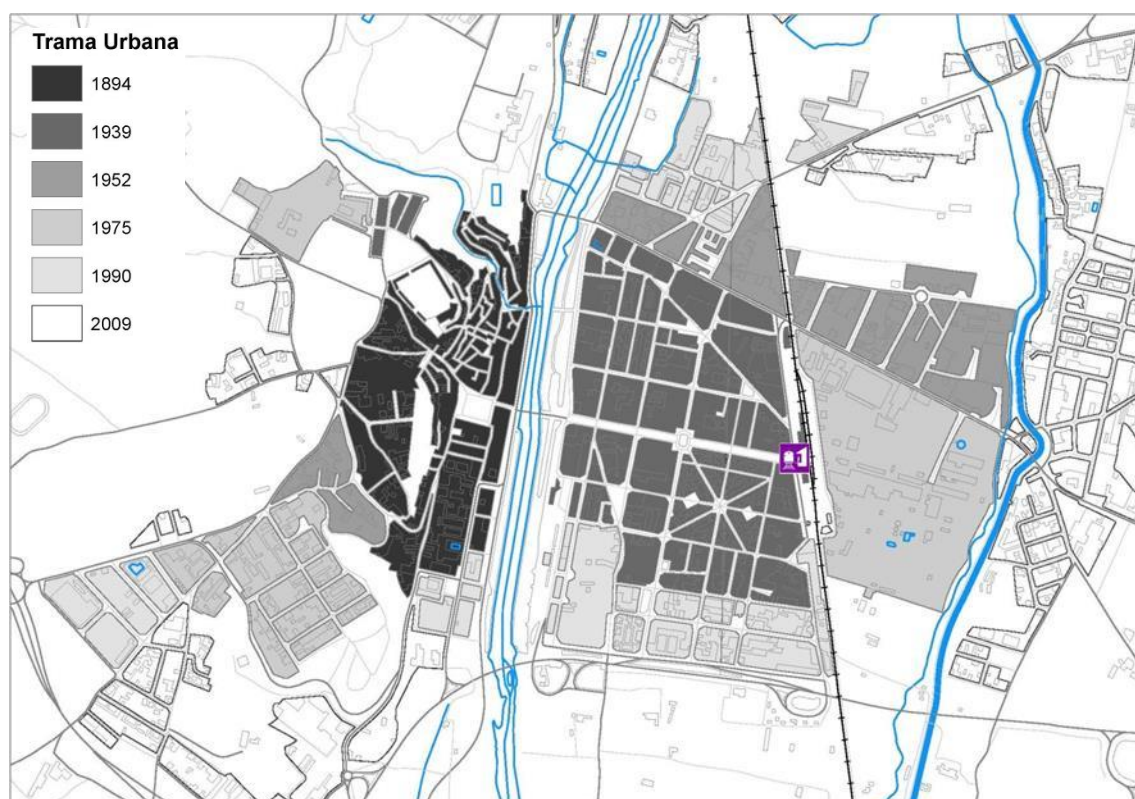


Figura 4. Crescimento do traçado urbano de Balaguer.

Fonte: Alvarez y Hernández 2012a.

O processo de crescimento da cidade tem como foco principal de atração a estação do trem. Deste modo, desde o núcleo original projeta-se uma extensão urbana entorno o passeio da estação que estica axialmente a cidade até as ferrovias, que acabam conformando o limite físico para este crescimento. Nesta última etapa, o traçado urbano atravessa os trilhos e os integra na sua própria morfologia.

A passagem de infraestruturas elétricas em alta tensão

As importantes infraestruturas hidroelétricas que começaram a ser implantadas no corredor do Noguera Pallaresa em meados do século XX destinam para este território pouco mais que servidões de implantação ou de passagem já que respondem a uma lógica de maior escala territorial.

²⁷ No artigo de Alvarez e Hernández, 2012, se define um modelo evolutivo de crescimento do traçado urbano das localidades em função da localização da ferrovia.

Estas infraestruturas têm como único propósito gerar eletricidade para transportá-la até os maiores polos de consumo de Catalunha, que nesse momento se concentram basicamente na região metropolitana de Barcelona, ainda que em menor medida em outras regiões também em processo de industrialização.

Como se pode observar na figura 2, a densidade de linhas de transporte elétrico em alta tensão e de subestações, como nós da rede que permitem modificar a tensão do fluido elétrico segundo seja necessário seu transporte ou sua distribuição e consumo, é francamente elevada. Mas a função principal das subestações (ver localização na figura 2) é a de elevar a tensão da eletricidade gerada nos aproveitamentos hidroelétricos para introduzi-la posteriormente nas linhas elétricas, e em nenhum caso para reduzir a tensão das linhas de transporte para distribuição e consumo (média e baixa tensão). Entende-se assim, que as linhas elétricas que cruzam o corredor não contribuem para uma melhor dotação de infraestrutura das localidades em matéria energética e, por isso não contribuem para o desenvolvimento local pelo mero fato da sua presença.

A falta de aproveitamento hídrico das represas para favorecer a irrigação

Aparentemente a construção de represas e açudes facilita a regulação hídrica e, portanto, favorece a construção de infraestruturas hidráulicas para garantir a irrigação das regiões próximas. No corredor em estudo, onde se contabilizam quatro das grandes represas, teria que ser analisado este fenômeno para determinar se essas infraestruturas têm facilitado o desenvolvimento do setor agropecuário intensivo em escala local.

Além disso, antes de proceder à análise citada é fundamental ter presente os condicionantes destes sistemas. Em primeiro lugar, e como item mais importante, o transporte de água tem que ser feito por gravidade para tornar viável o custo de manutenção do sistema; e com uma declividade moderada para evitar disfunções hidráulicas. Neste sentido, a difícil topografia do setor é um forte impedimento pela construção de canais de forma uniforme sem contemplar a realização de túneis e sifões. É preciso indicar que o custo destas infraestruturas só é recuperado se por trás delas existir um negócio de aproveitamento econômico direto: ou seja, se estes canais têm como finalidade a produção hidroelétrica, como é o caso dos saltos de La Pobla ou do Gavet. Neste caso, quando a infraestrutura é projetada com essa finalidade e financiada por uma empresa com fins lucrativos, faz-se difícil ceder água para outros usos ou finalidades. Por outro lado, para aperfeiçoar o investimento tem que ser garantida uma superfície mínima de irrigação. Apresentamos a seguir a figura 5 que mostra as características do terreno, como por exemplo a declividade do mesmo. Para que o terreno possa ser trabalhado de forma mecanizada são requeridas declividades baixas e, como se observa, unicamente no entorno de Tremp e Isona de la Conca se cumprem com os citados requerimentos. O resto do corredor tem difícil aproveitamento agrícola.

Onde se produz um aproveitamento hídrico de interesse regional é a partir da represa de Sant Llorenç, já no trecho final do corredor estudado. A partir desse núcleo a difícil topografia deixa passo à Plana de Ponent, onde os canais tem tido um papel fundamental para a irrigação e o desenvolvimento agrícola intensivo.

Evolução demográfica em relação ao processo de implantação das infraestruturas

Um indicador básico para analisar o desenvolvimento de uma região é a evolução da população. Se bem não é significativo para estabelecer correlações causa-efeito em territórios onde se produzem incrementos demográficos, sim parece indicado para justificar a falta de desenvolvimento de uma região.

Como já foi explicado no tópico 2.a, no corredor analisado se produz um êxodo migratório até núcleos maiores e com índices de industrialização mais elevados. É significativo observar o contraste entre as principais localidades atendidas (quadro 4). La Pobla parte de uma população inicial em 1920 de 1.775 hab., sendo a quinta em importância, e vai crescendo paulatinamente até os 3.246 hab. em 2011. Por outro lado, Tremp segue um processo de estagnação demográfica mantendo a sua população praticamente constante de 1887 até 2011. Por último, encontramos o caso de Balaguer que triplica a população no período estudado. O resto das localidades sofre um forte processo de despovoamento.

Quadro 4
Evolução da população nas localidades atendidas pelo trem

Município	1887	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981	1991	2001	2011
	População de fato											Padrón	
La Pobla de Segur	1.842	1.549	1.529	1.775	1.833	2.511	2.469	3.288	3.513	3.356	3.114	2.832	3.246
Salàs de Pallars	1.275	929	877	810	740	667	624	688	490	401	305	330	353
Tremp	6.368	4.896	4.682	4.925	6.454	6.125	6.396	6.575	5.785	5.469	6.514	5.388	6.711
Palau de la Noguera - Talarn	736	596	478	467	528	430	423	553	537	2.133	572	353	523
Castell de Mur	983	832	793	711	735	665	628	488	277	200	121	149	186
Llimiana	556	448	374	555	562	462	437	377	246	170	116	142	183
Àger	2.336	2.136	1.813	1.740	1.552	1.479	1.337	1.105	772	684	565	507	590
Avellanes i Santa Linya	2.106	1.706	1.435	1.393	1.249	1.170	1.071	818	616	570	478	480	470
Camarasa	2.908	2.648	2.439	2.273	2.773	2.021	2.087	1.769	1.233	987	850	906	949
Gerb - Os de Balaguer	2.731	2.392	2.480	2.605	2.411	2.016	2.123	1.882	1.025	934	760	771	987
Balaguer	4.509	4.938	4.800	5.325	5.700	6.031	6.469	8.342	11.676	12.432	13.086	13.455	16.877
TOTAL	26.350	23.070	21.700	22.579	24.537	23.577	24.064	25.885	26.170	27.336	26.481	25.313	31.075
TOTAL sem Balaguer	21.841	18.132	16.900	17.254	18.837	17.546	17.595	17.543	14.494	14.904	13.395	11.858	14.198

Fonte: Elaboração própria em base a dados de IDESCAT²⁸.

A agregação do indicador ao longo do tempo²⁹ permite a visualização da tendência seguida (figura 6). Se com as expectativas criadas pela construção das obras hidroelétricas e da ferrovia se produz um leve crescimento de população na década de 20, posteriormente se observa um leve decréscimo e uma estabilização da população até os anos 60. A partir

²⁸ Institut d'Estadística de Catalunya (www.idescat.cat)

²⁹ Realiza-se a agregação somando a população dos assentamentos em estudo excetuando Balaguer. Dita exclusão se baseia no fato que sofre um incremento de população importante, mas ante tudo, por constituir mais da metade da população do corredor analisado.

desse momento o decréscimo populacional é notável até 2001, ano em que alcança o valor mínimo.

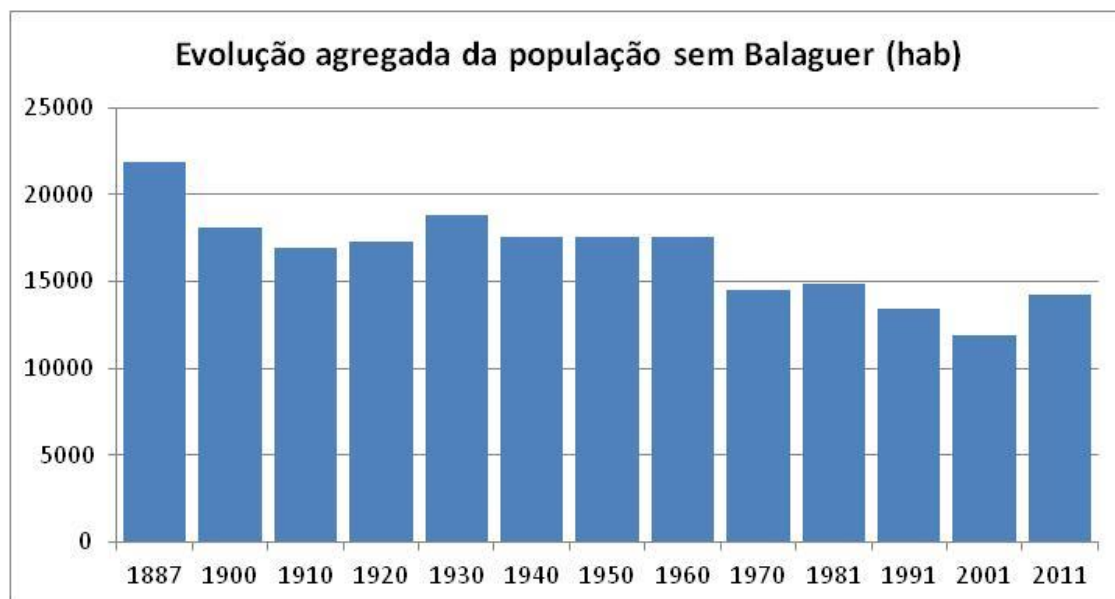


Figura 6. Gráfico evolutivo da população nas localidades do quadro 4, excetuando Balaguer.

Fonte: Elaboração própria.

Sínteses

Para justificar determinados projetos urbanísticos ou territoriais se insiste no desenvolvimento induzido pelas infraestruturas projetadas nos mesmos. Sem embargo, cabe levar em consideração que essa afirmação não se cumpre em todos os casos. Logicamente durante o processo de construção se produz um investimento que se reverte no território: seja pela expropriação de terrenos com usos pouco produtivos, pelo pagamento de impostos ou pela geração de trabalho e serviços durante a própria obra. Além disso, como se observa no presente artigo, existem regiões onde se têm realizadas grandes infraestruturas cujo alcance territorial é maior, e portanto, tem sido projetadas sem atender à promoção do desenvolvimento local.

Para o caso que nos ocupa, o corredor do Noguera Pallaresa, se implementa um ambicioso projeto de produção hidroelétrica para abastecer praticamente toda Catalunha. Projeto que além disso poderia se fazer extensível para favorecer a irrigação dos campos anexos mediante canais e acéguas. Também se constrói uma ferrovia de bitola ibérica que pretendia ser internacional, cruzando os Pirineus e chegando até Saint Giron. Aparentemente podemos deduzir que se dispôs uma oferta de infraestrutura que deveria ter promovido o desenvolvimento, tanto pelas expectativas criadas como pela geração de trabalhos diretos e indiretos induzidos pelas mesmas³⁰.

³⁰ Sirva como exemplo contrário o Corredor del Alto Valle del Río Negro y Neuquén na Patagonia argentina, onde um território com características iniciais e investimentos similares consegue consolidar a população (Alvarez, 2012).

Sem embargo, existem múltiplos fatores que não tem contribuído a tal propósito. Por um lado, o fato de ter que encaixar o trem numa topografia abrupta e em consequência não dar serviço direito às localidades do corredor. Em segundo lugar, a falta de interrelação de infraestrutura entre ferrovia e eletricidade que limita o potencial do trem. Por outro lado, a impossibilidade de irrigar o território por gravidade e em extensão suficiente para justificar a viabilidade das obras de canalização. E por último, a falta de relação entre infraestruturas energéticas de alta tensão e o seu entorno próximo, situação que precisa da construção de subestações elétricas para garantir o consumo e cujo custo não se justifica se a demanda potencial de usuários não chega até certo patamar. Em definitivo, a oferta de infraestrutura não é condição *sine qua non* para o desenvolvimento territorial e urbano. Para que se cumpra dita afirmação é conveniente implantar políticas específicas com investimentos complementares que reforcem o tecido produtivo local. Deste modo, é possível conseguir vantagens locais e aproveitar o potencial de infraestrutura para reverter no território atendido.

Agradecimentos

O autor quer mostrar o seu agradecimento à *Societat Econòmica Barcelonesa Amics del País* (SEBAP) pela bolsa concedida ao longo deste último curso acadêmico.

Bibliografia

ALVAREZ, Eduard. La colonización del Alto Valle del Río Negro y Neuquén en Argentina: ferrocarril, obras hidráulicas y electricidad para consolidar el poblamiento. *Simpósio Internacional: Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930. Barcelona: Brazilian Traction, Barcelona Traction y otros conglomerados financieros y técnicos*, 2012, 20p.

ALVAREZ, Eduard y HERNANDEZ, Mireia. La infraestructura ferroviaria como condicionante del crecimiento de la trama urbana en ciudades medianas catalanas a principios del siglo XX. *IV Congreso de Historia Ferroviaria*, 2012, 24p.

ALVAREZ, Eduard y HERNANDEZ, Mireia. Dos modelos, dos resultados para un mismo propósito: la colonización patagónica mediante infraestructuras ferroviarias públicas o en colaboración público - privadas. *Revista Internacional de Economía y Gestión de las Organizaciones*, 2012, vol. I, nº2, pp. 35-53.

BECERRIL, Enrique. Electrificación y regadíos. *Revista de Obras Públicas*, 1935, tomo I, nº 2672, pp. 232-236.

CAPEL, Horacio. Una red internacional para la historia de la electrificación y de las consecuencias espaciales de la electricidad. *Conclusiones del Simposio Internacional: Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930. Brazilian Traction, Barcelona Traction y otros conglomerados financieros y técnicos*, Barcelona 2012. 5p.

CAPEL, Horacio. *Las Tres Chimeneas. Implantación industrial, cambio tecnológico y transformación de un espacio urbano barcelonés*. Barcelona: Fuerzas Eléctricas de Cataluña S.A. (FECSA), 1994. 3 vols.

DIPUTACIÓ DE LLEIDA. *50 aniversari. 1951-2001. Ferrocarril Lleida – La Pobla de Segur*. Lleida: Diputació de Lleida, 2001. 25p.

GANGOLELLS, Berenguer. *Els territoris del negoci elèctric. El model de pearson i la seva aplicació a Sao Paulo, México D.F., Rio de Janeiro i Barcelona*. Tesina de grado dirigida por Manuel Herce Vallejo. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2008, 155p.

HERCE, Manuel. *Las formas del crecimiento urbano y las variantes de carretera*. Tesis Doctoral dirigida por Joan Busquets. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 1995. 326p.

MIRO, Joan. *Infraestructuras y Servicios Urbanos. Apuntes Docentes en asignatura Infraestructuras y Servicios Urbanos*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2011, 234p.

NEBOT, Antoni. et al. *El tren de la Pobla*. Alocletge: Ribera & Rius, 1995.

PRIETO, Ll. y ENGUIX J.C. *La línia Lleida – La Pobla. El ferrocarril Transpirinenc del Noguera Pallaresa*. Barcelona: Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya, 2008, 187p.

SÁNCHEZ, Llorenç. *El ferrocarril Lleida – Saint Giron. Una ambiciosa empresa que roman a mig camí*. Lleida: Plataforma pro línia Lleida- La Pobla, Institut d'Estudis Ilerdencs, 2003, 72p.

SÁNCHEZ, Llorenç. *La Productora i el paper rellevant que assumeix en els aprofitaments hidroelèctrics del Pallars i la Vall d'Ara*. La Pobla de Segur: Associació de Cultura "Comú de Particulars", 2001, 311p.

Article 7: La colonización del Alto Valle del Río Negro y Neuquén en Argentina: ferrocarril, obras hidráulicas y electricidad para consolidar el poblamiento. (pp. 1-20)

LA COLONIZACIÓN DEL ALTO VALLE DEL RÍO NEGRO Y NEUQUÉN EN ARGENTINA: FERROCARRIL, OBRAS HIDRÁULICAS Y ELECTRICIDAD PARA CONSOLIDAR EL POBLAMIENTO.

*Eduard Josep Alvarez Palau. [eduard.josep.alvarez@upc.edu]
Universitat Politècnica de Catalunya, Departamento ITT – Grupo EXIT*

Resumen

Las redes de infraestructura condicionaron de forma central las formas de población en Argentina. Un ejemplo paradigmático fue la colonización del Alto Valle del Río Negro. En una primera etapa la red de referencia fue el ferrocarril. La configuración de la red ferroviaria argentina siguió en su etapa inicial el esquema de inversión de capital fijo, dónde fondos de inversión ingleses financiaban la construcción infraestructural y recuperaban el capital progresivamente con fletes y derechos de explotación. La red resultante se articuló entorno Buenos Aires y se fue extendiendo progresivamente en forma de malla a medida que se colonizaba la Pampa o se encontraban yacimientos naturales. De este modo, las actividades de producción agrícola, ganadera y extractiva retornaban paulatinamente a la compañía el capital aportado. No obstante, el Gobierno de la Nación Argentina veía con preocupación la falta de pobladores en la región más austral del país: la Patagonia. Su climatología adversa, la falta de recursos hídricos y las constantes agresiones de los indígenas, impedían el establecimiento definitivo de colonos que garantizaran la argentinización de las tierras. Por ello, se iniciaron un conjunto de políticas gubernamentales enfocadas a la colonización patagónica. Podemos señalar cuatro etapas, que coinciden con modelos infraestructurales distintos, que condicionaron la ocupación del Alto Valle y Neuquén:

1. Campaña militar “La Conquista del Desierto” que forzó la rendición indígena (1884). En esta etapa predominó la red de fuertes de protección.
2. Firma de un contrato con la empresa Gran Ferrocarril del Sud para la construcción de una línea de penetración por el Alto Valle del Río Negro desde Bahía Blanca hasta Neuquén (1902) y Zapala (1914).
3. Se promulga la Ley de Irrigación (1909), y se contrata la compañía Gran Ferrocarril del Sud para construir las infraestructuras de laminación y canalización de las aguas para regar las tierras del Alto Valle (finalizan en 1931).
4. Descubrimiento de petróleo en Plaza Huincul (1918), 100 km. al oeste de Neuquén. Supuso una ocupación territorial inicial asociada a una estación ferroviaria que dio origen al “octógono fiscal” –reserva fiscal y urbanización petrolera-. Posteriormente, lideró un cambio de modelo asociado al vehículo privado y que modificó en gran medida las dinámicas regionales preestablecidas.

Cada una de las actuaciones supuso un modelo territorial propio, que permitió no sólo colonizar la región sino consolidarse como uno de los ejes productivos más fuertes de toda la Patagonia. La Conquista del Desierto emplazó asentamientos militares y colonias pastoriles de forma diseminada cuyo único sentido era crear una red de puntos de control territorial de frontera, sin ningún tipo de interrelación. La construcción de la línea férrea articuló linealmente un conjunto de localidades que crecían al lotear los terrenos anejos a las estaciones. Crecimiento que se vio limitado por las características del terreno y la climatología adversa. Por ello se iniciaron a pequeña escala obras de irrigación entorno las principales localidades que tenían por objeto incrementar la superficie de riego. Las redes de infraestructura fueron en definitiva los instrumentos de configuración territorial.

Si definimos el territorio como el conjunto de intervenciones físicas y socioeconómicas que ha producido la civilización para transformar el marco físico y ambiental donde se insiere, es de menester reconocer la importancia de los asentamientos y las infraestructuras en el proceso de colonización. De esto modo y atendiendo al concepto de territorio de los nodos y de las redes desarrollado por Herce y Magrinyà en “La ingeniería en la evolución de la urbanística”, se demuestra como la disposición de las redes de infraestructuras han asumido un papel preponderante como elemento organizador del territorio.

La globalización, entendida como proceso dinámico de salto de escala en las comunicaciones e interdependencias a escala mundial, ha reforzado todavía más el papel de las infraestructuras, sobretodo de transporte y comunicación. Reforzando aquellos nodos, o asentamientos, con altos índices de conexión a la red y marginando aquellos que no se encuentran bien comunicados. Los asentamientos preexistentes se han visto obligados a modificar sus relaciones a escala local con su periferia y área de influencia, a la vez que global con otras regiones y países, con el fin de poder competir en el mercado capitalista internacional. En los países en vías de desarrollo, la influencia de la globalización sobre sus regiones menos avanzadas es todavía más acentuada, ejerciendo un rol discriminador. Es decir, decidiendo, en función del potencial estimado de producción y exportación de bienes y servicios que puedan producir las nuevas infraestructuras, dónde concentrar las inversiones de capital de los mercados internacionales para obtener rentabilidades futuras. Según Gómez Ordoñez, las infraestructuras coloniales “necesitan asegurarse efectos a largo plazo y que, en consecuencia, atienden de una manera explícita a los mecanismos de control –administrativos, jurídicos, financieros...- de aquellos efectos multiplicadores”¹. Es decir, la aportación externa de divisas puede contribuir a desarrollar las regiones a un ritmo superior al esperado, pero solo se efectúan cuando se tienen suficientes garantías de retorno del capital. Analizando la problemática desde el punto de vista regional, cabe tener presente que solamente en aquellos casos en que la inversión se ha realizado de forma perdurable será posible esperar una consolidación del sistema productivo a largo plazo. Y en consecuencia, aprovechar la globalización para incrementar la calidad de vida de sus habitantes y reducir la dependencia del capital internacional para continuar su proceso de desarrollo. En Argentina, la red infraestructural que ha atraído mayor cantidad de capital foráneo para invertir ha sido sin lugar a dudas el ferrocarril². Que a su vez a ejercido un papel fundamental en la estructuración del territorio argentino³.

El presente estudio expone el caso de la región patagónica del Alto Valle del Río Negro y Neuquén (en adelante: *Alto Valle*) en Argentina. Una región prácticamente deshabitada en 1890, en donde se ha sabido aprovechar el gran potencial de recursos naturales para captar importantes inversiones de capital y mano de obra. Para ello, ha sido preciso aunar el interés gubernamental por colonizar la región con la ejecución de un minucioso plan de inversión y desarrollo ejecutado por la empresa ferroviaria de capital británico Gran Ferrocarril del Sud (en adelante *F.C.S*). De este modo, y planificando según el enfoque propio de los modelos de oferta, es decir, entendiendo que “la localización de actividades y sus relaciones dependen de la forma y ordenación de las redes de infraestructuras”⁴, se ha conseguido no solamente cumplir el objetivo inicial de colonización sino consolidar una de las regiones más prósperas de la Patagonia. En esencia, el presente artículo se centra en analizar la contribución que las diferentes infraestructuras construidas han tenido en términos de colonización, consolidación de la población y desarrollo del sistema productivo, incidiendo de forma significativa en la promoción y financiación de las mismas. Sintetizando la contribución infraestructural en la definición de cuatro modelos territoriales de referencia entre la última década del siglo XIX y el primer tercio del siglo XX.

Modelos territoriales soportados en infraestructuras durante la colonización del Alto Valle

La región del Alto Valle ha sido estudiada de forma ininterrumpida desde mediados del siglo XX, en que se crean las primeras universidades patagónicas. De los trabajos historiográficos, sociales e ingenieriles, se sirve el presente texto como fuentes bibliográficas secundarias. Para obtener datos que permitan desarrollar una teoría de ordenación territorial basada en la definición de modelos ligados a infraestructuras de transporte y comunicación. La simplificación estructurada de los acontecimientos, no pretende evadir ni distorsionar la realidad sino todo lo contrario. Es decir, poner de relieve las propiedades más significativas que se han detectado. Sin seguir de forma estricta el orden cronológico en que se han sucedido.

Analizando desde una óptica territorial los diferentes procesos implementados es posible extraer un patrón evolutivo que sintetiza las principales características de ordenación en función de las infraestructuras construidas. El modelo de ocupación del territorio patagónico puede ser explicado mediante una clara analogía a la secuencia de desarrollo del transporte en países costeros subdesarrollados propuesta por Taaffe, que se sintetiza en seis etapas⁵:

- A. Difusión de puertos aislados a lo largo de la costa
- B. Líneas de penetración hacia el interior y refuerzo de los nodos portuarios
- C. Desarrollo de mercados intermedios a lo largo del eje de penetración
- D. Inicios de interconexión de los principales nodos entre líneas
- E. Compleción de la interconexión entre nodos interiores
- F. Jerarquización de las conexiones y aparición de líneas de alta prioridad

La validación de las etapas para el caso argentino a principios del siglo XX sería difícil, por encontrarse en un estado de desarrollo excesivo. Por contra, el estudio del territorio patagónico representa por su simplicidad un ejemplo excelente donde cada una de las etapas evolutivas puede ser asociada unívocamente a un tipo de inversión infraestructural en concreto. Las especificidades del caso, y su singularidad, hacen de la Patagonia un territorio paradigmático y digno de estudio. Aunque debido al retraso inversor en infraestructuras viarias, por la baja demanda población, no se hayan materializado totalmente las etapas cuarta, quinta y sexta.

Correlación entre la secuencia de desarrollo de los transportes y el modelo de ocupación territorial patagónico

La analogía entre la secuencia de desarrollo de los transportes y los modelos de ocupación territorial resultantes no responde a una relación biunívoca, sino que requiere ciertas matizaciones. La primera etapa, de difusión de localidades portuarias, se ha venido sucediendo desde el siglo XVI. Asociada a expediciones marítimas lideradas por imperios colonialistas europeos. En busca de nuevos territorios para extender su soberanía o ampliar fronteras comerciales (modelo definido como $\alpha 1$). En la Patagonia, cabe añadir la creación de localidades interiores aisladas en forma de fuertes militares o colonias pastoriles de carácter estable. Que complementan la primera etapa dando lugar a un segundo modelo territorial ($\alpha 2$). Atendiendo a la generación de productos en las localidades interiores, se inicia la construcción de líneas férreas perpendiculares a la costa con la finalidad de extender el área de influencia de los puertos y drenar los recursos naturales. Con la infraestructura ferroviaria en funcionamiento, nacen las primeras localidades intermedias, como resultado de la creación de colonias agrícolas o pastoriles entorno las estaciones (β). Y cuya dimensión atiende a la mayor o menor disponibilidad de servicios urbanos y otras necesidades básicas en el lugar. A su vez, el propio funcionamiento del ferrocarril facilita la creación de otros poblados entorno la línea. Donde se acaba constituyendo un entramado urbano discontinuo pero interconectado permanentemente por la

infraestructura férrea, en el que se reproducen idénticos patrones urbanos. Dando pie a la definición de un nuevo modelo ($\gamma 1$). Paralelamente, surgen en la región un conjunto de localidades que se rigen por una lógica de funcionamiento alternativa. En este caso, no se trata de colonias agrícolas o pastoriles articuladas entorno un eje de comunicación sino de campamentos petroleros, que se instalan entorno los yacimientos explotables. Configurando unas dinámicas territoriales independientes ($\gamma 2$).

Como se ha expuesto en el apartado anterior, el resto de etapas, asociadas a la construcción de las primeras rutas de interconexión de corredores (δ), a la articulación de una red infraestructural mallada (ε) y a la jerarquización de las conexiones (ζ), no se han desarrollado totalmente debido a la gran extensión de terreno y a la baja densidad de población. Que hacen inviable el desarrollo de nuevas infraestructuras de transporte por falta de demanda. Solamente el avión en los últimos años ha conseguido revertir el estancamiento e iniciar el proceso de jerarquización de conexiones entre localidades.

Como síntesis, se agrupan los modelos territoriales especificados en los apartados anteriores y su correlación con las etapas de la secuencia de Taaffe, en el resumen siguiente:

A	Difusión de puerto aislados a lo largo de la costa	$\alpha 1$	Fundación de ciudades-puerto a lo largo de la costa atlántica
		$\alpha 2$	Consolidación de asentamientos militares y colonias agrícolas en el interior continental
B	Líneas de penetración hacia el interior y refuerzo de los nodos portuarios	β	Construcción de líneas de ferrocarril de penetración desde la costa hacia la cordillera andina Habilitación de estaciones intermedias en las líneas férreas. Loteo y venta de los terrenos aledaños
C	Desarrollo de mercados intermedios a lo largo del eje de penetración	$\gamma 1$	Construcción de infraestructuras de servicios y comunicaciones que reduzcan el aislamiento, garanticen el suministro, laminen avenidas y faciliten la explotación agrícola - ganadera
		$\gamma 2$	Creación de nodos con lógica de funcionamiento autónoma (yacimientos petroleros) y jerarquización
D	Inicios de interconexión de los principales nodos entre líneas	δ	Construcción de las primeras rutas viarias asociadas al automóvil
E	Compleción de la interconexión entre nodos interiores	ε	Desarrollo de la red viaria patagónica (todavía incompleta) ligada a la masificación del uso del automóvil
F	Jerarquización de las conexiones y aparición de líneas prioritarias	ζ	Conexión aeroportuaria entre los nodos principales.

Cuadro 1: Correlación entre las etapas de la secuencia de desarrollo del transporte en países subdesarrollados de Taaffe y el modelo territorial asociado en la Patagonia.

Particularización del modelo para el Alto Valle

En el presente apartado se pretende demostrar la aplicabilidad de la teoría de modelos territoriales soportados en grandes infraestructuras. Desarrollada por analogía en el corredor patagónico que transcurre por el Alto Valle durante su proceso de colonización. Por ello, se centrará la atención en las etapas de la secuencia que constituyan un modelo territorial concreto y tengan relación directa con las infraestructuras ferroviarias, hidráulicas o energéticas. Prescindiendo, por tanto, del modelo asociado a la primera etapa ($\alpha 1$), por basarse únicamente en la creación de localidades portuarias desde el siglo XVI. Y de las tres últimas (δ , ε , ζ), por no suponer eslabones básicos del proceso colonizador ni de consolidación del poblamiento en el corredor. Sino tratarse de etapas de articulación territorial posteriores a 1930. Sustentadas en el automóvil y el avión, que por su complejidad requieren de un análisis que podría alargarse hasta la actualidad o restar incompleto.

Podemos por tanto, identificar las tres etapas. Que revierten en cuatro modelos territoriales suportados por actuaciones infraestructurales. Y que han resultado definitorios en el proceso de ocupación del Alto Valle. Se desarrollan a continuación los cuatro modelos que cumplen las hipótesis planteadas. Centrando la atención en la ordenación territorial resultante y su relación con las infraestructuras territoriales proyectadas:

1. Del aislamiento militar al poblamiento de las colonias agrícolas y pastoriles

En la primera etapa se consolida un modelo formado por un sistema de asentamientos aislados en el interior continental (α_2). Su dispersión por el territorio se justifica por la estrategia militar seguida en la campaña “Conquista del Desierto”, en la que el corredor del Río Negro ejerce de línea de penetración y avance de las tropas. A lo largo de éste, se van creando nuevas localidades con finalidades defensivas o de abastecimiento, concretamente cuatro fortines: Chichinal, General Roca, Primera División (Cipolletti) y Vidal (Barda del Medio). De todos ellos acabaran surgiendo asentamientos, aunque solamente en General Roca puede considerarse que el pueblo mantiene una relación directa con el emplazamiento militar⁶.

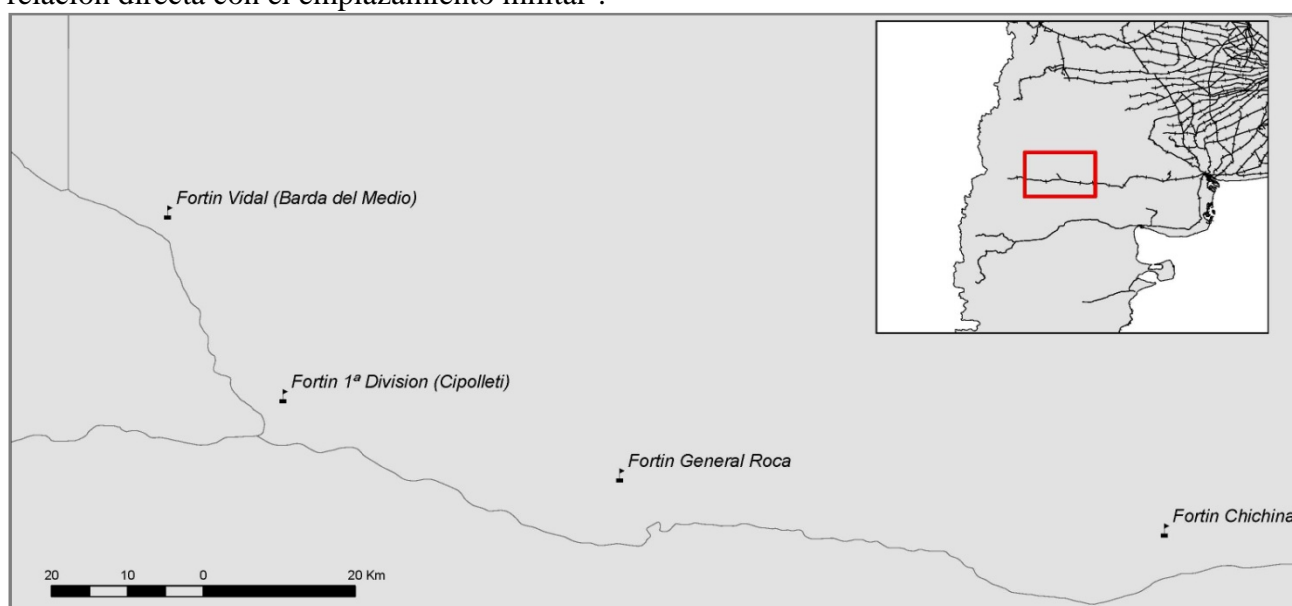


Figura 1: Asentamientos militares levantados en el Alto Valle, durante la Campaña del Desierto.

El pueblo originario de General Roca se constituye en 1883, un año antes de finalizar la guerra. Y convive durante veinte años con el fortín militar, hasta que las tropas son trasladadas a Bahía Blanca. La morfología del pueblo se representa por un cuadrado de 400 Ha., parcelado en forma de cuadrícula y orientado con cierto sesgo respecto los puntos cardinales. Entorno el pueblo, se constituye la colonia agrícola General Roca, con una dimensión de 42.000 hectáreas y dividida en 442 lotes de 100 Ha. cada uno. Sin embargo, una crecida del río Negro inunda el pueblo en 1899 y debe ser reconstruido en unos terrenos de mayor cota. La orientación de la nueva cuadrícula, intenta seguir los ejes norte-sur y este-oeste, adaptándose en la medida de lo posible al trazado ferroviario.

Con dicha parcelación, y la voluntad gubernamental de establecer pobladores en la región dentro del marco de ampliación de fronteras y colonización de nuevos territorios, el Ejecutivo inicia un conjunto de medidas legislativas para conseguir atraer inmigrantes a la región (Blanco, 2005). En 1882, se aprueba la Ley 1.265, de Remate Público. Que pretende subastar directamente un número significativo de lotes de 400 Ha. para agricultores y 40.000 Ha para ganaderos en los Territorios Nacionales⁷. En el remate público de 1885, se adjudican 313 de 363 lotes disponibles. Lo que no supone gran incremento de población, puesto que en 1901 solamente 17 están ocupados de facto⁸.

En 1885, se sanciona Ley 1.628, de Premios Militares. El objetivo de la misma consiste en otorgar terrenos a los militares de mayor rango que han participado en la campaña y favorecer la reconversión de fuertes en colonias agrícolas y pastoriles. Concretamente, les otorga bonos canjeables por un lote de 100 Ha. en el Valle y un solar de un cuarto de manzana en el pueblo. La acogida entre los militares es buena y existen varios ejemplos documentados, como los Generales Godoy y Fernández Oro o el Contralmirante Cordero, que se advienen al canje. Pero igual como sucede en el caso anterior, los militares no ocupan las propiedades restando a la espera de nuevas actuaciones gubernamentales. Según Vapnarsky, la mayoría de militares se limita a especular con la compra - venta o el arrendamiento de parcelas. Pasando a ejercer un rol de agente económico, como era de prever. Por otro lado, los civiles también pueden optar a los lotes y solares resultantes, aunque en su caso es en situación de arrendamiento. Con todo, se produce una abundancia en la oferta que reduce considerablemente el precio de los lotes y favorece la concentración de títulos de propiedad en un reducido grupo de inversores. A modo de ejemplo, de las de 30.000 Ha adjudicadas en 1888 un ochenta por ciento pertenecía a 4 propietarios, de los 56 en total.

Posteriormente, y dado el bajo porcentaje de ocupación efectiva de las tierras (en 1899 sólo hay 1.300 Ha. cultivadas), se empieza a generalizar la posibilidad de adquirir tierras en propiedad y en unas condiciones bastante favorables para los interesados. Concretamente, las condiciones para convertirse en colono son⁹:

- a. Pagar 2,50 pesos por hectárea¹⁰.
- b. Poner bajo cultivo, en cinco años, la cuarta parte de la tierra asignada.
- c. Construir una vivienda y un pozo.

Con estas condiciones, el Gobierno consigue atraer a la colonia hasta ochenta familias de europeos de distinta nacionalidad procedentes de Buenos Aires (franceses, alemanes, rusos e ingleses) que trabajan las tierras durante un tiempo pero acaban retornando a la capital.

Posteriormente, se sanciona en 1903 la Ley 4.167, de Tierras. Derogando todas las demás disposiciones. Dicha ley, generaliza la posibilidad de adquirir tierras en propiedad a cambio de formar Cooperativas. Aportando 50 pesos por hectárea, y con la finalidad de construir y mantener las infraestructuras de riego necesarias. La inversión capitalista ahuyenta a los especuladores y colonos con bajos recursos. De modo que solamente solicitan tierras aquellos inmigrantes con disponibilidad para habitarlas y capacidad económica para implantar cultivos de aprovechamiento intensivo.



Figura 2: División catastral de las colonias General Roca y Lucinda, hacia 1900.

Fuente: La formación de un área metropolitana en la Patagonia.

Una iniciativa interesante desde el punto de vista infraestructural, es la construcción del canal Roca en 1884 -también llamado de los Milicios-. Y que constituye la primera infraestructura de irrigación en el Alto Valle. Dicha infraestructura tiene como finalidad proporcionar una dotación estable de agua a los agricultores, que compense la falta de agua consecuencia de las escasas lluvias. Para ello se proyecta un canal de aproximadamente 50 km. de largo. Con bocatoma de agua entorno el emplazamiento del fortín Primera División y que atraviesa longitudinalmente la colonia desembocando nuevamente en el Río Negro unos 10 km. al sur del pueblo. El canal es construido por agricultores, presidiarios, indios sometidos y algunos soldados, que en determinados casos son remunerados directamente con títulos de propiedad de lotes en la colonia.

En definitiva, se considera concluida la primera etapa del modelo. Formalizando en el territorio una incipiente colonia agrícola y pastoril asociada al pueblo de General Roca. Nacida de la reconversión del asentamiento militar preexistente. La adquisición privada de tierras, siguiendo los confusos mecanismos legales, es abundante. Aunque la ocupación real de éstas, se encuentra por debajo de las expectativas. Por otro lado, empiezan a aflorar las primeras inversiones en infraestructuras y los primeros intentos de atraer colonos europeos para desarrollar la agricultura. En este sentido, puede concluirse que el principal objetivo gubernamental es consolidar el poblamiento. Para lo que utiliza su mayor arma: el poder legislador. Por el contrario, el capital privado se centra en el acopio de terrenos para la especulación y posterior venta, aunque la demanda es tan escasa que no acaba de generar plusvalías.

2. La colonización territorial entorno la línea del Gran Ferrocarril del Sud

El segundo modelo (β) se sustenta entorno la construcción de una línea ferroviaria a lo largo del corredor del Río Negro. La finalidad inicial de la infraestructura, promovida por el Gobierno en convenio con la empresa de capital británico F.C.S., es la de mejorar la accesibilidad de la región para poder desplazar tropas rápidamente desde Bahía Blanca hacia la cordillera andina en caso de conflicto con Chile. La construcción de la línea, se materializa desde Bahía Blanca hasta Confluencia en 1899, Neuquén en 1902, y Zapala en 1914. Incluyendo un ramal de treinta quilómetros desde Confluencia a Contralmirante Cordero (1910).

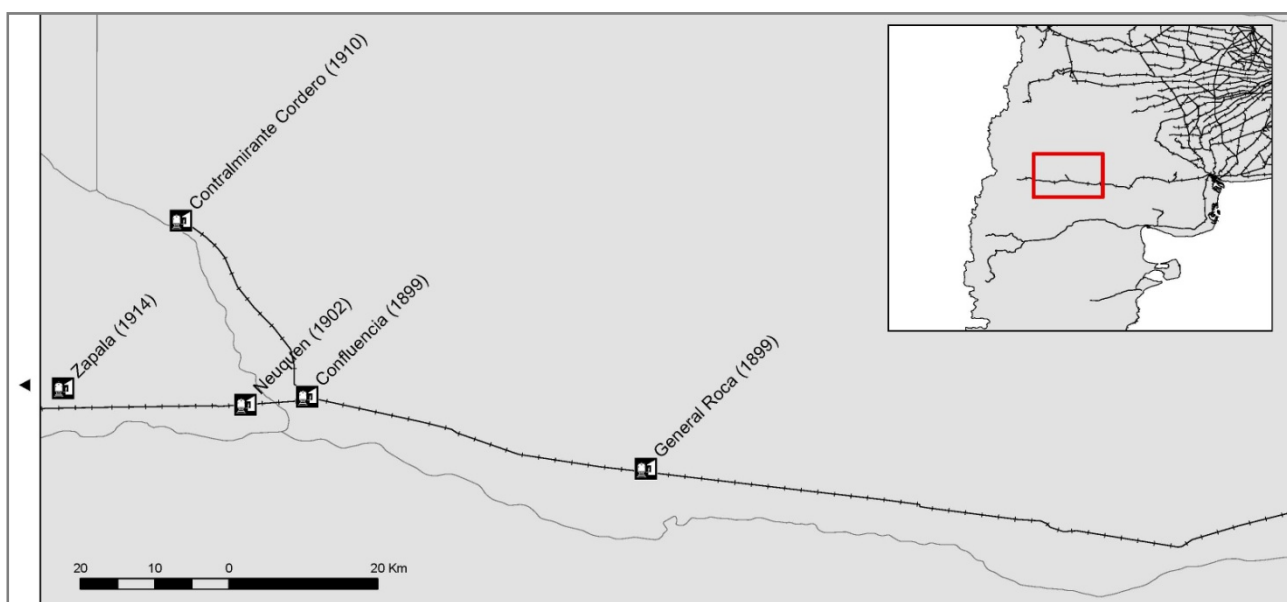


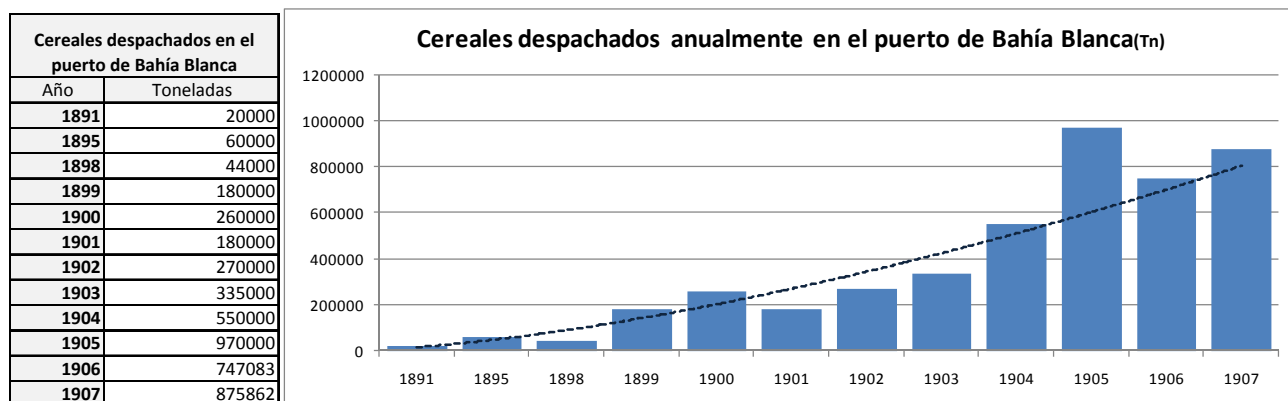
Figura 3: Extensión de la red ferroviaria en el Alto Valle.

En cualquier caso, el pacto alcanzado trae asociadas ciertas concesiones mutuas entre el Gobierno y la compañía inglesa. Entre las que destacan las siguientes¹¹:

- La empresa F.C.S. se compromete a construir en dos años, una línea férrea de ancho convencional y otra de telégrafo, entre Bahía Blanca y la confluencia de los ríos Neuquén y Limay. Además podrá proponer nuevos ramales y prolongaciones.
- El Gobierno declara de utilidad pública y facilita gratuitamente a F.C.S:
 - o Terreno para la construcción de vías (35 metros de ancho, ampliables).
 - o Terreno para habilitar estaciones (20 Ha. para las principales y 14 para las secundarias y casa de camineros).
- Se permite incumplir durante 15 años la legislación sectorial en materia de transportes, en toda la línea con prolongaciones y ramales.
- Se exime a la compañía del pago de aranceles por la importación de materiales durante 50 años.
- Las propiedades muebles e inmuebles de F.C.S no pagaran impuestos durante 15 años.
- Se autoriza la construcción del Puerto Ingeniero White en Bahía Blanca, con muelles, pescantes, depósitos y demás. Donde se les permite instalar su base portuaria.
- Se limitan los gastos anuales al 50% de la facturación.
- El Gobierno de la Nación pagará 756.000 pesos de oro¹², en 10 anualidades.
- F.C.S podrá tomar agua de los ríos que se encuentren en sus inmediaciones. Así como conducirla por medio de canales, acequias o cañerías, a las que se dará servidumbre de paso.

Evidentemente, el objetivo primordial de la compañía ferroviaria difiere del gubernamental y consiste en incrementar su facturación atrayendo pobladores motivados por la disponibilidad de terrenos aptos para la implantación de actividades agrícolas y pastoriles. Por ello, aprovecha las diferentes concesiones para promover todo tipo de iniciativas que puedan acelerar el retorno de capital y la generación de beneficios. Prueba del buen funcionamiento económico de la compañía F.C.S es la construcción de un puerto en Bahía Blanca en 1899: Ingeniero White; con una superficie de 23.092 metros cuadrados y una longitud de 980 metros de amarres. Que poco después es ampliado con un muelle adicional, un elevador con capacidad para 26.000 toneladas para agilizar la operación de carga, 18.400 metros de vías auxiliares, y otras infraestructuras complementarias.

De hecho, analizando la evolución de las de exportaciones de cereales desde el puerto Ingeniero White, aún y no ser exclusivamente del corredor en estudio, puede vislumbrarse la tendencia al alza provocada por el incremento de terrenos cultivados:



Cuadro 2: Evolución de la exportación de cereales desde Bahía Blanca (en toneladas)

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Historia del Ferrocarril Sud

El incremento de accesibilidad proporcionado a la región es también excepcional. Convirtiendo los 5 días que se tardaba en hacer el trayecto entre Bahía Blanca y Neuquén a solamente 13 horas. Aunque inicialmente los servicios se limitan a 2 trenes por semana más uno de mercancías, no cabe duda que el ferrocarril actúa como revulsivo de la región. Simplemente comparando la capacidad portante del anterior medio de transporte, la carreta, que podía soportar unos 2.500 kg por expedición, con el ferrocarril, con una capacidad estimada de 25.000.000 kg¹³, ya se puede obtener una idea de la mejora. Por tanto, para transportar la misma carga se necesitaban 9.230 horas de carreta por cada una dedicada por el FFCC. Efecto que termina con el aislamiento territorial y facilita la llegada de nuevos colonos interesados en radicarse.

La creciente demanda de tierras facilita la creación de diversas sociedades públicas y privadas dedicadas a la urbanización, loteo y venta de parcelas a los inmigrantes. Las sociedades así como las personas físicas que actúan como promotores, comparten el objetivo fundamental, que es atraer el máximo número de pobladores. Aunque en algunos casos se busca la obtención directa de plusvalías con la venta de terrenos; mientras que en otros simplemente se trata de un eslabón más para la consecución de un fin superior. Es por ello que las condiciones ofrecidas pueden distar substancialmente.

Sirvan como ejemplo del primer caso, en que los promotores buscan la maximización del beneficio mediante plusvalía directa a corto plazo, las siguientes iniciativas:

- La *Sociedad Anónima Nueva España*, constituida en 1911. Que aprovecha la llegada del ferrocarril (1902), el traslado de la capital provincial a Neuquén (1904) y las expectativas creadas por la ley de irrigación (1906), para obtener plusvalías con el negocio inmobiliario en las tierras de la sección I del Departamento de Confluencia. Casimiro Gómez compra en 1899 3 lotes, y posteriormente junto a Carlos Bouquet Roldan -Gobernador del Territorio de Neuquén- compran otro lote de tierra pública, juntando en total más de 15.000 Ha. Al crearse la sociedad, Casimiro cede sus tres lotes para el correcto desarrollo del negocio; que en 1915 dispone de 415 propiedades en zona urbana, 202 quintas y 480 chacras. La compañía va vendiendo progresivamente las propiedades hasta el año 1919, en que decide disolverse voluntariamente. Entre las distintas aportaciones realizadas por la compañía y sus accionistas, destaca la cesión gratuita de terrenos para la fundación de Neuquén en 1904, el apoyo para el proyecto de abastecimiento de agua potable o la financiación de ciertas obras de urbanización y edificación en la nueva capital¹⁴. La misma sociedad también participa en la creación de las colonias agrícolas “Bouquet Roldan”, “Nueva España” y “Valentina” situadas en la zona Chacras Neuquén.
- Ya se ha mencionado en el apartado anterior la adquisición de tierras por parte de militares después de la Ley de Premios Militares. Entre ellos destaca la compra de 10.000 Ha. por el *General Fernández Oro* que dieron pie a la colonia Lucinda. Este, decide construir un canal en 1902 para irrigar las tierras, pagando tanto al contratista como al técnico con terrenos en la futura colonia. De los terrenos restantes reserva una cantidad importante para él y su familia y subdivide el resto para vender a los inmigrantes interesados. A su vez, Fernández Oro cede a la administración nueve cuadradas por cinco, para fundar el pueblo de Cipolletti, entorno la antigua Parada Limay del ferrocarril. Cabe remarcar que en 1928 se crea, entre las colonias Lucinda y General Roca, el pueblo Fernández Oro. Situado alrededor de la parada análoga de ferrocarril, pero sin coincidir con el establecimiento originario¹⁵.

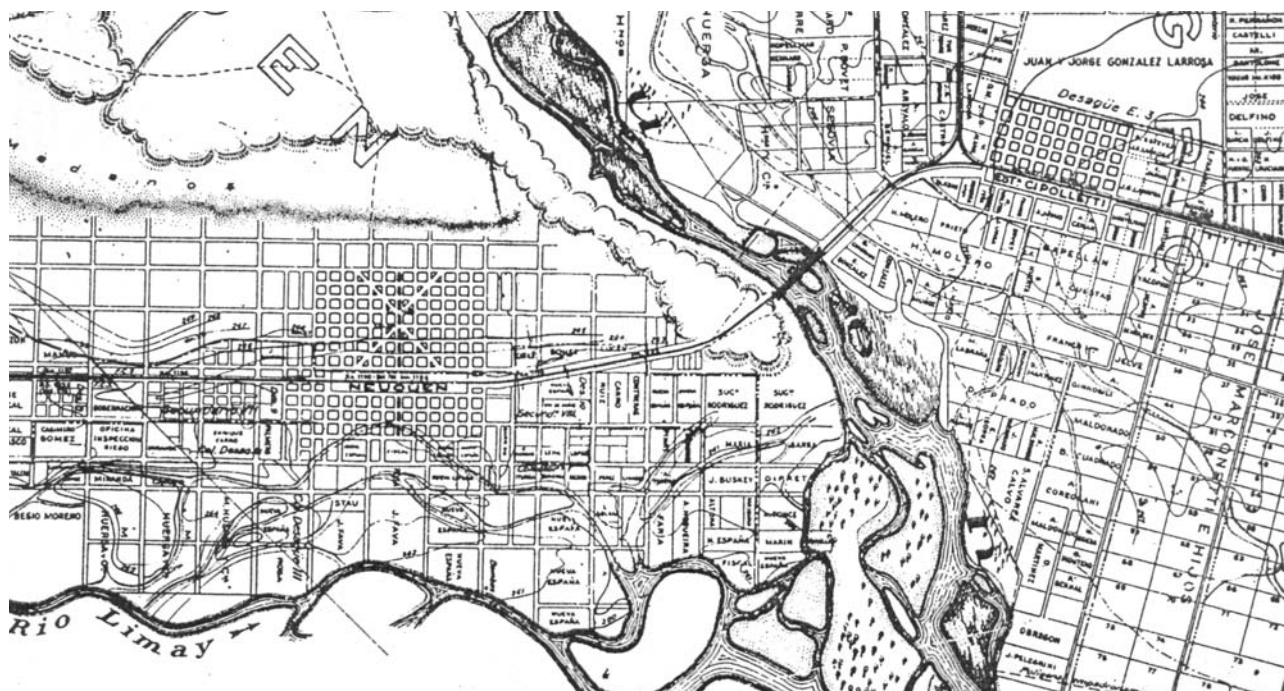


Figura 4: Plano catastral urbano y rural de Neuquén y Cipolletti (antigua Confluencia) hacia 1930.

Fuente: Pueblos del Norte de la Patagonia. 1779 -1957

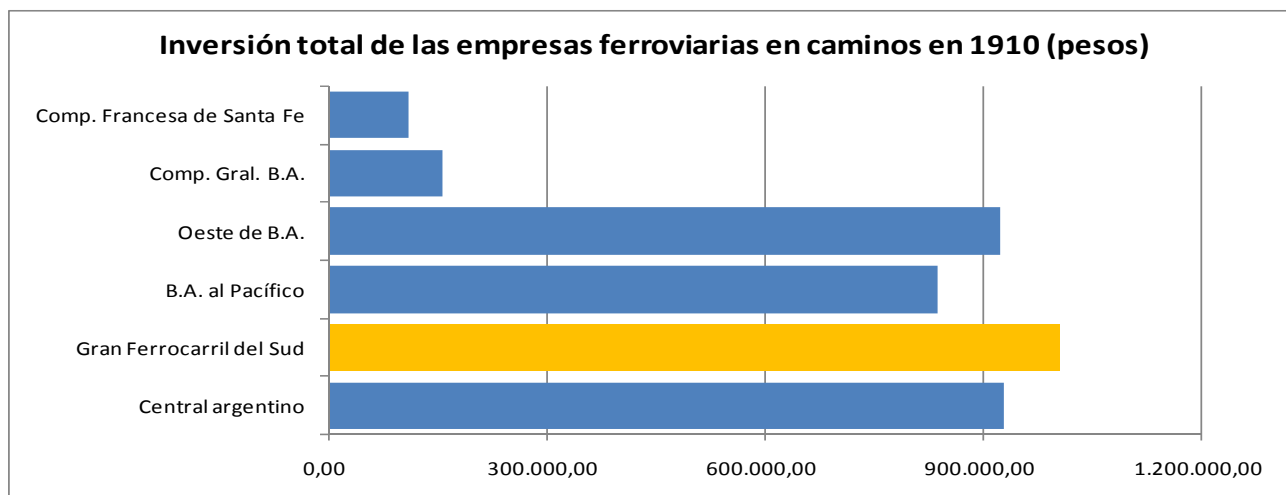
Entre las iniciativas que promovían la instalación de nuevos pobladores en el territorio sin un ánimo de lucrarse con la propia venta de terrenos, destacan los siguientes ejemplos:

- Siguiendo las doctrinas de la Ley de Tierras de 1903, se funda en 1907 la *Cooperativa de Irrigación de la Colonia General Roca* con la finalidad de gestionar el canal Roca. Unos de sus impulsores, Patricio Piñeiro, adquiere una importante concentración de terrenos a medio camino entre General Roca y Confluencia. Donde crean el establecimiento “Los Viñedos”, en el que se planta alfalfa y viña, y se instala una estación experimental de viticultura con una estación meteorológica. Del establecimiento, se funda en 1910 coincidiendo con la llegada del ferrocarril, el pueblo de Allen, en donde la mayor parte de los terrenos son ocupados por los integrantes de la cooperativa. De la aportación de 50 pesos por hectárea obligada por ley a los nuevos colonos se crea un fondo para la construcción de edificios públicos y mejora del sistema de riego, que con un cabal de hasta 3.000 l/s, consigue pasar de 1.200 a 17.000 hectáreas regadas¹⁶. De modo similar, se intentan crear las colonias Rusa, Cervantes y Francesa, aunque ninguna de las tras acaba prosperando.
- Otro militar que adquiere tierras, concretamente 3.000 Ha., es el General Godoy. Aunque en este caso, las tierras son vendidas a un tercero y adquiridas después por la *Compañía Tierras del Sud*, subsidiaria de F.C.S, por encontrarse sobre el trazado del ramal a Contralmirante Cordero. La compañía mensura y subdivide las tierras en pequeñas chacras en 1913. Vendiéndolas con excelentes condiciones de pago a los colonos interesados, principalmente españoles, italianos e ingleses, y fundando la colonia La Picasa. Acto seguido inician las obras de construcción de un canal de riego, en 1914 habilitan una estación ferroviaria y en 1918 la empresa ferroviaria promueve la construcción de una estación agronómica destinada a la experimentación y transmisión de conocimiento a los agricultores. De este modo, se vuelve a poner de manifiesto la principal preocupación de la compañía: incrementar la cantidad de productos transportados para la exportación.

En esta etapa del proceso colonizador es cuando empiezan a evolucionar las actuaciones encaminadas a mejorar la infraestructura de riego de la región. Enunciado ya el canal Roca, es

necesario añadir el canal financiado en 1902 por Fernández Oro para irrigar 2.100 Ha. de la colonia Lucinda¹⁷, o el canal de captación de agua del río Limay para abastecer 720 Ha. del margen superior del Limay y hasta Neuquén ciudad¹⁸. En cualquier caso, el grueso importante de canales de riego se construyen a posteriori quedando asociados al tercer modelo territorial (γ 1).

Es también dentro del segundo modelo (β), cuando el Gobierno decide grabar con la Ley 5.315, las grandes empresas de ferrocarriles con un canon sobre el 3% de sus utilidades líquidas, para la constitución de un fondo de caminos¹⁹. La finalidad del mismo, es que las propias compañías extiendan el área de influencia de los asentamientos situados entorno sus líneas para favorecer el desplazamiento de los pobladores hacia sus haciendas. Facilitando de este modo el transporte de la producción para la exportación. A continuación se muestra el alcance de dicha iniciativa:



Cuadro 3: Inversión realizada por las empresas ferroviarias en caminos en 1910

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Historia del Ferrocarril Sud

Con todo ello, se produce un cambio en el modelo territorial que convierte las localidades aisladas en nodos articulados mediante un eje lineal de transporte, que supone una extensión del área de influencia de la ciudad – puerto, en este caso Bahía Blanca. Localidad que capta el grueso de los productos elaborados en la zona y destinados a la exportación. De los asentamientos resultantes de éste modelo cabe destacar General Roca, por ejercer de capital en los confines iniciales, y Confluencia –conglomerado formado por Cipolletti y Neuquén- que atrae la jerarquía durante años por ser punta de rieles y lugar de acopio de los productores del territorio neuquino.

El resto de asentamientos podría sintetizarse como poblados ferroviarios²⁰ o proyectos colonizadores²¹ en sí mismos, que toman forma de pequeños núcleos agrícolas desarrollados junto a las estaciones formando pequeños minifundios a su alrededor. Ambos casos, con parcelación en forma de damero y orientados de forma idéntica entorno las vías férreas. Las únicas variaciones entre los asentamientos se debe a la disposición de pequeños canales autoconstruidos para abastecerse y para garantizar el riego de las parcelas, que distorsionan ligeramente su morfología. De todos modos, lo verdaderamente interesante del modelo es que para la creación de las localidades es necesaria la participación de un promotor con capital suficiente para comprar el terreno, subdividirlo y habilitar las infraestructuras mínimas para hacerlo apetecible a los potenciales compradores. Entre los promotores identificados, difieren aquellos cuya finalidad era únicamente la generación de plusvalía con la propia venta de los lotes, de los que estaban envueltos en un proyecto de mayor envergadura y para los que la promoción de tierras respondía únicamente a la voluntad de incrementar el número de pobladores de la región. De esta segunda clasificación, destaca sin lugar a dudas, la actuación de la compañía F.C.S., interesada simplemente en incrementar la carga de sus líneas. Bien fuere por un incremento de la superficie cultivada, como por un incremento de la productividad y del valor de los

cultivos exportados. De este modo, no solamente financia la construcción de la línea ferroviaria al Gobierno, sino que además ejerce un papel de líder en el proceso colonizador del Alto Valle. Las iniciativas encaminadas a crear localidades, la investigación y difusión en materia de mejora de cultivos o la contribución al Fondo de Caminos para construir viales que incrementasen el área de influencia de cada una de sus estaciones, son solo algunos ejemplos de la contribución excepcional de las empresas de capital británico a la consecución de la colonización patagónica.

3. *Área metropolitana de irrigación en el corredor del Alto Valle: obras hidráulicas, de comunicación y servicios*

El Gobierno de la Nación observa con detalle la evolución de la región patagónica. Y ve con buenos ojos los esfuerzos realizados por los primeros colonos y por la empresa ferroviaria para consolidar el poblamiento. Aunque decide actuar de nuevo en la región. En este caso, el motivo de la intervención es la hidrología propia de zona. Con largas épocas de sequía combinadas con crecidas de los ríos Neuquén, Limay y Negro, que en época de lluvia y deshielo han provocado la inundación de distintas localidades. Como por ejemplo General Roca en 1899, que obliga a trasladar el pueblo a un emplazamiento de cota superior, o Confluencia en 1902 que destruye el puente ferroviario y el canal de la colonia Lucinda. Para solucionarlo, se decretan las leyes 5.559, de Fomento de los Territorios Nacionales (1908) y 6.546, de Irrigación (1906). En base a estas, el Gobierno obtiene facultades para contratar a la compañía Gran Ferrocarril del Sud para ejecutar las obras de infraestructura para la regulación hídrica de los ríos mediante diques y embalses, así como los canales de riego necesarios para abastecer todas las localidades del corredor. Las condiciones de financiación del contrato firmado entre el Gobierno y F.C.S., para financiar los cuatro millones de pesos estimados, son las siguientes²²:

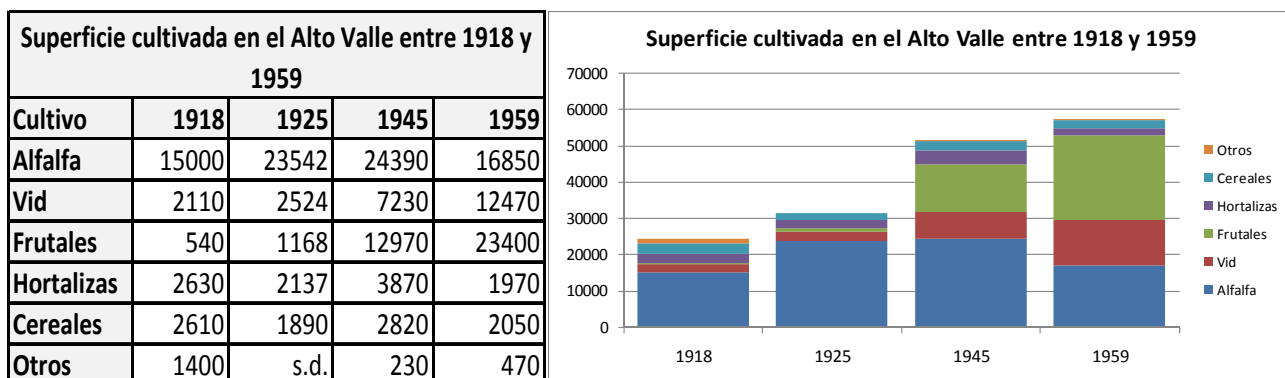
- Construir las infraestructuras a coste real.
- El pago de las obras se realizará mediante la emisión de títulos (*Bonos de Irrigación*), con un interés para el inversor del 5%.
- Las obligaciones serán servidas mediante el producto líquido de un *canon de riego*, aplicado a los propietarios de los terrenos irrigados.

Las obras se inician en 1910, con la construcción del dique Ingeniero Ballester, un canal derivador y el lago artificial Pelegrini para laminar las crecidas del río Neuquén²³. Finalizando en 1932, al completar los 130 km. del canal principal entre el dique y Chichinales, y la red de canales de distribución destinados al abastecimiento de agua para el riego. Toda esta infraestructura es denominada Sistema Integral de Riego del Alto Valle.

De este modo, vuelve a ser la compañía de capital británico la encargada de realizar y financiar la construcción de unas obras cuyo principal interesado en implementarlas es el Gobierno de la Nación. Lógicamente, la empresa tiene también intereses directos relacionados con las obras de irrigación, como el incremento de producción de los cultivos o una evolución de los mismos hacia productos con mayor valor de mercado. No obstante, parece razonable pensar que en un escenario sin las sinergias existentes entre el Gobierno y la compañía F.C.S, nunca se hubiesen llegado a implementar las infraestructuras hidráulicas del Alto Valle. Las progresivas mejoras introducidas en el sistema de riego del Alto Valle a medida que se desarrollan los asentamientos, suponen una primera modificación de cultivos predominantes. Pasando del cultivo de cereales a la alfalfa y la vitivinicultura. Cabe recordar en este sentido la estación agronómica construída por F.C.S en La Picasa, dedicada al cultivo y reproducción para la venta de las variedades que presentan mayor adaptación al clima de la región. Además, edita publicaciones gratuitas²⁴ para transmitir sus resultados a los colonos, les asesora e incluso les ofrece credito para modernizar sus terrenos. Una vez contrastados los resultados, empiezan a introducirse cultivos de viñedos y frutales al oeste de General Roca. Que van substituyendo progresivamente la alfalfa²⁵. Según Vapnarsky, a partir de

1930 empieza en el Alto Valle el ciclo de la fruticultura, en detrimento de la alfalfa, lo que implica una densificación de la población dispersa y el considerable crecimiento de los pueblos pequeños²⁶.

En 1928, se crea *Argentine Fruit Distributors* (A.F.D) como subsidiaria de las empresas ferroviarias y con la finalidad de promover la exportación de frutas. Dicha sociedad, instala plantas de empaque en La Picasa, Lucinda, Allen, Km 1156 y Villa Regina, en donde se recibe, clasifica y embala la fruta para transportar. A partir de la llegada a la planta, A.F.D se encargaba de todos los procesos hasta poner el producto en el mercado. Según Winderbaum, dicha organización asegura la rentabilidad al pequeño productor y grandes beneficios a la compañía británica, puesto que comercializa entre el 70 y el 80% de la producción valletana:



Cuadro 4: Superficie cultivada en el Alto Valle entre 1918 y 1959, según tipo de cultivo.
Fuente: Elaboración propia en base a datos de Pueblos del Norte de la Patagonia. 1779 -1957

A parte de la densificación de población y el crecimiento de los pueblos, siguen fundándose nuevas colonias agrícolas entorno las estaciones ferroviarias. En líneas generales, los promotores siguen siendo empresas y particulares aunque el Gobierno empieza a regular la obtención de plusvalías. Por ello se considera la misma clasificación del apartado anterior, en cuanto a la voluntad de obtener plusvalías directas con la venta de los terrenos o responder a un fin alternativo.

A modo de ejemplo se especifican algunos casos referidos a cada uno de los escenarios planteados:

- La *Sociedad Italo-Argentina de Colonización*, formada en 1924 por bancos, empresas de navegación, industriales e importantes personalidades. Dicha empresa, cuyo fin era “promover y favorecer la colonización en todo el territorio de la República Argentina, intentando que los colonos lleguen a ser propietarios de las tierras que trabajen”, compra una propiedad de 5.000 Ha. de tierra fértil cerca de Chichinales y sobre la línea de F.C.S. Donde fundan la colonia Regina de Alvear, que mensuran en 130 lotes de 5, 10 y 15 Ha. Paralelamente construyen caminos, canales secundarios y terciarios, así como un gran vivero; mientras tramitan la habilitación de una estación en km 1106. Las condiciones impuestas a los colonos son:
 - a. Uso gratuito del lote durante dos años
 - b. Hipoteca con el Banco Hipotecario por el 80% de la deuda amortizable en 33 años. Y con la C.I.A.C. por el 20% restante, a amortizar en 5 años.
 - c. Depósito en el momento de la compra de un 10% del valor del lote, con un interés del 7%.

La compañía, que entrega al colono un terreno arado y con alambrado perimetral, una casa de 4 piezas, servicio y un pozo, ha vendido en 1930 todos los lotes puestos a la venta. Mientras tanto habilita otros servicios básicos, entre ellos una usina eléctrica y una Cooperativa de Consumos²⁷.

- En 1927 y por petición del Presidente argentino, las compañías ferroviarias constituidas mayoritariamente por capital británico, forman el *Consortio Ferroviario de Colonización*. Que tiene como finalidad atraer colonos europeos que se asienten entorno sus líneas. Sus promociones no buscan la plusvalía directa por la venta de lotes, sino contribuir al poblamiento y incrementar el transporte de mercancías en sus líneas. Las condiciones para los colonos, se limitan a la adjudicación de lotes inferiores a las 50 Ha., con alambrados, casa, agua y útiles de labranza. Financiados mediante hipotecas a largo plazo y con un interés convencional²⁸. Parece ser que un ejemplo de esta iniciativa sería la *Colonia de los Ingleses*, creada en 1934 por el Consortio en los terrenos en que actualmente se encuentra el pueblo de Plottier²⁹. Otra iniciativa específica de la compañía F.C.S en 1909, parte de la voluntad de las empresas ferroviarias de facilitar el acceso a la vivienda a sus trabajadores. Para ello, habilitan casas entorno la línea férrea y que les venden directamente con un interés anual de entre el 4 y el 10%. La única condición significativa que les impone es la obligatoriedad de residir habitualmente en la propiedad adquirida³⁰.
- Un caso paradigmático es la creación de la colonia Centenario. Aunque los terrenos son comprados en 1885 y arrendados para cultivarse -llegándose a construir canales -. En 1909, el Gobierno decide no renovar el contrato, restando los terrenos en reserva y a la espera de revalorización por el futuro sistema de riego. De este modo el Ejecutivo empieza a ejercer de promotor, especulando con la propiedad del suelo a su merced y avalado por la Ley 5.559 de Fomento de los Territorios Nacionales -condición que posteriormente mantendrá en la colonización del norte de Santa Cruz y Chubut entorno las líneas de los ferrocarriles patagónicos-. En 1922 fundan la colonia Centenario con una población superior a los 100 habitantes, dos años más tarde mensuran y dividen las tierras en parcelas inferiores a las 27 Ha. Sin embargo, en 1931 todavía no se han ocupado los terrenos debido a la “torpeza administrativa que obstaculiza” el proceso durante varios años³¹.

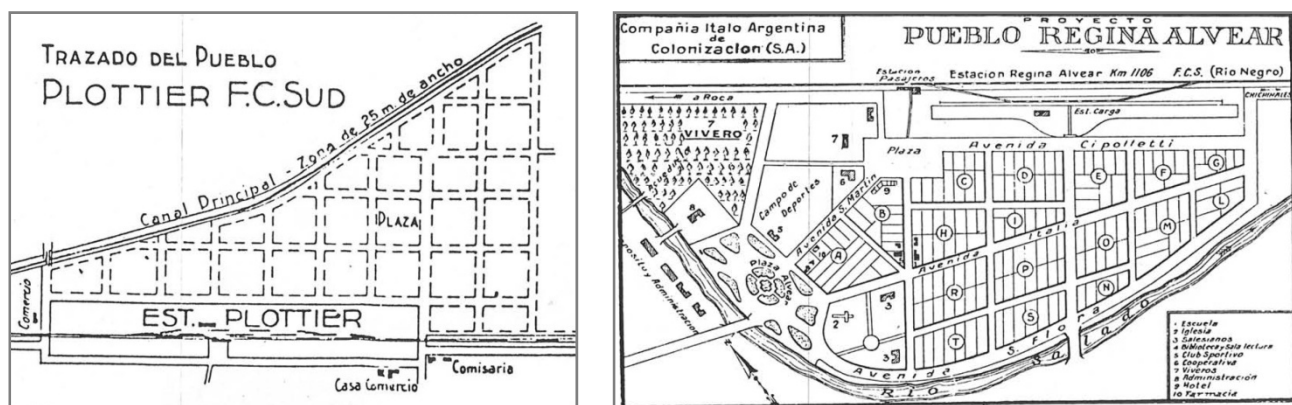


Figura 5: Plano fundacional de Plottier F.C.Sud y Regina Alvear.

Fuente: La formación de un área metropolitana en la Patagonia.

A lo largo de los primeros años de poblamiento, la falta de servicios urbanos, las fluctuaciones de precios en el mercado internacional y el bajo valor añadido de los productos exportados, actúan como limitante a las posibilidades de crecimiento de la región. Por ello, la compañía ferroviaria decide acceder a la iniciativa gubernamental de desarrollar el sistema integral de riego. Paralelamente, sigue invirtiendo capital y recursos en diferentes ámbitos, lo que se traduce en el inicio de una política de microinversiones complementarias a la construcción de las propias infraestructuras ferroviarias e hidráulicas. F.C.S rentabiliza la estación agronómica de La Picasa, habilita nuevos depósitos y almacenes de acopio en Puerto Ingeniero White, crea una sociedad para promover la llegada de colonos, otra para optimizar el proceso de comercialización de los productos, y empieza a probar los primeros frigoríficos.

El resultado de todo ello es una mejora continua del rendimiento y de la productividad, una conversión gradual de los cultivos hacia otros de mayor cotización, una industrialización de buena parte de los procesos derivados y un incremento de las exportaciones. Con ello, crece el número de empresarios decididos a invertir capital en la región, incrementando significativamente la demanda de tierras. Lo que conduce a la promoción de nuevas localidades.

En definitiva, se empieza a conformar una metrópoli continua a modo de ciudad lineal³², que empieza en los Valles Inferiores de los Ríos Neuquén y Limay y se extiende a lo largo de todo el Alto Valle del Río Negro hasta Chichinales, alrededor de la línea férrea. Pudiendo definir de este modo el tercer modelo territorial ($\gamma 1$), consistente en un área metropolitana irrigada por los canales construidos y cuya comunicación se seguía centrando en el ferrocarril.

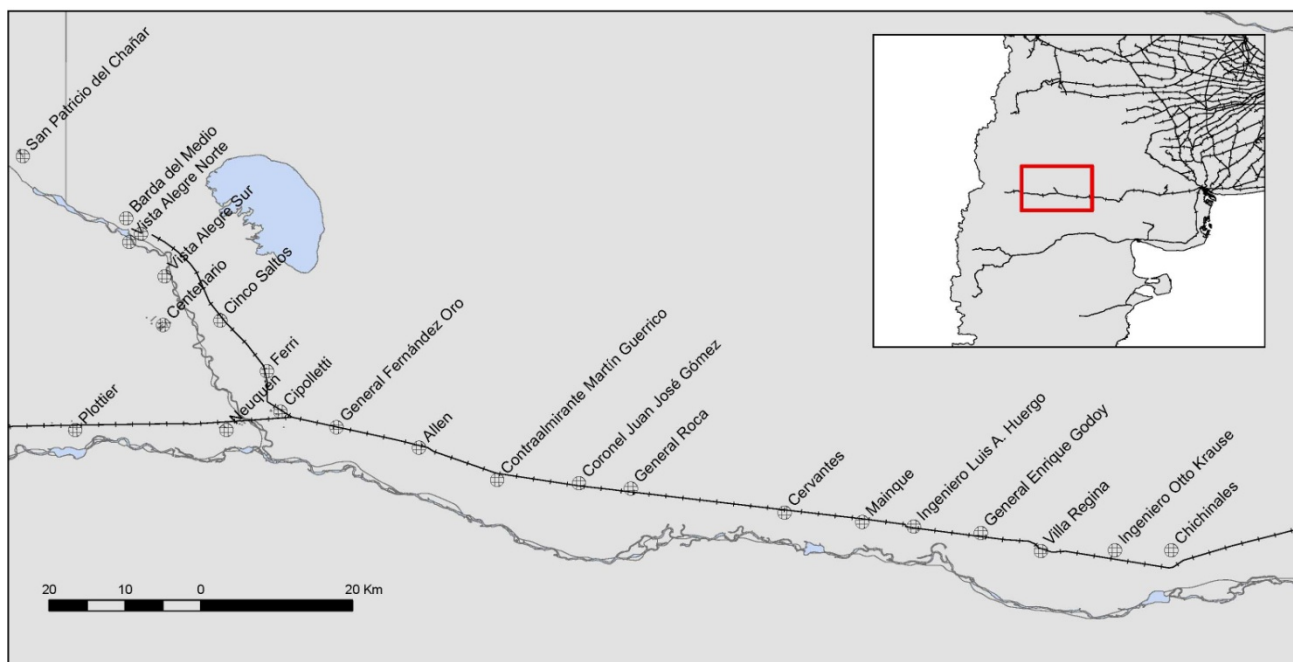


Figura 6: Localidades existentes en el Alto Valle entorno la línea ferroviaria.

Desde la consolidación del tercer modelo en los años '30 se han producido cambios en la morfología de las ciudades e incluso en la jerarquía de las mismas. Causados sin duda por las constantes mejoras infraestructurales introducidas en el transporte por carretera y aéreo hasta nuestros días. Dicha evolución se sigue produciendo actualmente, aunque el modelo territorial definido por el área metropolitana irrigada continúa siendo vigente sin demasiadas variaciones. El hecho de encontrarse el corredor emplazado en medio de la estepa patagónica dificulta el desarrollo de conexiones transversales de infraestructuras de transporte que pudiesen mallar la red. De este modo, aún y disponer de vuelos directos que han incrementado las relaciones y optimizado los tiempos de transporte, y de carreteras pavimentadas que han captado todo el tránsito de personas y mercancías que anteriormente conducía el ferrocarril, el territorio no ha cambiado su extensión en superficie.

4. Las ciudades y campamentos del petróleo

Lo interesante del caso, y que da pie al cuarto modelo territorial ($\gamma 2$), es la aparición de nodos situados entorno el área metropolitana anterior que se articulan con una lógica totalmente distinta, centrada en la explotación de recursos minerales. En otras regiones los asentamientos petroleros se instalan en la localidad ferroviaria más próxima, causando una explosión demográfica y una reconversión del sector principal de subsistencia³³. En este caso, el funcionamiento es prácticamente autónomo, centrado únicamente en la explotación y exportación de recursos petroleros.

Con el descubrimiento de petróleo en Plaza Huincul en 1918, el Gobierno decreta una reserva fiscal en forma de octógono que impide la instalación de compañías privadas y restringe los permisos de cateo. El proyecto de explotación de la reserva se lleva a cabo por parte de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, empresa pública creada en 1922, que crea un campamento petrolero donde habitan únicamente sus trabajadores. YPF, aparte de ejercer la función explotadora del recurso, ejerce de autoridad municipal garantizando a los trabajadores la vivienda, el aprovisionamiento de víveres, la sanidad, la educación de sus hijos, etc.. Además también garantiza el transporte de personas y mercancías, consiguiendo la creación de una estación en el pk 1291 de la línea Neuquén – Zapala. Paralelamente, y atraídos por la gran cantidad de inversión movilizada en la región llegan nuevos inmigrantes que se instalan alrededor de la reserva, creando el rabal de Cutral Có. A su vez, varias empresas petroleras privadas con capital extranjero muestran su voluntad de establecerse alrededor de la reserva decretada –p. ej.: Astra, Standard Oil, etc.-.

En la región neuquina se instalan también otros campamentos petroleros como el de Catriel y Loma de la Lata; que siguen procesos de ocupación distintos pero mantienen el aislamiento territorial respecto las localidades vecinas. Ante estas circunstancias, no se puede menospreciar el interés mostrado por gran cantidad de empresas de capital extranjero –norteamericano, británico, alemán, etc³⁴-, de invertir importantes sumas de capital en la región. Lo que sin duda es una noticia excepcional para un territorio en el que solo ha habido hasta el momento inversión pública vinculada directamente a una empresa ferroviaria privada. Finalmente, el Estado apuesta por nacionalizar el recurso y restringir los permisos de explotación, reservando a YPF un papel principal. En ésta, invierte gran cantidad de fondos públicos en la etapa inicial –para poner en funcionamiento el sistema- y durante los primeros años de explotación –actuando como empresa extractora y como administración local y subsidiaria de sus trabajadores-. Sin embargo, años más tarde acaban abriendo el mercado al capital privado, reduciendo de este modo los costes de funcionamiento y el aislamiento de los campamentos. De todos modos, lo realmente importante es que la diversificación de actividades productivas aporta el impulso necesario para consolidar de forma perdurable el asentamiento del Alto Valle, así como de otras regiones patagónicas³⁵.

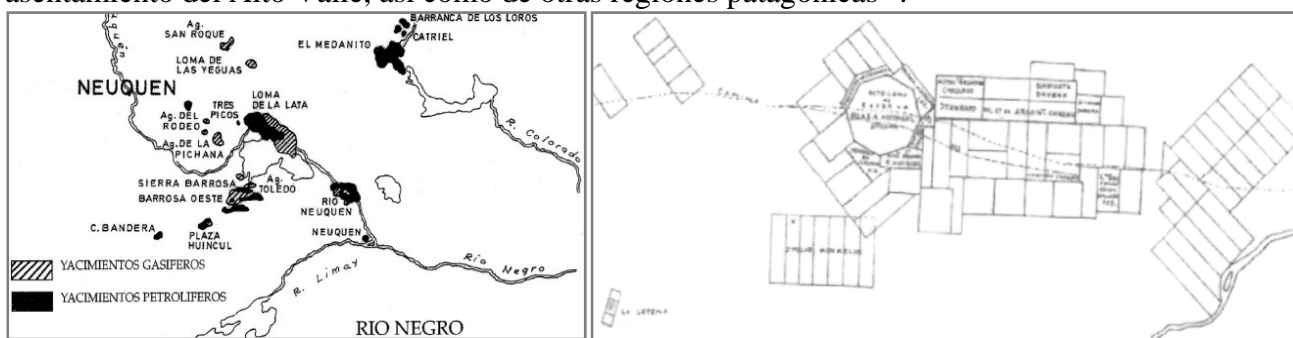


Figura 7: Yacimientos de petróleo y gas en Neuquén y subdivisión catastral en Plaza Huincul.
Fuentes: Neuquén, una geografía abierta y Historia del petróleo en la Argentina

Por otro lado, es necesario prestar atención a la actitud de la empresa ferroviaria ante tal acontecimiento. En aras de un crecimiento constante de su infraestructura, F.C.S contempla unos costes desmesurados en materia de combustible. Que además oscilan anualmente en función del precio del carbón en el mercado internacional. Ante esta perspectiva, las principales compañías ferrocarrileras del país se unen para constituir la *Compañía Ferrocarrilera* dedicada a la explotación petrolera, con la que intentan reducir la dependencia carbonífera. De este modo, empiezan a habilitar locomotoras impulsadas por la combustión de productos derivados del petróleo. Reduciendo considerablemente los costes y la dependencia energética del sector.

El avance técnico es significativo, sin embargo queda lejos de los grandes proyectos hidroeléctricos asociados a la infraestructura ferroviaria que se desarrollan en otros países a principios del siglo

XX³⁶. I que hubiesen aportado a la región unos beneficios muy superiores. De hecho, los grandes proyectos de construcción de presas y embalses en los ríos Neuquén y Limay, destinados a la producción de energía eléctrica, no se materializan hasta los años '60 –aportando a día de hoy, hasta un 40% de la energía hidroeléctrica nacional-. Es por ello que todas las localidades del Alto Valle han requerido de la instalación de usinas eléctricas –de carbón o petróleo- para abastecerse energéticamente hasta la década de los '70 –Cipolletti (1923), Neuquén (1929), etc.-. Evidentemente, la abundancia de recursos petroleros no solo ha retrasado el avance técnico y la industrialización de la región, sino que también ha jugado en contra de los intereses de la Nación. Manteniéndola con unos niveles de dependencia de los recursos fósiles inexplicable. Con todo, la implementación de la infraestructura se realiza en un momento en que el área metropolitana valletana ya estaba consolidada y no supuso en ella variaciones notables en cuanto a su organización territorial.

Síntesis

Como síntesis, se puede afirmar que las actuaciones promovidas por el Gobierno de la Nación para colonizar la región del Alto Valle, obtuvieron un efecto poblador muy por debajo de las expectativas generadas. Solamente con la intervención de sociedades privadas, formadas principalmente con capital internacional, e interesadas en obtener rendimientos de sus inversiones, empiezan a cuajar las medidas colonizadoras. De este modo, es necesario destacar el papel de la empresa de capital británico Gran Ferrocarril del Sud. Que ejerció el papel de constructora y explotadora de la infraestructura ferroviaria, constructora de las obras de regulación de avenidas y irrigación de tierras, así como promotora de diferentes microproyectos encaminados a mejorar la productividad agrícola, la cuantía de las exportaciones y la calidad de vida de los habitantes del Alto Valle. En segundo lugar, es de merecer la acción de las sociedades cooperativas creadas por empresarios locales y con la finalidad de autogestionar pequeñas infraestructuras imprescindibles para el buen funcionamiento agrícola. Por último, cabe destacar la compañía pública YPF, encargada de la extracción petrolífera. Dicha compañía aporta importantes ingresos a la región, así como al Estado. Ejerciendo a su vez de administración local y ofreciendo a sus trabajadores todos los servicios públicos requeridos.

Agrupando las diferentes iniciativas según su contribución a la colonización y poblamiento del Alto Valle podemos identificar cuatro modelos territoriales de referencia. En primer lugar, el modelo denominado “del aislamiento militar al poblamiento de colonias agrícolas y pastoriles”. En el que destacan las iniciativas gubernamentales para liberar el territorio de los indígenas y establecer los primeros pobladores. Aunque no consiguen más que asentamientos aislados. A continuación, aparece el modelo “la colonización territorial entorno la línea del Gran Ferrocarril del Sud”. Donde prevalece la construcción de la infraestructura ferroviaria y de caminos entorno las estaciones, por la compañía de capital británico, y entorno las cuales se van fundando colonias agrícolas y pequeños poblados ferroviarios. Es también en esta etapa cuando los primeros colonos empiezan a organizarse en cooperativas para financiar las primeras infraestructuras hidráulicas para el riego. El tercer modelo, “Área metropolitana de irrigación en el corredor del Alto Valle: obras hidráulicas, de comunicación y servicios”, contempla la voluntad gubernamental, ejecutada por la compañía ferroviaria, de construir las infraestructuras de regulación y irrigación. Las obras realizadas permiten convertir la estepa patagónica en suelo fértil y cultivable, permitiendo una densificación de los asentamientos y una ocupación exhaustiva de las tierras revalorizadas. Paralelamente, surge en esta etapa la evolución de las estaciones agronómicas para optimizar los cultivos y la compañía comercializadora A.F.D., ligada también a la empresa británica. El último modelo: “Las ciudades y campamentos del petróleo”, representa la radicación en la región de un conjunto de asentamientos que operan con una lógica autónoma, y cuya actividad se centra en la explotación de recursos naturales. Dichas localidades, aún y inducir importantes inversiones para la región no acaban de integrarse en el funcionamiento metropolitano, limitándose a facilitar su abastecimiento energético y a mejorar la economía neuquina.

A modo de resumen, se han agrupado las principales actuaciones infraestructurales implementadas en la región en el cuadro siguiente:

Modelo	Actuación	Promotor	Año
$\alpha 2$	Campaña militar “Conquista del Desierto” y construcción de fuertes de protección.	Gobierno	1879-84
$\alpha 2$	Ley 1.265, de Remate Público para la venta de tierras en los Territorios Nacionales.	Gobierno	1882
$\alpha 2$	Construcción del primer canal de riego: Canal Roca (o de los Milicios).	Particular	1884
$\alpha 2$	Ley 1.628, de Premios Militares que ofrece tierras a los militares que deseen trabajarlas.	Gobierno	1885
$\alpha 2$	Ley 4.167, de Tierras para unificar las condiciones de acceso a la tierra. Obligación de formar cooperativas para gestionar el riego.	Gobierno	1903
β	Construcción del ferrocarril Bahía Blanca –Neuquén, y del puerto Ingeniero White.	F.C.S	1896-02
β	Aparición de los primeros promotores de suelo privados	Particular	1902
β	Ley 5.315 para la creación del Fondo de Caminos a partir de los beneficios obtenidos por las empresas ferroviarias.	Gobierno + F.C.S	1908
β	Constitución de las primeras cooperativas de riego. Promoción de suelo mancomunada y realización de pequeños canales.	Particular + F.C.S	1907
$\gamma 1$	Ley 6.546 de Irrigación, con la finalidad de articular una red de riego.	Gobierno	1906
$\gamma 1$	Ley 5.559 de Fomento de los Territorios Nacionales, con la finalidad de realizar las obras de regulación del río Negro y afluentes..	Gobierno	1908
$\gamma 1$	Construcción de las obras de regulación.	F.C.S	1908-10
$\gamma 1$	Construcción de las obras de irrigación.	F.C.S	1910-32
$\gamma 1$	Primeras estaciones agronómicas (Km 1156 y La Picasa).	Particular + F.C.S	1912-18
$\gamma 1$	Creación de A.F.D (comercializadora de productos agrícolas para exportación).	F.C.S	1928
$\gamma 2$	Descubrimiento del petróleo en Plaza Huincul y decreto de la reserva fiscal.	Gobierno	1918
$\gamma 2$	Creación de la empresa pública YPF e inicios de la explotación petrolera.	YPF	1922
$\gamma 2$	Primeras usinas eléctricas para abastecer municipios y el ferrocarril.	YPF+ Part. + F.C.S	1923

Cuadro 5: Principales actuaciones infraestructurales para colonizar la región patagónica del Alto Valle clasificadas según promotor y años de implementación.

Notas

¹ Extracto de Gómez & Solà, 1977.

² Wright, 1980.

³ En 1981, Tarragó dedicó un número de la revista *2c. Construcción de la ciudad*, a la colonización del territorio argentino, aunque el análisis se centraba en las regiones pampeana y norte.

⁴ Extracto de Herce, 2010.

⁵ El trabajo de Taaffe, que es recogido años más tarde en el libro “Geography of Transportation”, teoriza sobre el desarrollo de las redes de transportes en Ghana hasta mediados del siglo XX.

⁶ Vapnarsky, 1983.

⁷ Se llamaba Territorios Nacionales a aquellos territorios ganados militarmente, que posteriormente acaban convertidos en provincias durante la década de los años cincuenta.

⁸ Bonnahom, 2001.

⁹ Vapnarsky, 1983.

¹⁰ El salario mensual de un peón era de veinte pesos, el de un soldado doce y el de un presidiario seis (Gorla, 1973. Citado en Vapnarsky, 1983).

¹¹ Rögind, 1937.

- ¹² Fuentes extraoficiales valoran la obra en más de 15 millones de pesos (Rögind, 1937).
- ¹³ Rögind, 1937.
- ¹⁴ Roca, 1981.
- ¹⁵ Vapnarsky, 1983.
- ¹⁶ Vapnarsky, 1983.
- ¹⁷ Vapnarsky, 1983.
- ¹⁸ Mases, 1985.
- ¹⁹ Rögind, 1937.
- ²⁰ Concepto definido por Cuéllar, como “núcleos de población que nacieron ex novo por una vinculación muy estrecha a la llegada del ferrocarril, (...)”.
- ²¹ Un claro ejemplo de la misma casuística es: “El proyecto colonizador de Raimat: la formación de un viñedo (1914-1948)” de Jordi Martí-Henneberg y Francesc Nadal.
- ²² Rögind, 1937.
- ²³ Albers, 1996.
- ²⁴ Aparte de la Revista del Ferrocarril Sud, publican libros como *La agricultura en el Valle del Río Negro* escrito por Emilio Barcía Trelles en 1918.
- ²⁵ Winderbaum, 2005.
- ²⁶ El mismo autor en una publicación posterior (Vapnarsky, 1987), demuestra la materialización efectiva del área metropolitana del Alto Valle que en este modelo se apunta.
- ²⁷ Rögind, 1937.
- ²⁸ Rögind, 1937.
- ²⁹ Kloster, 1995.
- ³⁰ Rögind, 1937.
- ³¹ Extracto de Vapnarsky, 1983.
- ³² Concepto desarrollado por Arturo Soria, que define un modelo de organización de la ciudad basado en la unión de núcleos urbanos por medio de una línea de ferrocarril.
- ³³ Alvarez, 2008.
- ³⁴ Algunos ejemplos de compañías radicadas son *Standard Oil*, de capital norteamericano, *Astra*, de capital mayoritariamente alemán, etc.
- ³⁵ Alvarez, 2008.
- ³⁶ Gangolells, 2008.

Bibliografía

ALBERS, Christoph. *Planificación Comunal en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina*. Berlin: Technische Universität Berlin, 1996. 243p.

ALVAREZ, Eduard. *Las ciudades y los puertos del petróleo en la Patagonia Argentina: la creación de un sistema urbano alrededor de un sistema infraestructural*. Tesina de grado dirigida por Francesc Magrinyà. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2008. 169 p.

BARCÍA, Emilio. *La agricultura en el Valle del Río Negro*. Buenos Aires: Ferro-Carril del Sud, 1918. 58p.

BLANCO, Graciela. Las explotaciones ganaderas en la Patagonia: sujetos sociales, articulación comercial y organización socio-espacial. In BANDIERI, Susana. *Hecho en Patagonia: la historia en perspectiva regional*. Neuquén: EDUCO – Universidad Nacional del Comahue, 2005, p.155-189.

BONNAHOM, E. et al. Acceso a la tierra pública en el territorio de Neuquén. Departamento de Confluencia (1880-1904). In MAIDA, Esther. *Neuquén. La ocupación de tierra pública en el departamento Confluencia después de la Campaña al Desierto (1880-1930)*. Neuquén: UNCOMA, 1981, p.15-43.

CUÉLLAR, D. et al. Historia de los poblados ferroviarios en España. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 2005. 400p.

- GANGOLELLS, Berenguer. *Els territoris del negoci elèctric. El model Pearson i la seva aplicació a Sao Pablo, México D.F., Río de Janeiro i Barcelona*. Tesina de grado dirigida por Francesc Magrinyà. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2008. 155 p.
- GÓMEZ, José y DE SOLÀ, Manuel. Crecimiento urbano como inversión en capital fijo. El caso de Barcelona (1840-1975). *Ciudad y Territorio*. 1977, n°2, p.53-62.
- HERCE, M. et MAGRINYÀ, F. *La ingeniería en la evolución de la urbanística*. Barcelona: Edicions UPC, 2002. 236p.
- HERCE, M. *Sobre la movilidad en la ciudad*. Barcelona: Editorial Reverté, 2010, 328p.
- KLOSTER, Elba. Las colonias agrícolas y los vaivenes de la fruticultura. In COLANTUONO, Maria. *Neuquén. Una geografía abierta*. Neuquén: UNCOMA, 1995, p.165-181
- MARTÍ-HENNEBERG, J. et NADAL, F. El proyecto colonizador de Raïmat: la formación de un viñedo (1914-1948). *Historia Agraria*, 2000, n° 22, p.159-180.
- MASES, Enrique. Origen y evolución del riego en Neuquén Capital 1912-1920. *Boletín del Departamento de Historia*, 1985, n°6. p.5-16.
- ROCA, Juan Carlos. Acción pública y privada en la urbanización de la nueva capital del Neuquén – La sociedad anónima “Nueva España”, In MAIDA, Esther. *Neuquén. La ocupación de tierra pública en el departamento Confluencia después de la Campaña al Desierto (1880-1930)*. Neuquén: UNCOMA, 1981, p.53-72.
- RÖGIND, William. *Historia del Ferrocarril Sud*. Buenos Aires: Ferrocarril Sud, 1937. 692p.
- TAAFFE, Edward, et al. Transport Expansion in Underdeveloped Countries: A Comparative Analysis. *Geographical Review*, 1963, vol. 53, n° 4, p.503-529.
- TARRAGÓ, Salvador. La colonización del territorio argentino.1975-1925. 2c. *Construcción de la ciudad*. Barcelona: Grupo 2c, 1981, n°19.
- VAPNARSKY, César. *Pueblos del norte de la Patagonia 1779-1957*. Fuerte General Roca: Editorial de la Patagonia, 1983. 368p.
- VAPNARSKY, C. et PANTELIDES, E. *La formación de un área metropolitana en la Patagonia. Población y asentamiento en el Alto Valle*. Buenos Aires: CEUR, 1987. 349p.
- WINDERBAUM, Silvio. Río Negro: una fragmentación espacial... perfectamente organizada. In BANDIERI, Susana. *Hecho en Patagonia: la historia en perspectiva regional*. Neuquén: EDUCO – UNCOMA, 2005, p.279-299.
- WRIGHT, Winthrop. *Los ferrocarriles ingleses en la Argentina. Su influencia en el nacionalismo económico 1854-1948*. Traducción OSSORIO, Josefina. Buenos Aires: Emecé S.A., 1980. 336p.

Article 8: Ferrocarril i distribució de població: Dades SIGH i indicadors per a l'anàlisi espacial. (pp. 1-21)

FERROCARRIL I DISTRIBUCIÓ DE POBLACIÓ

DADES SIGH I INDICADORS PER A L'ÀNÀLISI ESPACIAL

Martí-Henneberg, Jordi

Alvarez-Palau, Eduard J.

Resum

La irrupció dels Sistemes d'Informació Geogràfica aplicats a la recerca històrica (SIGH) sobre demografia i infraestructures han evolucionat molt els darrers anys. La creació de noves cartografies SIGH amb atributs permeten implementar models per calcular indicadors espacials que obren noves vies d'investigació. En el present treball pretenem mostrar alguns d'aquests indicadors que es poden implementar sobre la xarxa ferroviària, per tal de contrastar-los amb les dades de població disponibles i testar la possibilitat d'establir correlacions estadístiques. A mode d'exemple es mostraran casos d'estudi específics on s'han implementat indicadors de densitat, dotació, cobertura, accessibilitat o fractalitat per obtenir variables quantitatives que permetin la comparativa. En segona instància, es proposarà un abordatge invers. És a dir, considerant la infraestructura ferroviària com a invariable, es mostraran indicadors que es poden implementar sobre les variables població i urbanització, per tal de comprendre els efectes mutus que s'han generat al llarg dels anys.

Introducció

Aquest treball es refereix a l'impacte de la xarxa ferroviària sobre la distribució de la població i la urbanització. Se situa dins un àmbit més ampli de reflexió sobre com les infraestructures de transport han configurat els canvis en el territori al llarg de la història. En aquest sentit, l'anàlisi de la xarxa ferroviària és especialment rellevant donat que es va estendre ràpidament per Europa a partir de mitjan segle XIX. Es constituí així una xarxa de transport completament diferenciada de la resta (carreteres, vies navegables i ports, principalment) i que no tingué rival en termes d'eficiència en el transport de passatgers i mercaderies. Aquesta situació es mantingué fins l'eclosió de l'automòbil, que no prengué però el lideratge definitiu fins després dels anys 1960s¹. Comptem doncs amb un ampli període (1840 – 1940) en que el ferrocarril era el mitjà de transport central allà on estava implantat, fet que aporta interès al nostre estudi.

És un fet acceptat que el ferrocarril fou essencial per entendre la geografia de la població i de la producció. Hi ha aportacions clàssiques que mostren de forma convincent aquesta interrelació. En termes generals, els treballs coincidien en que la dotació de ferrocarril facilità el comerç, l'especialització productiva, la integració dels mercats, el moviment de persones, la urbanització i el

¹ Antrop (2004: 12) identifica les primeres autopistes als anys 1930s, no obstant la millora general de la xarxa de carreteres en quan a millores de traçat i del ferm no arribaria fins als 1960s. L'acotació exacta del fenomen dependria del país, però majoritàriament es considera la II Guerra Mundial (1939-1945) com a punt d'inflexió, sent necessari acotar els estudis als anys 1940s.

turisme, entre d'altres aspectes. Tots ells elements importants en la configuració de la nostra societat moderna.

En aquesta línia, la nostra recerca planteja obtenir una visió de conjunt sobre aquesta interrelació a Europa, analitzant casos d'estudi de diverses geografies i períodes temporals. Per donar aquest pas ha sigut imprescindible entrar en l'àmbit del HGIS. La disposició d'aquestes noves bases de dades han permès estudis quantitius i de detall a diferent escala. A partir d'aquí ha sigut possible posar en evidència la interrelació entre els increments de població i l'accés al servei ferroviari.

Amb tot, el present treball s'estructura començant per una introducció prèvia, que aquí es desenvolupa. La secció següent es dedicarà a la presentació de l'estat de l'art i els principals resultats obtinguts en altres estudis. Posteriorment es presentaran les dades actualment disponibles en format SIGH, tant ferroviàries com de població. Aquesta és la fase en que es troba actualment aquest projecte de recerca, del que es presentaran exemples diversos d'aplicació a l'apartat quart. Finalment, es discutirà el paper dels SIGH en la disciplina i les limitacions i oportunitat que suposa el seu ús.

Estat de l'art

Tractarem en el present apartat dos aspectes. Per una banda les bases de dades sobre ferrocarrils i població a Europa des d'una òptica nacional i en perspectiva històrica. En segona instància, s'enunciaran els principals treballs que intenten quantificar l'impacte de la xarxa ferroviària sobre la població i urbanització. Ambos casos estan centrats en l'ús de SIGH per plantejar les anàlisis espacials, de forma que la bibliografia citada és relativament recent.

Fins al moment, son nombrosos els països que han realitzat inversions importants per crear bases de dades SIG històriques a escala nacional. Des de l'òptica demogràfica, aquestes bases tendeixen a contenir informació sorgida dels censos nacionals relatius als segles XIX i XX. La georeferenciació d'aquestes dades convé fer-la sobre les fronteres administratives de cada època, doncs son nombrosos els canvis soferts al llarg dels dos darrers segles. D'igual forma, s'han dedicat esforços significatius per dissenyar metodologies que permetin emprar les dades per explorar canvis al llarg del temps. Tant sigui de forma agregada com aïllant certes variables que podrien condicionar les anàlisis. Els canvis de frontera citats en serien un exemple clar (Gregory et al. 2002, Martí-Henneberg 2005, Gregory et al. 2010). La majoria d'avanços es centren per tant en la recollida de dades i en els tractaments metodològics que permeten homogeneïtzar les variables per a permetre comparatives entre regions i països.

Els treballs monogràfics sobre ferrocarrils no seran desenvolupats aquí en detall, donat que ja s'han tractat de forma extensa en publicacions prèvies (Morillas 2012 i 2014, Martí-Henneberg 2013). En aquestes s'expliquen detalladament les bases de dades cartogràfiques de partida, els procediments de georeferenciació dels elements i els seus atributs, les capes digitals que contenen la informació homogeneïtzada i, fins i tot, anàlisis descriptives dels principals resultats descriptius emanats de l'evolució de la xarxa ferroviària des de 1830 fins a 2015. Altres xarxes com les vies navegables es troben també identificades i georeferenciades en certs períodes temporals. Sembla doncs que les carreteres principals, els ports o els aeroports poden ser també afegits en SIGH per maximitzar el potencial explicatiu d'aquests models.

En el context acadèmic, els ferrocarrils han estat estudiats majoritàriament des d'una òptica nacional i regional. La seva influència sobre la societat moderna i el desenvolupament econòmic ha estat tractada per historiadors econòmics, geògrafs i historiadors, entre d'altres especialistes. La principal

discussió passa per determinar si els efectes causats sobre el territori han estat més o menys beneficiosos (Fogel 1964), suggerint models per intentar obtenir variables que permetin quantificar aquesta interrelació.

En contrast, el paper dels ferrocarrils en la nostra temàtica, la geografia de la població, ha tendit a quedar relativament oblidada. Fins al moment, s'han portat a terme algunes aproximacions interessants però si es volen aconseguir resultats destacats caldrà recórrer als estudis analítics. Les bases de dades SIG georeferenciades i els instruments de modelització estan a disposició per ser explotats de forma imminent, facilitant així un aprofitament de tot el potencial disponible. El nostre bagatge dels darrers anys així ho acredita.

Tals estudis requereixen de la combinació de dos elements SIG: la xarxa ferroviària i la distribució de població a nivell municipal. Com es veurà posteriorment, els resultats obtinguts mostren clarament l'impacte dels ferrocarrils en el període immediatament anterior al desenvolupament a gran escala dels modes de transport privats motoritzats. En termes territorials, els resultats han revelat també l'influència positiva dels ferrocarrils sobre les àrees ben servides en comparació amb les que mostren nivells d'accessibilitat deficients.

L'obtenció d'aquestes noves bases està induint la proliferació de línies de recerca amb diferents aproximacions i resultats. Els països europeus són els més tractats fins al moment. A Espanya, per exemple, es disposa de bases de dades acurades que faciliten l'anàlisi, permetent l'aplicació de models econòmics. Per un costat, Franch et al. (2013, 2014) van realitzar un contrast entre l'àrea de cobertura de les línies i el creixement acumulatiu de població en el període 1900-2001. Els resultats mostren que les àrees sota influència directa del ferrocarril van créixer més o créixer menys que la resta, com ara les regions rurals que han sofert importants pèrdues de població. D'altra banda, Barquín et al. (2013) estudià la influència del ferrocarril sobre la població en el període 1860-1910, tenint en compte altres variables com la indústria, la mineria o la distància a la costa. Les conclusions indiquen que les localitats connectades al ferrocarril van experimentar un creixement fins a un 60% superior a la resta.

Finlàndia és un altre país on les dades històriques disponibles han permès obtenir GIS amb alts nivells de precisió. Kotaavara et al. (2011) van estudiar la relació entre accessibilitat ferroviària, i amb altres mitjans, respecte la població. Es demostra que l'accés al ferrocarril i una bona accessibilitat multimodal estarien correlacionats amb els increments de població a nivell municipal.

Per al cas de Suècia, Berger i Enflo (2013) va aplicar un model econòmic sobre una variable creada per quantificar les diferències de població entre ciutats connectades i no connectades al ferrocarril en el període 1855-1970. L'autor estima que els ferrocarrils van condicionar fins un 50% el creixement econòmic urbà, així com la morfologia urbana resultant. Per al cas de Prússia, Hornung (2013) va aplicar també un model econòmic per mesurar els efectes sobre el creixement urbà entorn les estacions entre 1840 i 1871. Els resultats mostren també que el ferrocarril no va ser purament un resultat del creixement econòmic previ de les ciutats sinó que va ser, per si mateix, un agent dinamitzador.

Altres precedents importants serien les aportacions de Schwartz et al. a França (2011a), entre 1850 i 1914, o Gales (2011b) en el període 1820-1911. En el cas francès aplica un model de Regressió Geogràfica Ponderada. Mentre que en el cas gal·lès parteix d'una comparativa entre el creixement mitjà de població i la distància a l'estació més propera, per concloure que en el període 1860-1880 es detecten creixements de població per sobre de la mitjana en les localitats situades a menys de 2 km

d'una estació. Altres autors com Gregory et al. (2010) o Felis-Rota (2012) haurien implementat també estudis similars al Regne Unit.

Més recentment s'han començat a implementar treballs que focalitzen en Europa de forma conjunta. Caruana i Martí-Henneberg (2013) van portar a terme una anàlisi econòmica, relacionant la densitat de la xarxa a nivell regional amb l'evolució del GDP. També en aquest cas es demostra una correlació positiva entre variables.

En la mateixa línia, però fora d'Europa, s'ha contribuït també a les discussions metodològiques que permeten aprofundir en el coneixement. Es disposa dels treballs referits als EUA (Atack, 2008, 2010, 2011) o a l'Amèrica del Sud (Herranz, 2009, 2011, 2014), on es compara la dotació ferroviària amb el creixement del GDP seguint els postulats de l'economista G. Solow. La contribució del ferrocarril al creixement sostingut del GDP es demostra també positiva en aquest cas.

Bases de dades històriques sobre ferrocarrils i població

La propera secció presenta els aspectes més innovadors del procés de compilació de bases de dades històriques portat a terme. Resulta un aspecte clau, donat que la recerca en curs i el seu potencial futur depenen del seu abast i precisió.

Es descriuen les dades referents a la xarxa ferroviària europea i a la població dels diferents països. Totes elles es troben recollides en el marc del projecte HGISE, creat com a compendi de diferents projectes d'investigació portats a terme els darrers anys i en col·laboració amb diferents universitats europees².

Dades ferroviàries a escala europea

Entre les diferents infraestructures de transport existents, probablement la ferroviària sigui de les més fàcilment documentables. Al projectar-se sobre rails resulta relativament senzill identificar el traçat seguit a través del territori. La disposició d'estacions com a nodes de connexió amb els assentaments fa que es puguin localitzar exactament les entrades i sortides al sistema. A més, la necessitat de disposar de potents locomotores per transportar els vagons fa que únicament es pugui funcionar com a transport col·lectiu, implicant tota possibilitat de transport individual. Podem identificar doncs tres tipus d'infraestructures que caracteritzen el funcionament ferroviari des de la perspectiva de l'oferta de transport: traçat de les línies, ubicació de les estacions i serveis habilitats a través de la línia.

La bondat de les bases de dades ferroviàries dependrà de la seva capacitat d'incloure aquestes tres variables. A major precisió de les dades més potents seran els models de càlcul i més fiables els indicadors que conformen les variables d'estudi.

Una primera aproximació a les bases de dades ferroviàries a escala europea es pot trobar en el marc del projecte HGISE. La plataforma constitueix un recull exhaustiu de totes les línies ferroviàries de via ampla que han operat a Europa des de la dècada de 1830 fins a l'actualitat. Cada línia es troba digitalitzada i georeferenciada per facilitar la seva visualització, però també l'obtenció d'atributs

² Creada a partir de diferents projectes de recerca liderats per J. Martí-Henneberg, entre els que destaquen: "HGISE: a platform analysing transport, population and socioeconomic data for Europe (1850-2010). The case studies of England & Wales and the Iberian Peninsula" o "The Development of European Waterways, Road and Rail Infrastructures: A Geographical Information System for the History of European Integration".

emanats de càlculs espacials senzills, com la longitud de xarxa. Al mateix temps, s'ha incorporat també altres atributs com els anys en que cada línia ha estat operativa, la tipologia de trànsit que hi transita (passatgers, mercaderies o mixt) o altres variables com l'ample de via. D'aquesta forma es faciliten els càlculs espacials posteriors.

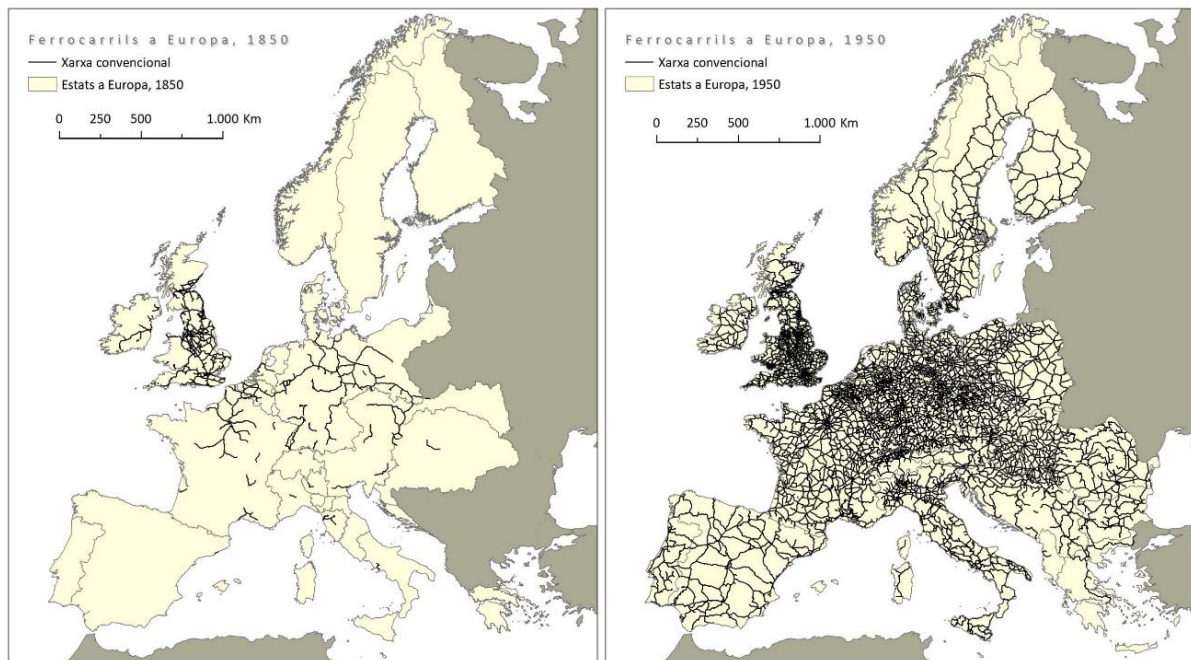


Figura 1: Estat de la xarxa ferroviària de via ampla a Europa els anys 1850 i 1950. Font: Morillas (2014).

La plataforma ha esdevingut una potent eina per desenvolupar anàlisis espacials capaços de comparar no només els diferents països europeus, sinó també les seves regions o ciutats. Depent del tipus d'indicador que es vulgui mesurar es podrà quantificar a una escala o altra, obtenint sempre resultats homogenis i comparables.

Disposar d'una base de dades amb totes les línies ferroviàries és un gran pas endavant, no obstant falta encara moltes millores per portar a terme. L'addició de les línies de via estreta seria una fita important, així com les xarxes metropolitanes de tramvies i metro. La localització d'estacions amb atributs sobre l'any d'inici i tancament seria de gran interès per entendre la interacció de la xarxa ferroviària amb el territori. La disposició de taules d'horaris i freqüències de serveis, permetria també conèixer aspectes determinants com la velocitat comercial de circulació o la capacitat de transport per unitat de temps.

De la mateixa manera, es podria incloure informació referent a la demanda de transport que s'exercia sobre la xarxa, tant en termes de passatgers com de mercaderies. Aquests indicadors permetrien quantificar no només la utilitat i el nivell de servei de les diferents línies, sinó també plantejar una primera aproximació a la rendibilitat econòmica de cada ferrocarril. En qualsevol cas, aquesta és una tasca que requerirà de grans esforços, tant per la dimensió dels treballs com per la necessitat d'establir metodologies adequades d'homogeneïtzació i extrapolació de dades des d'un punt de vista temporal i espacial.

La variable població en perspectiva històrico-espacial

Les dades bàsiques de població estan disponibles en els censos oficials. La majoria de països europeus van començar a recollir dades de població a mitjans del segle XIX i en intervals de deu anys. Com és lògic, aquestes bases de dades parteixen de sistemes de recollida i classificació diferents, però tenen un comú denominador: inclouen informació sobre població total a nivell municipal. Això constitueix un indicador únic de l'activitat humana, doncs inclou dades comparables tan geogràfiques com històriques per a tots els Estats. És doncs possible transferir aquesta informació a SIGH, emprant sistemes de georeferenciació per assignar els atributs corresponents a cada municipi. El resultat seria una base de dades que podria ser emprada en noves anàlisis de diferent índole. La taula 1 mostra les fonts primàries disponibles per als països de l'Europa occidental. Com s'indica al peu, aquestes dades estan sent recollides i digitalitzades progressivament en el marc de diferents projectes.

Taula 1. Fonts i disponibilitat de dades de població a nivell municipal per països³.

Country	Name of units	Number of units	Period
Austria*	Gemeinde	2,357	1869-2011
Belgium*	Commune / Gemeente	589	1831-2011
Finland*	Kunta	336	1880-2011
France*	Commune	36,570	1801-2011
Italy*	Comune	8,100	1920-2011
Luxembourg*	Commune	116	1821-2011
Norway*	Kommune	430	1769-2011
Portugal*	Cidades / Freguesias	4,042	1864-2011
Spain*	Municipio	8,114	1877-1911
Sweden*	Stad / Församling	1,646	1810-1911
Switzerland (1)	Commune	2,624	1870-2011
England/ Wales (1)	Civil parish	11,847	1801-1861
Netherlands(1)	Gemeente	441	1830-2011
Denmark (2)	Byer	1,451	1896-2011
Scotland (2)	Civil parish	870	1841-2011
England/ Wales**	Civil parish	11,847	1871-2001
Germany (3)	Stadt / Gemeinde	11,710	1870-2011

Font: Recerca pròpia basada en fonts primàries disponibles als instituts d'estadística municipal. (*) Quan les dades han estat georeferenciades i homogeneïtzades. (**) Dades només georeferenciades o només homogeneïtzades. (1) Dades en format editable. (2) Dades en format no editable. (3) Dades en format editable, però només per a les àrees urbanes.

El contingut de la taula 1 constitueix la base per a futurs treballs que requereixin l'ús de SIGH. Les xifres de població total són una referència comparable al llarg de la història. Els canvis dràstics poden ser llegits com a indicadors de transformacions econòmiques i socials, en les que més tard es pot aprofundir. Com veurem a la secció sobre el nostre cas d'estudi, és necessari comptar amb dades detallades (a nivell municipal) per obtenir resultats rellevants. El problema és que aquest exercici implica un gran esforç en recollir dades i l'explotació d'aquestes comporta un repte metodològic important.

³ Característiques de les dades originals i de les bases de dades. Les fonts primàries emprades en el nostre SIGH van ser homogeneïtzades per dècada, emprant els anys acabats en '0. El nombre total de municipis ha canviat constantment. Les dades municipals han estat assignades a punts georeferenciats en mapes, partint de les seves coordenades espacials.

Els principals indicadors que s'utilitzen referits a la població són la distribució territorial, en termes absoluts o de densitat per unitat de superfície, o els increments de població percentuals, sempre cada deu anys. D'aquesta forma, es poden crear noves variables i correlacionar-les matemàticament amb els indicadors ferroviaris de forma diversa. Una altra variable íntimament relacionada amb la població i que pren especial rellevància en aquest tipus d'anàlisi és la urbanització. El propi fenomen de creixement de les ciutats, tant en població com en superfície, permet realitzar lectures espacials d'especial interès en relació a les infraestructures de transport que donen servei a la ciutat o als seus barris.

A partir de totes aquestes dades i possibilitats d'anàlisi, el que es planteja en aquesta recerca és passar de la descripció de l'evolució de la geografia de la població a intentar determinar els factors que l'expliquen. Això ens ha portat a integrar, a part de la variable ferroviària, altres indicadors a nivell municipal que permetin captar informació complementària. Geogràficament, per exemple, es treballa amb variables estimatives de l'altitud, la rugositat del terreny o la distància a la costa. Políticament, s'incorpora també variables com la distància a les fronteres nacionals o el factor capitalitat de les localitats. Totes elles son emprades com a variables de control en l'anàlisi estadística implementada.

Interaccions espacials entre ferrocarrils i població: Estudis de Cas

La pregunta que orienta aquesta recerca és: Podem identificar un comportament específic de la població en les àrees servides pel ferrocarril? I més en concret: Es pot quantificar en quines àrees i períodes aquesta interrelació és més clara?

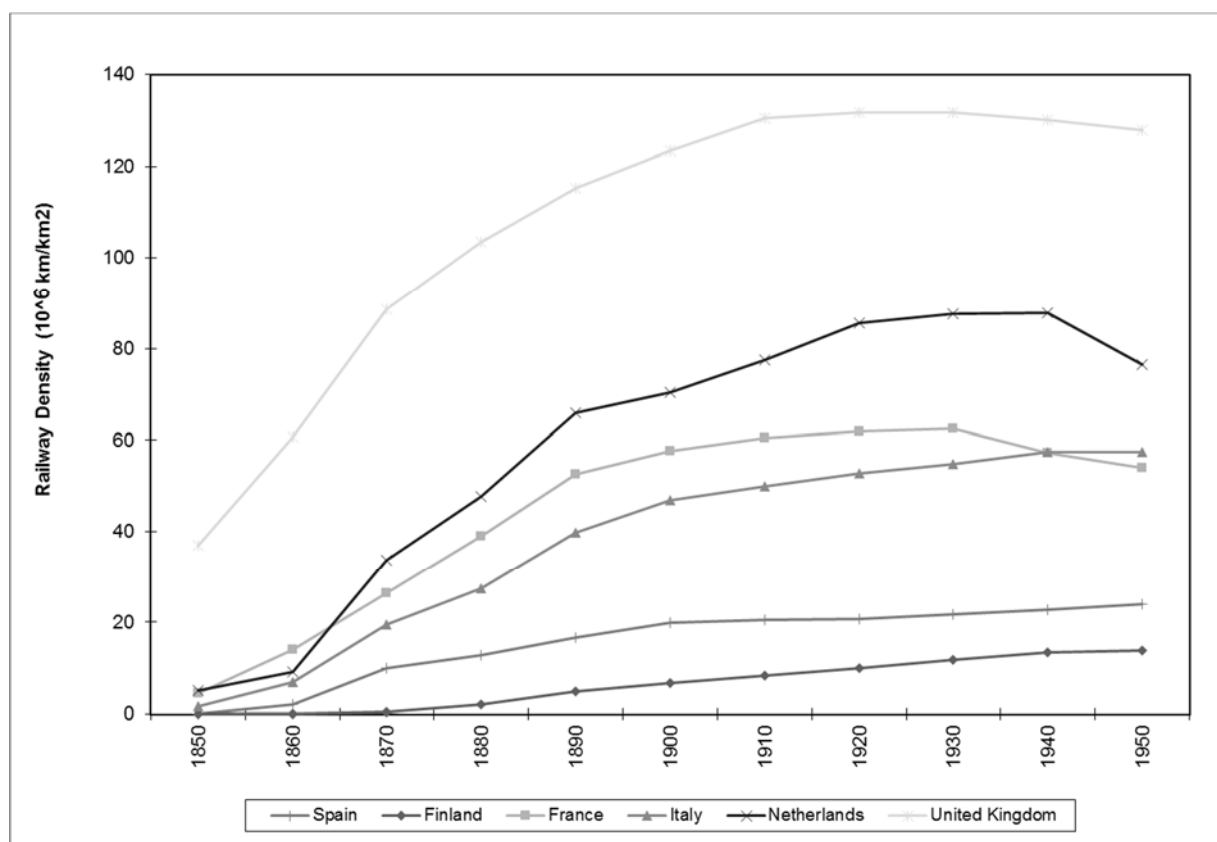
El nostre grup d'investigació ha utilitzat les bases de dades ferroviàries i poblacionals per tal de realitzar diferents tipus d'anàlisi. A continuació es desenvolupen algunes de les metodologies desenvolupades per tal d'obtenir models de càlcul que permetin crear variables basades en les dades històriques. Les diferents anàlisis son focalitzades en casos específics, de forma que es facilita la comprensió dels resultats, al mateix temps que es mostra el potencial dels indicadors exposats.

En total es mostraran cinc grans grups d'indicadors diferents, els quatre primers basats en la infraestructura ferroviària i el cinquè en la urbanització de les ciutats. En primer lloc es detallen els indicadors simples clàssics: longitud, densitat i dotació ferroviària. Tots ells es poden calcular fàcilment sense necessitat de disposar de SIG, no obstant les bases de dades georeferenciades faciliten enormement tant el càlcul com la presentació dels resultats. En segona instància s'exposen els indicadors que tenen com a finalitat mesurar la morfologia de la xarxa: fractalitat i índex de rodeig. La fractalitat s'utilitza en aquest cas per mesurar la decaiguda infraestructural vinculada a la distància al centre en les àrees urbanes. L'índex de rodeig, en canvi, es planteja com a indicador capaç de quantificar l'increment de recorregut que fa la xarxa entre dos nodes en relació a la distància en línia recta. Així s'obté una idea de l'interès suscitat per connectar diferents ciutats. El tercer grup està caracteritzat pels indicadors de cobertura ferroviària. Aquesta variable dicotòmica indica si un territori es troba cobert o no pel ferrocarril. En quart lloc, es descriuen els indicadors d'accessibilitat, que mesuren el temps o el cost entre cada parell de nodes d'una xarxa. Aquests indicadors poden mostrar-se de forma agregada a escala estatal o desagregada entorn cada ciutat. No obstant, el seu càlcul resulta més complicat, arribant a requerir el desenvolupament de models espacials complexos. Per últim, s'afegeix un darrer grup d'indicadors que funcionen de forma inversa. Considerant la infraestructura ferroviària com a invariant, intenten quantificar el creixement urbà per veure si ha estat condicionat per la traça de la línia o l'estació.

Indicadors simples: Longitud, densitat i dotació ferroviària

L'indicador més simple i utilitzat per determinar la disponibilitat d'infraestructura ferroviària és la **longitud total** de la xarxa. Aquest indicador es calcula mitjançant la suma de la longitud del conjunt de línies que es troben en un territori, i permet conèixer l'evolució infraestructural al llarg del temps. A nivell europeu, la base de dades HGISE, anteriorment citada, permet calcular de forma immediata aquest indicador i emprar-lo com a variable en anàlisis posteriors.

Paral·lelament, si es volen mostrar resultats comparatius entre territoris s'observa que l'indicador longitud no és prou indicatiu. Les regions europees son molt diferents en termes de superfície, població o economia; cosa que dificulta el contrast directe. A tal efecte, es tendeix a normalitzar la longitud de xarxa en funció de la superfície de la regió en estudi (**densitat ferroviària**) o de la seva població (**dotació ferroviària per càpita**), tot i que també podria fer-se mitjançant indicadors econòmics com el PIB (dotació ferroviària per PIB). Això permet arribar a comparatives molt més precises i focalitzades.



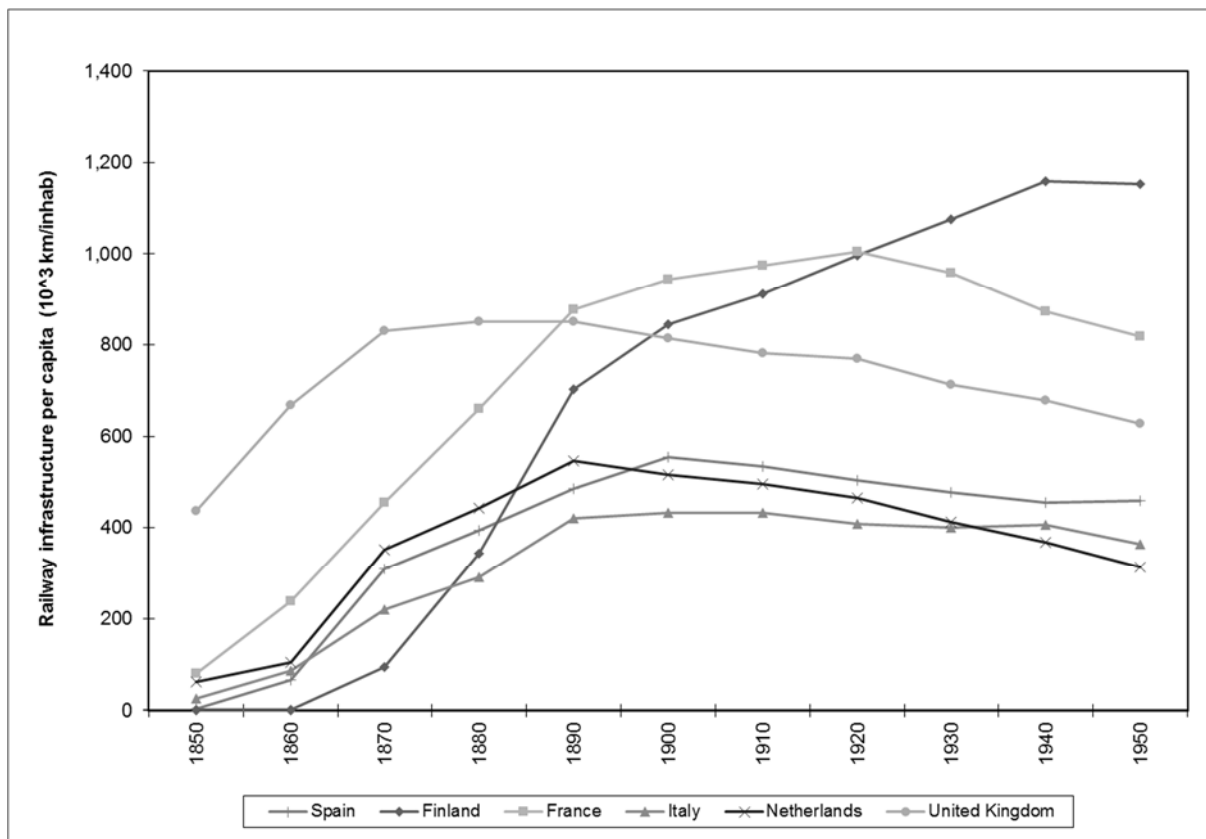


Figura 2. Estudi comparatiu de la densitat ferroviària i la dotació ferroviària per càpita en alguns països europeus. 1850-1950. Font: Elaboració pròpia.

La figura 2 posa de manifest la gran divergència entre ambdós indicadors. La densitat ferroviària mostra una disposició infraestructural molt diferent entre països. El Regne Unit mostra nivells de densitat molt elevats en tots els períodes, distant notablement de la resta de països. Els Països Baixos, França o Itàlia estarien a continuació, tot i la gran diferència de superfície de cada regió. I, finalment, trobaríem els països perifèrics com Espanya o Finlàndia, amb densitats relativament baixes. L'interessant del cas, però, és que en termes de densitat s'observa poques alteracions del rang de cada país, sent un indicador força estable.

El segon gràfic mostra una situació molt diferent. Tot i que el Regne Unit mostrava nivells elevats durant les primeres dècades, a finals del segle XIX es veu superat per França i Finlàndia en quan a dotació infraestructural per càpita. Aquest fet es podria explicar per un fort creixement demogràfic britànic, i probablement també una major utilització de la xarxa. Al mateix temps, cal tenir present la extensió del país fins en relació a la baixa densitat poblacional, cosa que explica el fort creixement sofert. Itàlia, els Països Baixos o Espanya mostren en aquest cas nivells de dotació molt més baixos i constants.

Indicadors de morfologia de la xarxa

Si els indicadors de l'apartat anterior es limitaven a normalitzar la variable longitud mitjançant altres variables complementàries, en aquest cas s'intenta anar una mica més enllà i extreure informació relativa a la morfologia de la xarxa. Per fer-ho, s'ha generalitzat l'ús d'indicadors més evolucionats que

intenten donar una visió més acurada de la forma que adquireix la infraestructura i de la eficiència que mostra en termes territorials.

Per exemple, es pot definir en primer lloc l'indicador de **fractalitat**. Sorgit del concepte matemàtic que porta el mateix nom, els fractals són elements creats de forma teòrica per descriure la forma de determinats objectes de la natura. En aquest cas, es proposa la seva aplicació per mesurar el desplegament espacial de les xarxes ferroviàries metropolitanes. La hipòtesis principal seria que la dotació infraestructural, així com la població, decau a mesura que ens allunyem del centre de la ciutat. En aquest sentit, es debat si mantenint una relació fractal constant entre longitud de xarxa i territori servit es s'aconseguiria nivells uniformes de població, desvirtuant el poder explicatiu del centre en termes de centralitat.

La formulació de l'indicador s'especifica a continuació. I l'aplicació pràctica del mateix sobre cinc ciutats balcàniques: Bucharest, Sofia, Zagreb, Ljubliana i Athens es mostra a la figura 3.

$$I_{fi} = \frac{\log(\sum_{j=1}^i L_j)}{\log(\sum_{j=1}^i S_j)}$$

On:

I_f	Indicador de fractalitat
L	Longitud de xarxa acumulada en la corona circular i (km)
S	Superfície coberta acumulada en la corona circular i (km ²)

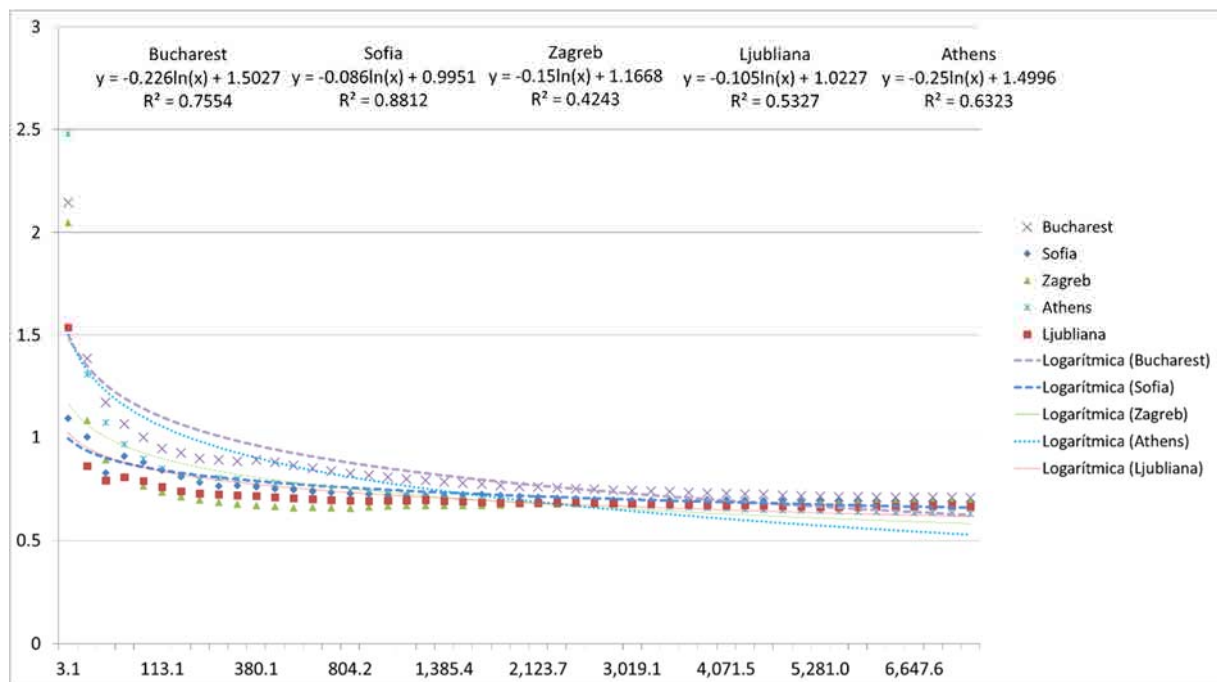


Figura 3. Decaiguda de l'indicador de fractalitat de la xarxa ferroviària (eix y) en relació a la superfície coberta pels cercles concèntrics cada 1,000 metres respecte el centre urbà. Font: Pròpia.

L'anàlisi dels resultats mostra una tendència logarítmica inversa clara. A prop del centre urbà la dotació infraestructural és molt major que a la perifèria, on tendeix a estabilitzar-se. Territorialment significa que únicament les primeres corones es troben correctament connectades i amb nivells d'accessibilitat bons. La perifèria urbana es troba poc dotada, resultat que podria estar entrelligat a la decaiguda poblacional. El nivell de mallat de la xarxa, per exemple, explicaria bé aquest efecte. A les ciutats de Bucharest, Sofia o Athens, la presència de metro ajuda a mallar més la xarxa central i

potenciar aquest fenomen, denotant nivells de significació superiors de les corbes ferrocarril – superfície coberta.

En la mateixa línia, però amb la voluntat de mesurar la bondat de les relacions regionals entre nodes, s'utilitza l'**índex de rodeig**. Aquest indicador es determina de forma puntual entre dos nodes (o localitats) d'una xarxa mitjançant la divisió entre la distància que les separa a través de la xarxa ferroviària en relació a la distància en línia recta. D'aquesta forma s'aconsegueix determinar la voluntat del planificador de la xarxa i la utilitat de la infraestructura per donar un servei adequat. No obstant, en aquest cas cal tenir en compte certs condicionants, com la morfologia del terreny o altres accidents geogràfics.

L'indicador en qüestió va ser calculat entre les ciutats capital dels diferents països balcànics emprats per l'exemple anterior (taula 2) l'any 1920, a efectes de poder analitzar els resultats obtinguts.

Taula 2. Índex de rodeig calculat entre capitals de diversos països balcànics.

	Athens	Bucharest	Ljubliana	Sofia	Zagreb
Athens	-	2.54	1.51	1.99	1.50
Bucharest			1.47	2.85	1.50
Ljubliana				1.27	1.25
Sofia					1.27
Zagreb					-

Font: Elaboració Pròpia.

Tal i com es desprèn de l'índex de rodeig resultant, s'observa que la xarxa ferroviària balcànica mostrava una malla densa al nord i escassa al sud. Tanmateix denota una clara estructuració nord-sud però no est-oest. La connexió d'Athens amb Bucharest o Sofia, en contrast amb les de Ljubliana o Zagreb, així ho demostra. Fins i tot destaca la relació Bucharest – Sofia, localitats separades pel tram inferior del riu Danubi i que no va ser creuat fins als anys 1950s. Les relacions entre capitals més septentrionals i no separades pel Danubi: Ljubliana, Sofia i Zagreb mostren els millors índexs.

Més enllà dels propis resultats numèrics, sembla que l'indicador mostrat podria oferir resultats interessants en quan a la interconnexió de mercats de les ciutats connectades. O el que seria el mateix: la integració econòmica i comercial entre els països que representen.

Indicadors de cobertura ferroviària

Els models de cobertura intenten crear un índex que permeti classificar qualitativament la distància des del territori fins una infraestructura de transport per tal d'estimar el temps d'accés a la mateixa, i en conseqüència la seva utilitat. En la literatura moderna, es tendeix a calcular mitjançant cercles concèntrics entorn els punts d'accés de la infraestructura, és a dir les estacions. Es considera la superfície, o la població, que es troba dintre el buffer com a coberta per la xarxa. El sumatori de totes aquestes superfícies constitueix l'àrea servida en un país o regió, que es contraposa amb la no servida. Aquesta variable pot ser modulada segons el radi que es decideixi aplicar al buffer.

De forma genèrica, es considera que una xarxa ferroviària dona cobertura a un territori quan aquesta li facilita el servei. És a dir, si es compleix la relació matemàtica següent (Alvarez-Palau et al. 2013):

$$P_i \in C_{Pf} \text{ si } \exists E_j \text{ tal que dona servei a } P_i$$

On:

P_i representa la població del node i .

C_{Pf} és el conjunt de poblacions amb cobertura ferroviària

E_j representa l'estació j .

Una forma alternativa per abordar el càlcul la van desenvolupar els propis autors, testant un model de cobertura per les civil parish de tot Anglaterra y Gales des de 1871 fins a 1931. En aquest, es diferenciava 5 nivells de cobertura: 1) no disposició d'estació a menys de 2 hores, 2) estació més propera entre 1 i 2 hores, 3) estació més propera a menys de 1 hora, 4) disposició d'una estació, 5) disposició de 2 o més estacions a la civil parish. Gràficament, el resultat obtingut es mostra a la figura 4.

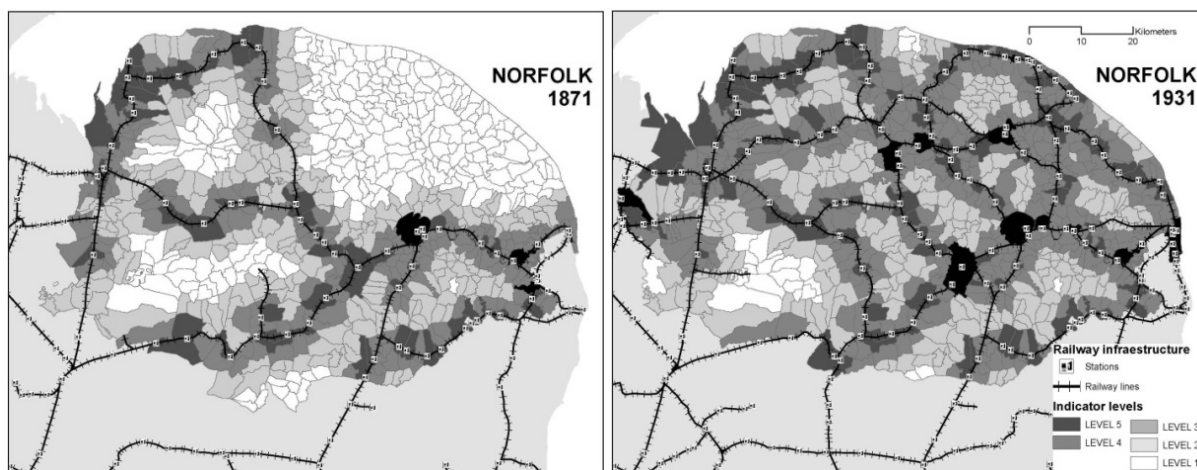


Figura 4: Distribució espacial de l'indicador de cobertura ferroviària a la regió anglesa de Norkfolk entre 1871 i 1931. Font: Alvarez et al. (2013)-

El realment interessant del cas és la correlació resultant entre l'indicador de cobertura i la variable increment de població. L'anàlisi de les parishes que no havien sofert canvis de cobertura entre dues dècades, des de 1901 fins a 1931, demostra que aquelles amb nivells de cobertura baixos (1 i 2) tendeixen a perdre població (mitjana de -0.32%); els de nivell de cobertura intermedi (3 i 4) tendien a guanyar població lentament (0.29%); mentre que les parishes amb 2 o més estacions guanyaven població i amb taxes considerablement superiors (0.87%).

El problema principal d'aquesta metodologia és que són escassos els països europeus que disposen de bases de dades SIGH sobre obertures i tancaments d'estacions. El cas espanyol, per exemple, únicament disposa de registres d'obertura i tancament de línies. S'han hagut d'adoptar certes simplificacions de l'indicador anterior. Franch (2013 i 2014), per exemple, va emprar la distància a la línia ferroviària com a base per estimar la cobertura. Aquesta metodologia permet fer una primera aproximació quan no es disposa de dades suficients, però convé definir bé la distància que es considera coberta.

La figura 5 mostra un exemple d'aquest indicador simplificat. En aquest cas s'ha considerat una distància de 10 km al voltant dels ferrocarrils en funcionament en diferents períodes: 1890, 1920 i 1970. En l'anàlisi s'ha identificat també una variable complementària: l'origen del capital promotor de

cadascuna de les línies. És a dir, el país des d'on han sortit els recursos econòmics i els professionals encarregats de tirar endavant els projectes ferroviaris.

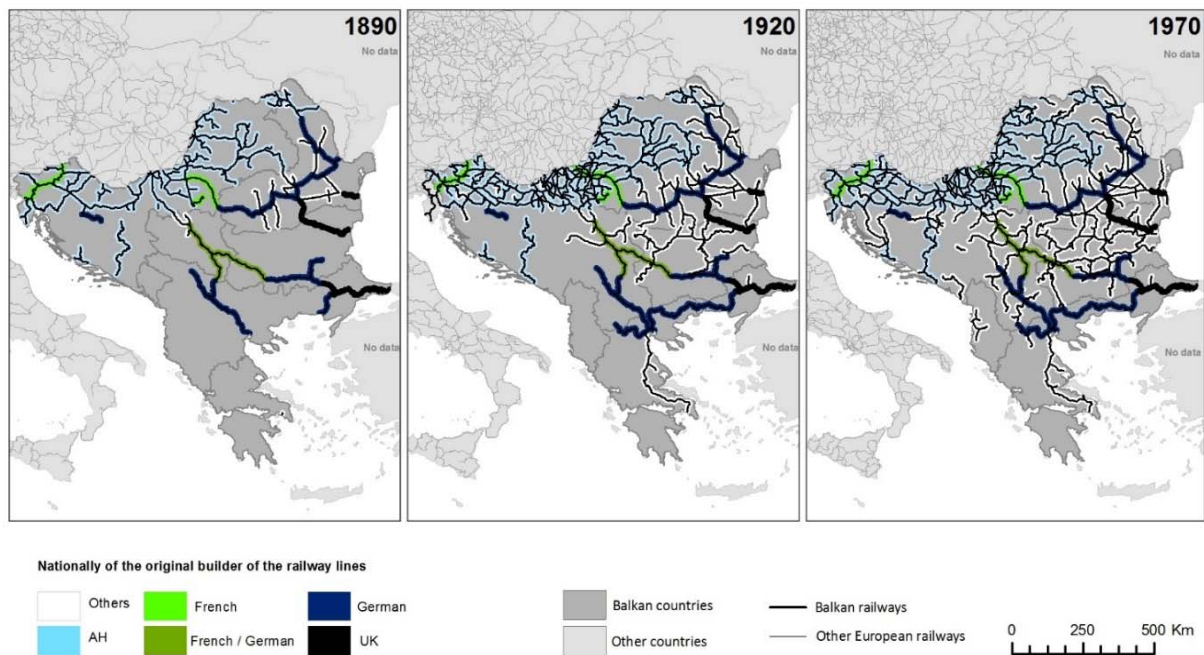


Figura 5. Cobertura ferroviària als països balcànics diferenciant segons l'origen del promotor de les línies. 1890, 1920 i 1970. Font: Stanev (2016)

La lectura del mapa anterior permet constatar que la xarxa ferroviària va ser impulsada inicialment per capitals estrangers, que tenien com a finalitat creuar la regió completament per connectar als ports mediterranis i al continent asiàtic. Únicament els territoris pertanyents a l'imperi austrohongarès mostraven un creixement endogen. En endavant, es redueix notablement la inversió internacional i es comencen a articular xarxes fortament mallades a nivell nacional, però amb poques interconnexions frontereres. Es constata així el canvi des d'un sistema integrat basat en el comerç internacional, cap a un segon model fragmentat i centrat en el transport a escala nacional.

Indicadors d'accessibilitat ferroviària

Els models d'accessibilitat pretenen generar indicadors que incorporin el temps de viatge dels desplaçaments realitzats a través de la xarxa ferroviària. Per calcular-los s'aplica un sumatori de tots els temps que conformen el viatge complet: accés a la xarxa ferroviària, espera, recorregut, etc. Concretament, la formulació matemàtica d'aquest indicador es mostra a continuació:

On:

$$IAG_j = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ji}}{n-1}$$

IAG_j és l'Índex d'Accessibilitat Generalitzada calculat pel node j .

N és la suma de localitats en estudi (univers)

C_{ji} és la matriu de cost d'accés mínim des del node j fins al node i

$$C_{ji} = t_{\text{accés estació}} + t_{\text{espera}} + t_{\text{trajecte}} + t_{\text{accés node } i}$$

$$t_{\text{trajecte}} = t_{\text{viatge } 1} + t_{\text{transbord } 1} + \dots + t_{\text{transbord } k-1} + t_{\text{viatge } k}$$

El resultat del càlcul per a cada node correspon a la mitjana dels valors de cadascuna de les files de la matriu de costos C_{ij} , i es representa per un valor discret que determina el cost o temps mig d'accés des d'aquest cap a la resta del territori. L'agrupació de tots els valors forma un vector de dimensió $1 \times n$.

Analitzant dades històriques, en comptes d'actuals, no sempre resulta possible calcular adequadament tots els termes de l'equació, sent necessari aplicar simplificacions. El temps d'accés a l'estació no es pot calcular mitjançant enquestes, sinó que cal estimar el temps de viatge mig des de cada localitat. El temps d'espera és una variable totalment aleatòria, doncs depèn de cada individu així com dels transbordaments requerits. El temps de viatge pot ser estimat mitjançant taules d'horaris, però no sempre se'n disposa. La velocitat comercial, el sistema tractor o el nombre de vies per línia són també variables difícilment estimables. Sembla doncs evident que caldrà plantejar càlculs aproximats mentre es segueixen millorant les bases SIGH actuals.

Desenvolupant l'indicador d'**accessibilitat generalitzada** per a tot el territori d'Anglaterra i Gales, entre 1871 i 1931, s'obté la representació gràfica que es mostra a la figura 6 següent.

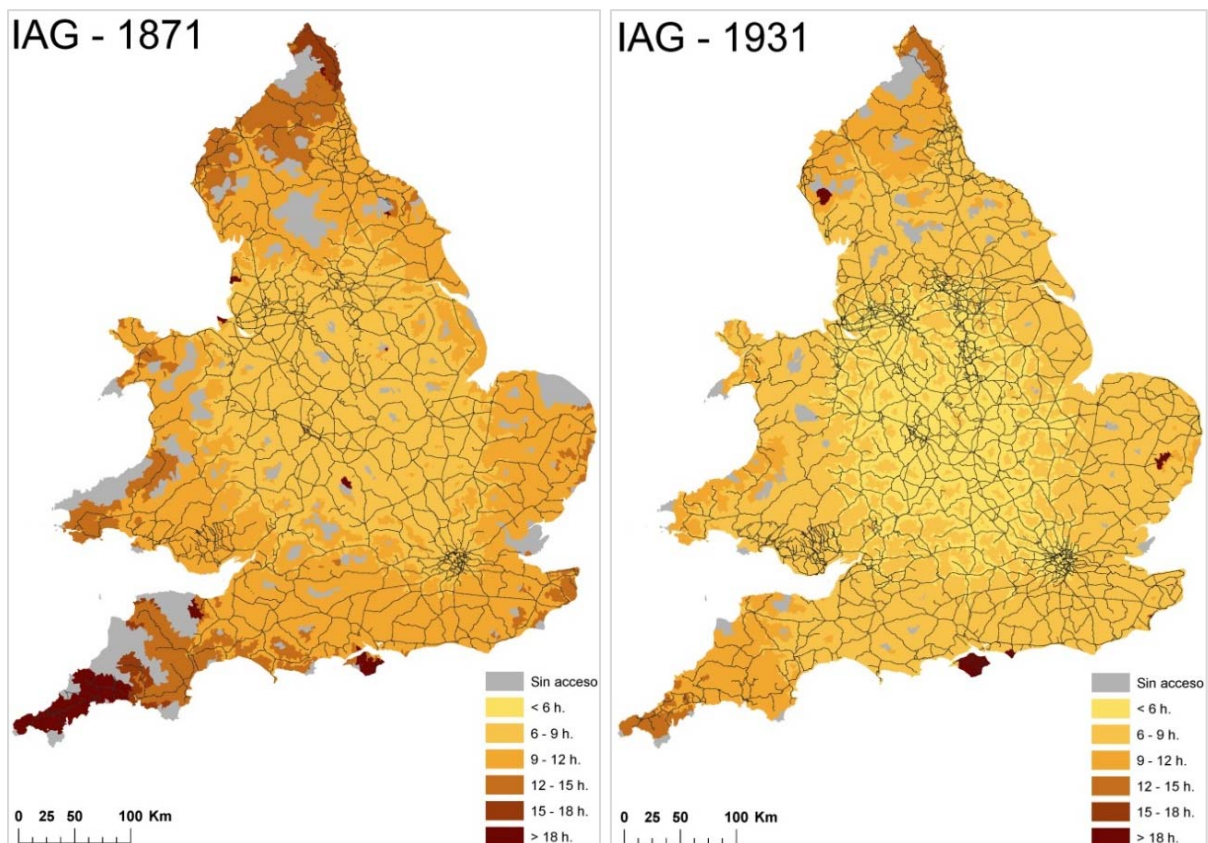


Figura 6. Índex d'accessibilitat generalitzada calculat per Anglaterra i Gales els anys 1871 i 1931. Font: Alvarez i Aguilar (2015).

Els resultats mostren com la progressiva densificació de la xarxa ferroviària redueix el temps de trajecte mitjà des de cada node del territori a tota la resta. D'aquesta forma, al 1871 s'observa que determinades regions es trobaven a un temps mitjà de més de 18h de la resta de localitats, o fins i tot algunes no estaven connectades. Si s'analitza la figura de 1931 pràcticament tot el territori estava connectat i majoritàriament a menys de 15h de mitjana. A part, més que els valors màxims, resulta sorprenent centrar l'atenció en els mínims. Al 1931 pràcticament tota la zona insular situada entre el

Gran Londres i el conglomerat industrial de Manchester – Liverpool es troba a menys de 6h d'accessibilitat mitjana; valors que al 1871 no s'assolien en camp regió. Això permet fer-se una idea de les millores aportades per la xarxa ferroviària sobre el territori.

La mateixa anàlisi pot plantejar-se a escala local, mostrant també resultats interessants. La figura 7 mostra la representació gràfica de l'índex d'**accessibilitat puntual** des de la ciutat anglesa de Cambridge. Si en el cas anterior es mostraven valors mitjans de l'indicador, en aquest es mostra el temps de trajecte des del centre urbà cap a la perifèria i a través dels mitjans de transport. En aquest sentit, al haver-se emprat les estacions en el càlcul, és evident que els municipis amb cobertura mostraran valors inferiors de temps de trajecte.

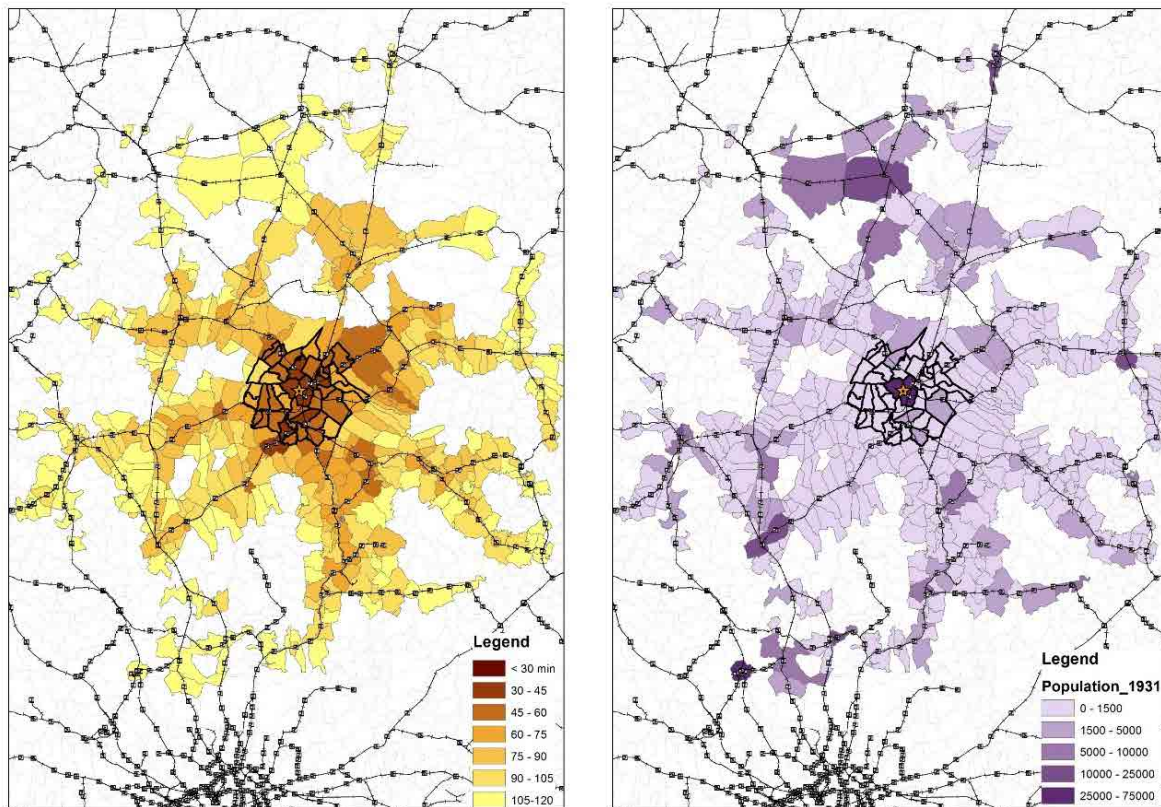


Figura 7. Índex d'accessibilitat puntual calculat des del centre urbà de Cambridge (fins a 2h de trajecte) l'any 1931. A la dreta, es mostra la distribució de població en les mateixes civil parish. Font: Elaboració pròpia.

El gràfic d'accessibilitat és molt suggeridor. Atenent a la gradació de colors s'observa clarament que les parishes més properes són les que concentren millors valors d'accessibilitat, com és lògic. Ara bé, si s'observa la diferent gradació de colors entorn la infraestructura ferroviària es posa de manifest el fenomen d'anisotropia territorial induït. Les parishes amb cobertura ferroviària disposen de bons nivells d'accessibilitat respecte el node central. En canvi, altres localitats no connectades, tot i estar més a prop geogràficament, es podria considerar que no estan cobertes i són marginades espacialment.

L'interessant del cas és el creuament dels indicadors ferroviaris amb els poblacionals de forma espacial. Cambridge, com a ciutat central, mostrava nivells de població molt superiors als de la seva perifèria, on es detecta un clar decreixement amb la distància al centre. El primer gràfic de la figura 8 així ho indica. Ara bé, introduint la variable accessibilitat en comptes de la distància al centre, s'observa que la correlació logarítmica obtinguda millora el nivell de significació de 0,4011 fins a 0,4555. A part, es comencen a detectar fenòmens de polinuclearisme territorial, doncs les localitats importants passen a estar més ben connectades entre elles.

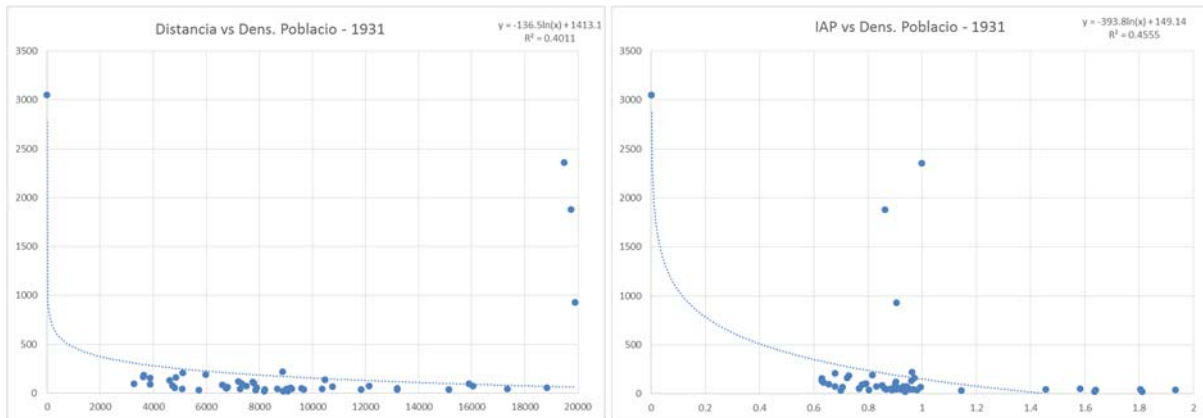


Figura 8. Correlació entre distància al centre i densitat de població a Cambridge, l'any 1931. A la dreta correlació entre índex d'accessibilitat puntual i densitat de població. Font: Elaboració pròpia.

Més enllà de les pròpies correlacions mostrades per aquest cas en concret, l'anàlisi plantejada permet estudiar de forma clara la distribució espacial de la població en el territori per causa de la disposició dels ferrocarrils. L'anisotropia creada i el fenomen de decaïda poblacional poden ser assumits tal i com es presenten. Ara bé, també poden ser revertits aplicant polítiques urbanístiques i de transports adequades en pro d'una major homogeneïtat del territori. En qualsevol cas, el contrast de l'accessibilitat amb la població no deixa de ser un instrument vital per entendre aspectes de la vida quotidiana com la mobilitat urbana, la gestió de serveis municipals o el propi urbanisme.

Indicadors referents al procés d'urbanització

Identificats els principals indicadors que es poden aplicar sobre la xarxa ferroviària, en aquest apartat es desenvoluparan indicadors aplicats sobre la variable urbanització per analitzar la seva evolució com a resultat de l'impacte de la infraestructura ferroviària. És a dir, es planteja la problemàtica inversa, considerant invariant el ferrocarril i llegint el procés d'extensió de la trama urbana de les ciutats en relació al ferrocarril.

Aquesta anàlisi, s'ha portat a terme per estudiar el creixement de diverses ciutats mitjanes catalanes des de l'arribada del ferrocarril fins a l'actualitat (Alvarez et al. 2016). En termes generals, en la majoria de casos es seguia un patró de creixement per etapes idèntic o molt similar. En primera instància, cal entendre que la majoria d'aquestes ciutats disposaven de traçats allunyats del centre i amb estacions passants. La primera reacció urbana a l'arribada del ferrocarril va ser concentrar el creixement en direcció a l'estació, bé sigui entorn un passeig o arribant a constituir importants eixamples. Una vegada colmatats els terrenys disponibles començava a sorgir un efecte de contenció del creixement en direcció al ferrocarril, que repercutia en un creixement entorn les vies però sense superar-les. Poc després, i per tal d'aprofitar la centralitat de l'estació, certes activitats industrials comencen a radicar-

se a l'altre costat de les vies junt a sectors residencials per obrers de baixa renda. Iniciat el procés de salt, la infraestructura passava a ser una barrera al correcte desenvolupament urbà, de forma que es van començar a projectar passos transversals. La solució aportada no sempre era suficient, de forma que molts municipis comencen a plantejar-se la necessitat d'integrar la infraestructura ferroviària. Projectes de soterrament, variants ferroviàries o canvis d'ubicació de l'estació son algunes de les solucions plantejades. En qualsevol cas, poques son les ciutats que aconsegueixen recursos per portar-les a terme.

La quantificació d'aquest fenomen ha portat a plantejar indicadors de creixement urbà en relació al ferrocarril. En aquest sentit, resulta bàsic disposar d'una potent base SIGH, que contingui informació del procés d'expansió urbana. Els mapes urbans històrics obren un filó important per tal d'aconseguir aquest propòsit. Si es disposa de suficients plànols no resulta complicat documentar el creixement urbà i intentar mesurar-lo.

Partint de la reconstrucció urbana, el programari SIG permet implementar operacions vectorials espacials sobre el creixement urbà. D'aquesta forma, es pot establir un centre geogràfic de la ciutat abans de l'arribada del ferrocarril i calcular com ha anat creixent la ciutat en funció de la ubicació de cada nou sector, ponderant per la seva superfície. És a dir, mitjançant una formulació com la següent:

$$\vec{I}_c = \frac{\sum_{i=1}^n (\vec{v}_i \cdot S_i)}{\sum_{i=1}^n S_i}$$

para $i= 1, 2, \dots, n$

On:

V_i és el vector entre el centroide urbà i els polígons de creixement.

S_i és la superfície de cada polígon de creixement.

V_e és el vector entre el centroide urbà i l'estació.

L'aplicació d'aquest indicador a la ciutat espanyola de Vic entre 1860 i 2001, ofereix els resultats gràfics que es mostren a la figura 9.



Figura 9. Representació gràfica de l'indicador de creixement urbà direccionat per a la ciutat de Vic. Font: Solanas et al. (2015)

Analitzant els resultats, s'observa clarament que des de la construcció del ferrocarril fins als anys '30 del segle XX, el creixement de la ciutat va estar clarament marcat per la direcció que unia el centre amb l'estació. A partir d'aquest moment, el creixement comença a ser menys dependent del ferrocarril, fins que a l'última etapa apareixen sectors autònoms, que poc tenen a veure amb la disposició de la ciutat preexistent o la infraestructura ferroviària.

En resum, una vegada construït el ferrocarril es va observar una gran influència de la infraestructura sobre el creixement urbà. La majoria de les localitats analitzades per Solanas et al (2015) mostren un clar creixement en direcció cap a l'estació. A mesura que s'anaven colmatant els terrenys urbans on créixer, es tendia a l'expansió entorn de les vies fins que s'habilitaren els passos necessaris. Quan aquestes infraestructures no es van habilitar prou ràpid es va donar l'efecte contrari: apareixien sectors de creixement de la ciutat de forma continua però en sentit invers a l'estació. I finalment, una vegada la societat va tendir cap a modes de transport motoritzats individuals, com l'automòbil, la ciutat continua es va trencar i van començar a aparèixer sectors de creixement en forma de polígons aïllats.

Síntesis i reflexions finals

El conjunt d'exemples desenvolupats en el present treball posen de manifest la importància dels SIGH per a la comprensió dels fenòmens espacials històrics. En el cas plantejat aquesta aportació es centra en els diferents processos d'interrelació entre infraestructures ferroviàries i distribució de població, arribant a demostrar una forta vinculació espacial entre ambdós variables. Per fer-ho es desglossen un seguit d'indicadors aplicables sobre el ferrocarril que permeten obtenir variables explicatives, al mateix temps que facilitar la comprensió dels fenòmens estudiats.

A mode de reflexions finals, es detallen a continuació un seguit de consideracions sobre la temàtica estudiada amb la finalitat de millorar els procediments i metodologies actuals:

- El desenvolupament dels SIGH i la seva aplicació a l'ordenació territorial ha obert noves possibilitats per entendre l'evolució urbanística i demogràfica del territori en funció de les infraestructures de transport que li han donat servei.
- En el camp de les infraestructures de transport existeixen gran quantitat d'índex i indicadors, que requereixen de la creació de models espacials per poder ser calculats. Aquests models requereixen de gran quantitat d'atributs per a obtenir resultats exactes, no obstant al realitzar anàlisis històrics cal resoldre amb les dades disponibles, de forma que cal plantejar simplificacions raonables. Ara bé, la continua millora de les bases de dades permetrà a curt/mig termini una gran sofisticació dels models.
- Les dades obtingudes dels anàlisis poden creuar-se estadísticament o cartogràficament amb altres variables espacials per tal d'establir correlacions, contrastos o models econòmics. Aquests han de permetre establir relacions entre variables buscant la màxima significació.
- El tractament estadístic dels índexs d'accessibilitat i cobertura en relació a la població o a les seves taxes de creixement donen resultats esperançadors per entendre el vincle entre ambdues variables.
- Tot i la gran varietat d'indicadors mostrats al llarg d'aquest capítol, n'existeixen molts d'altres i probablement se'n creïn més en els propers anys. Per tant, caldrà seguir treballant en aquesta línia per tal anar millorar els resultats iterativament.

Bibliografía

Alvarez-Palau, E. J., Hernández, M. & Tort, A. (forth. 2016): Modelo morfológico de crecimiento urbano inducido por la infraestructura ferroviaria. Estudio de caso en 25 ciudades catalanas. *Scripta Nova*.

- Alvarez-Palau, E. J. & Aguilar, A. (2015): Cálculo de la accesibilidad territorial ferroviaria mediante instrumentos de análisis de redes. Aplicación en Inglaterra y Gales, 1871–1931. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, nº 15, pp. 75-104.
- Alvarez-Palau, E. J., Martí-Henneberg, J. & Franch, X. (2013): Evolution of the Territorial Coverage of the Railway Network and its Influence on Population Growth: The Case of England and Wales, 1871–1931. *Historical Methods*, 46(3), pp. 175–191.
- Atack, J. & Margo, R. A. (2011). The Impact of Access to Rail Transportation on Agricultural Improvement: The American Midwest as a Test Case, 1850-1860. *Journal of Transport and Land Use*, 4(2), pp. 5-18.
- Atack, J., Bateman, F., Haines, M. & Margo, R. A. (2010). Did Railroads Induce or Follow Economic Growth? Urbanization and Population Growth in the American Midwest, 1850-1860. *Social Science History*, 34(2), pp. 171–197.
- Atack, J., Haines, M. R. & Margo, R. A. (2008). Railroads and the Rise of the Factory: Evidence for the United States, 1850-70. *National Bureau of Economic Research*. 34p.
- Barquín, R., Pérez, P. & Sanz, B. (2013). La influencia del ferrocarril en el desarrollo urbano español (1860-1910). *Revista de Historia Económica*, 30(03), pp. 391–416.
- Berger, T. & Enflo, K. (2013). Locomotives of Local Growth: The Short -and Long- Term Impact of Railroad in Sweden. *EHES Working Papers*, (42). 43p.
- Caruana-Galizia, P. & Martí-Henneberg, J. (2013). European regional railways and real income, 1870-1910: a preliminary report. *Scandinavian Economic History Review*, 61(2), pp. 167–196.
- Felis-Rota, M., Martí-Henneberg, J. & Mojica Gasol, L. (2012). A GIS analysis of the evolution of the railway network and population densities in England and Wales, 1851-2000. In *EHA Annual Meeting, Vancouver*. 16p.
- Fogel, R. W. (1964). *Railroads and American Economic Growth: Essays in Econometric History*. Johns Hopkins Press: Baltimore.
- Franch, X., Morillas-Torné, M. & Martí-Henneberg, J. (2013). Railways as a Factor of Change in the Distribution of Population in Spain, 1900–1970. *Historical Methods*, 46(3), pp. 144–156.
- Franch-Auladell, X., Morillas-Torné, M. & Martí-Henneberg, J. (2014). The railway network and the process of population concentration in Spain, 1900-2001. *Revista de Historia Económica*, 32(03), pp. 351–379.
- Gregory I. N., Martí-Henneberg J. & Tapiador F. J. (2010). Modelling long-term pan-European population change from 1870 to 2000 by using geographical information Systems. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A*, 173(1), pp. 31-50.
- Gregory I. N., Bennett C., Gilham V. L. & Southall H. R. (2002) The Great Britain Historical GIS: from maps to changing human geography. *The Cartographic Journal*, 39, pp. 37–49.
- Herranz-Loncán, A. (2014). Transport technology and economic expansion: the growth contribution of railways in Latin America before 1914. *Revista de Historia Económica*, 32(01), pp. 13–45.
- Herranz-Loncan, A. (2011). The Role Of Railways In Export-led Growth: The Case Of Uruguay, 1870-1913. *Economic History of Developing Regions*, 26(2), pp. 1–32.

- Herranz-Loncan, A. (2009). The contribution of railways to economic growth in Latin America before 1914: The cases of Mexico, Brazil and Argentina. *AEHE – Documentos de trabajo*. DT-0903. 28p.
- Kotavaara, O., Antikainen, H. & Rusanen, J. (2011). Urbanization and Transportation in Finland, 1880-1970. *Journal of Interdisciplinary History*, XLII(I), pp. 89–109.
- Martí-Henneberg, J. (2013). European integration and national models for railway networks (1840–2010). *Journal of Transport Geography*, 26, pp. 126–138.
- Martí-Henneberg, J. (2005). The map of Europe: continuity and change in administrative boundaries (1850–2000). *Geopolitics*, 10(4), pp. 791-815.
- Morillas Torné, M. (2014). Evolució del ferrocarril a Europa i la seva influència en els canvis en la distribució de la població. El cas d’Espanya, 1848 - 2010. Universitat de Lleida. 290p.
- Morillas-Torné, M. (2012). Creation of a Geo-Spatial Database to Analyse Railways in Europe (1830-2010). A Historical GIS Approach. *Journal of Geographic Information System*, 4, pp. 176–187.
- Schwartz, R., Gregory, I. & Thévenin, T. (2011a). Spatial History: Railways, Uneven Development, and Population Change in France and Great Britain, 1850-1914, *Journal of Interdisciplinary History*, 42,1, pp. 53-88.
- Schwartz, R., Gregory, I. N. & Martí-Henneberg, J. (2011b). History and GIS: Railways, population change, and agricultural development in late nineteenth-century Wales. In *GeoHumanities: art, history, text at the edge of place* (pp. 251–266). Abingdon: Routledge.
- Solanas, J., Martí-Henneberg, J. & Alvarez-Palau, E. (forth. 2015). Estación ferroviaria y ciudades intermedias: Lectura Geo-espacial del crecimiento urbano mediante indicadores SIG vectoriales. El caso de Cataluña (1848-2010). *GeoFocus*.
- Stanev, K., Alvarez-Palau, E. J. & Martí-Henneberg, J. (forth. 2015). *Integration or Balkanization? The spatial articulation of the railway network in South Eastern Europe: 1850-2000*. European Review of Economic History.

6. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS

6.1 Esquema de les principals aportacions de la tesi

Partint de l'esquema resum d'interrelacions entre ferrocarril i sistema de ciutats emanant de l'estat de l'art (figura 10), es pot establir un mapa de les principals aportacions realitzades per aquesta tesi a la disciplina urbanística i territorial.

Disposant els diferents articles que conformen el compendi a la part inferior de la figura 15, es vinculen via connectors amb els principals elements tractats en cadascun d'ells. D'aquesta forma es posa de manifest que, tot i no haver-se pogut abastar totes les interrelacions, sí que es realitzen aportacions significatives i que han de permetre una millor comprensió dels fenòmens especificats.

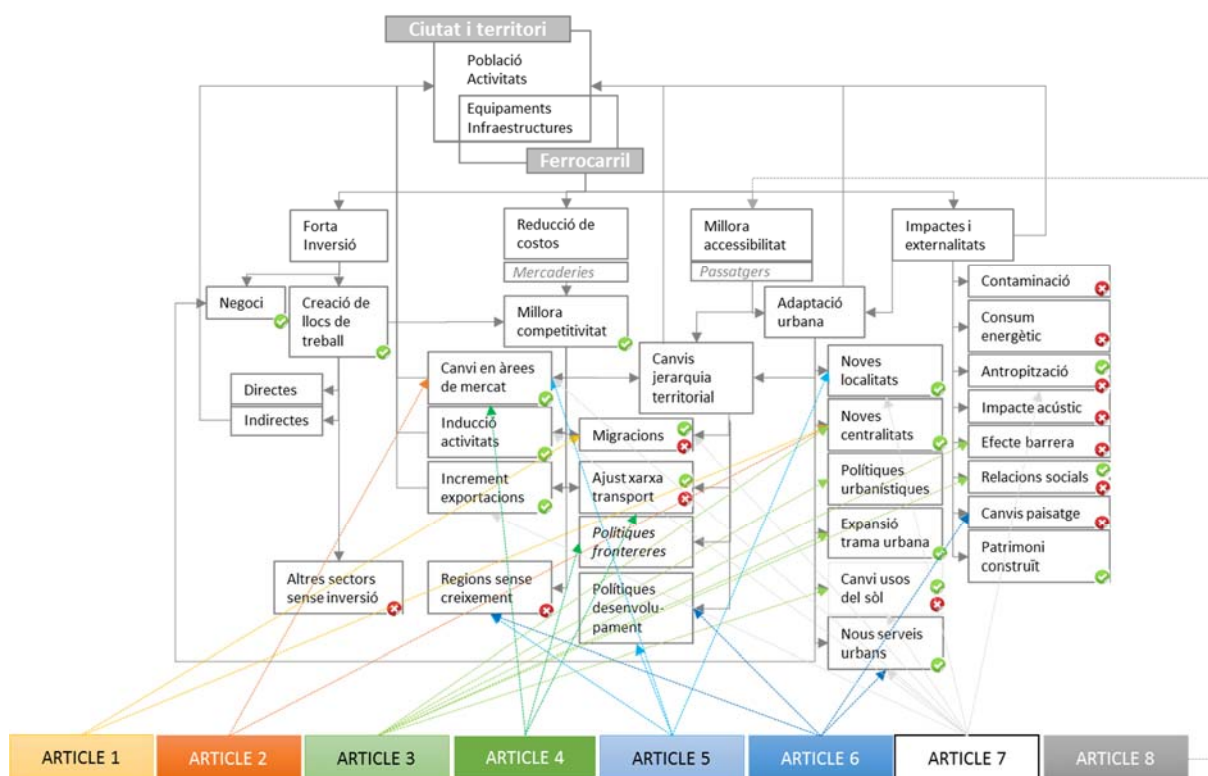


Figura 15: Esquema de connexions entre les interrelacions ferrocarril – territori i les principals aportacions de cada article del compendi. Font: Elaboració pròpia.

Les diferents aportacions es sintetitzen a l'apartat següent donant resposta a les hipòtesis generals plantejades de forma estructurada i buscant un major enteniment global dels resultats.

6.2 Conclusions

A mode de síntesi, el present apartat té com a finalitat donar resposta argumentada a la tesi i les hipòtesis plantejades per a la recerca en curs. De forma general, sembla evident que les infraestructures de transport haurien jugat un paper determinant en el desenvolupament territorial del sistema de ciutats arreu del món. El que es planteja doncs, és intentar establir quina vessant de la

relació entre variables és més clara i en quina caldria establir matisos, o posar de manifest les especificitats pròpies.

H1a. Els territoris que disposen de ferrocarril s'han desenvolupat més que els territoris sense cobertura?

En aquest aspecte la bibliografia existent manté certes divergències. La major part dels autors reafirmen que disposar d'infraestructures ferroviàries va afavorir el desenvolupament territorial, confirmant així la hipòtesis més evident.

Existeix però una corrent crítica, liderada per Fogel (1964) i altres historiadors econòmics, que mantenen la tesi que el ferrocarril no va ser tant important perquè existien altres infraestructures de transport, com vies navegables i carreteres, que haguessin permès assolir uns nivells de desenvolupament similars. La quantificació de l'estalvi social del ferrocarril l'hi permetia avalar aquest posicionament. A nivell espanyol, autors com Tortella (1973) defensen també que el ferrocarril era innecessari i que s'hauria pogut aprofitar la inversió per dinamitzar l'economia industrial, aprofitant el sistema de transport preexistent.

En qualsevol cas, el present treball aporta algunes consideracions d'interès al debat.

El primer article (Alvarez 2013) planteja una modelització de la cobertura ferroviària per a tot Anglaterra i Gales a nivell municipal entre 1871 i 1931, i es contrasta amb el creixement de població. Els resultats són clars. Els municipis que tenien dos o més estacions de ferrocarril han crescut percentualment més que aquells municipis amb una estació, que alhora han crescut més que els municipis no connectats. De fet, aquests últims són els únics que haurien mostrat taxes de creixement negatives, és a dir que haurien vist emigrar part de la seva població vers municipis més ben dotats.

Per tant, independentment de que existissin carreteres, canals i rutes marítimes ben desenvolupades, és evident que el ferrocarril va condicionar la distribució i el creixement poblacional. En concret va ser causant d'un fenomen demogràfic de polarització territorial al voltant de la infraestructura i les seves estacions.

Si assumim la variable població com a interpretativa del creixement econòmic podríem afirmar que es compleix la hipòtesis: disposar de ferrocarril va afavorir el desenvolupament econòmic.

Significa això que l'afirmació és generalitzable?

Evidentment que no. La demostració aquí plantejada es sustenta en un territori específic i en un període concret en que el ferrocarril pràcticament no tenia competència d'altres medis de transport, com el carreter o l'aeri. Només entenent les acotacions plantejades es pot arribar a entendre els resultats, però la generalització no és trivial.

Els articles 5 (Alvarez 2012a), 6 (Alvarez 2015b) i 7 (Alvarez 2012b) permeten observar que territoris on es va projectar una línia ferroviària podien arribar a assolir bons nivells de desenvolupament o simplement no desenvolupar-se. Les inversions en activitats econòmiques i infraestructures complementaries, que dinamitzessin l'economia regional i facilitessin l'encaix territorial del ferrocarril, haurien estat vitals quan les localitats cobertes no disposaven de capacitat suficient com per aprofitar l'efecte de la infraestructura.

Sembla per tant que la correlació entre ferrocarril i desenvolupament de forma històrica es podria sustentar de forma general, però caldria ser conscient que, a nivell regional i local, poden donar-se

casos en que aquesta màxima no es compleixi. Al cap i a la fi, el ferrocarril pot ser considerat com un factor de producció. Si un territori disposa d'activitats econòmiques competitives el ferrocarril pot suposar una millora en la productivitat i la competitivitat econòmica vers altres territoris. Ara bé, en un territori amb activitats econòmiques marginals el ferrocarril no induirà, *per se*, noves activitats. Aquest és un paper reservat al sector privat, i per tant està condicionat a la subjectivitat de les decisions dels propietaris de terres i empresaris.

Si intentéssim plantejar la correlació entre les variables ferrocarril i desenvolupament en la societat actual, la cosa seria molt diferent. Avui en dia existeixen diferents infraestructures de transport que poden actuar com a alternativa al ferrocarril. Els costos poden ser superiors, però l'avió viatja molt més ràpid, els camions tenen molta més adaptabilitat de moviment i els bucs permeten el transport de quantitats ingents de contenidors d'una punta a l'altra de món. En aquest context, la correlació seria molt més complicada, doncs el sistema de transports no admet una simplificació que ometi la resta de modes. Caldria doncs plantejar anàlisis multivariables i, tot i això, els resultats podrien ser inferiors als esperats. El treball de Kotavaara (2011a), anteriorment citat, en seria un clar exemple.

H1b. El ferrocarril ha permès la integració dels mercats?

Entenent que la integració dels mercats significa la possibilitat de disposar dels mateixos productes a preus similars en territoris que no tenen perquè ser-ne productors, és evident que sí. El ferrocarril i el vaixell van ser els modes de transport que van realitzar una major aportació en aquest sentit.

El problema passa per intentar quantificar aquest efecte, doncs no és senzill. En aquesta línia, l'autor ha estat treballant en models de simulació de xarxes de transport per intentar explicar l'evolució de preus de productes en mercats de diferents ciutats. Els resultats, però, encara no estan prou desenvolupats com per poder incloure'ls en el present compendi i extreure'n conclusions.

L'aportació que sí realitza el present document al respecte, és la demostració que el ferrocarril va disminuir i homogeneïtzar el temps de transport mitjà al llarg de la geografia nacional. L'[article 2](#) (Alvarez 2015a), acotat també a Anglaterra i Gales en el període 1871 i 1973, realitza un càlcul de l'accessibilitat generalitzada que permet observar com es van reduir els temps de transport mitjans entre tot el territori. Al mateix temps, s'hi observa com les principals aglomeracions urbanes (Londres, Birmingham, Newcastle, Liverpool, Manchester, Leeds o Cardiff) van arribar a tenir totes nivells d'accessibilitats força similars. D'aquesta forma es pot arribar a entendre que la seva centralitat es va veure reforçada per la construcció de la xarxa.

En qualsevol cas, però, cal tenir sempre present que el ferrocarril podia ser considerat com la única alternativa terrestre però el paper dels vaixells en el transport fluvial i marítim és també essencial per explicar la integració de mercats a escala global. L'[article 7](#) demostra com una regió aïllada al desert patagònic va esdevenir un important focus agrícola i ramader capaç d'abastir els mercats europeus i internacionals. El ferrocarril, el vaixell, però també les infraestructures complementàries per emmagatzematge, transport i distribució en condicions adequades, com els sistemes de refrigeració, contribueixen a explicar millor aquest aspecte.

H1. Existeix una clara correlació entre infraestructura ferroviària i desenvolupament territorial?

Resumint els apartats anteriors, sembla evident que es podria arribar a una asseveració en aquest sentit.

En una època temporal concreta, amb manca de competència per altres modes de transport, i en regions que tenien cert grau de desenvolupament previ, o es va induir amb inversions complementàries, la resposta seria afirmativa: el ferrocarril va contribuït notablement al desenvolupament territorial.

Ara bé, la generalització per a qualsevol època i qualsevol territori seria equivocada. Aquells territoris poc desenvolupats que van aconseguir tenir ferrocarril gràcies a pressions polítiques, o directament a la inversió pública, serien un clar exemple contrari. El ferrocarril en sí mateix és només una infraestructura de transport, de forma que la inducció de desenvolupament no és immediata. Sense inversions, públiques i/o privades, que permetin revertir el model productiu i regenerar el sistema econòmic regional és molt difícil que el ferrocarril indueixi desenvolupament.

H2a. Han estat projectades les línies ferroviàries per incentivar els interessos del transport i del territori?

La literatura especialitzada parla en aquest sentit de diferents situacions. Línies projectades per afavorir un o diversos sectors d'activitat econòmica, línies pensades per estructurar el territori d'una regió específica, o línies amb finalitats estratègiques des d'un punt de político-militar.

Lògicament, l'estratègia seguida a l'hora de planificar la xarxa i projectar les línies serà determinant a l'hora de contrastar els efectes que hagi causat posteriorment. El que sembla evident, però, és que determinades línies ferroviàries no estaven pensades per millorar el transport des d'una òptica global, sinó molt específica.

En aquest sentit, el present treball presenta algunes consideracions interessants a valorar.

En l'[article 4](#) (Stanev, Alvarez i Martí 2015) es posa de manifest tres estratègies diferents a l'hora d'abordar la construcció de la xarxa ferroviària dels països balcànics. En primera instància, es planteja una xarxa internacional que permetés la connexió directa des dels països centre-europeus fins als ports mediterranis i cap al continent asiàtic. Les línies que conformaven la xarxa estaven directament vinculades al comerç internacional, i en segona instància al transport de passatgers de llarga distància. D'aquesta forma les línies es van projectar de forma directa, connectant les principals capitals però no totes les ciutats que trobaven al seu pas. En segona instància, després de la guerra dels Balcans, els estats comencen un període de desconfiança amb els països veïns. Des del punt de vista ferroviari això acaba suposant la construcció de línies únicament a escala nacional. Fins i tot, es detecten casos en que alguns ferrocarrils deixen d'operar en connexions transfrontereres. Hi havia per tant una clara voluntat política de segregació i els ferrocarrils van ser emprats a tal efecte. En tercera instància, anys més tard es torna a imposar la voluntat d'interconnexió a través de la xarxa, i curiosament torna a ser per voluntat d'interessos supranacionals –en aquest cas de la URSS–.

Una segona aportació en aquest sentit seria la desenvolupada a l'[article 7](#). La construcció de la línia ferroviària del *Alto Valle del Río Negro y Neuquén* a l'Argentina va ser projectada amb la voluntat de poder apropar les tropes a la frontera xilena en cas de conflicte bèl·lic. De fet, va projectar-se just després de la guerra coneguda com la *Campaña del Desierto*, en la que l'Estat argentí va conquerir el territori als natius. D'aquesta manera es va projectar una línia aïllada de més de 700 km des del port de Bahía Blanca en direcció a la serralada andina. A data d'avui, aquesta mateixa línia no disposa encara de cap connexió transversal amb altres ferrocarrils.

En resum, depenent de l'objectiu inicial amb que es concep la xarxa, el sistema de transports pot no ser el principal beneficiat de la construcció d'una nova línia ferroviària. I, lògicament, si una línia està

projectada en un territori que no la pot aprofitar, la repercussió sobre el sistema de ciutats connectats pot ser negligible.

H2b. L'estructura de la propietat de la xarxa i el sistema de gestió escollit han condicionat la relació entre ferrocarril i ciutat?

La resposta a aquesta pregunta és complexa, i probablement no pot ser contestada sense entrar en disquisicions ideològiques. En qualsevol cas, i cenyint-nos únicament a les conclusions que emanen dels treballs aquí presentats, es pot arribar a aportar algunes consideracions al respecte.

L'[article 4](#) ens ofereix una primera aproximació a la qüestió. La primera etapa de construcció ferroviària a la regió, que a l'apartat anterior es vinculava al comerç internacional, va ser liderada per capitals privats. La finalitat dels promotors era la de poder transportar a través de la regió la màxima quantitat de productes al mínim cost. I això va ser determinant a l'hora d'establir l'ample de via, els recorreguts i, sobretot, les connexions internacionals. En la segona etapa, de construcció nacional de la xarxa, van ser els poders públics els que van liderar bona part de les iniciatives o, com a mínim, van condicionar-les en termes de traçats permesos i connexions transfrontereres. D'aquesta forma es posava límits als objectius principals dels possibles inversors. Una infraestructura creada per al transport no podia connectar els principals nodes del territori si els separava una frontera nacional. Una de les primeres repercussions a aquestes decisions podria haver estat la falta de voluntat dels inversors privats, doncs no consideraven rentables les línies regionals en territoris subdesenvolupats. D'aquesta forma, els poders públics van haver de fer polítiques per fer més rentables aquestes inversions: inversió pública, garantia sobre els beneficis anuals o subvencions van ser, i segueixen sent, molt habituals en la promoció infraestructural.

L'[article 5](#) és molt suggeridor en aquest sentit. L'Estat argentí volia construir una línia ferroviària al nord de la Patagonia, territori pràcticament despoblat, i va apel·lar a la companyia privada de capital britànic *Gran Ferrocarril Sud*. Davant la negativa de l'empresa, el Govern va haver de subvencionar part del traçat, donar garanties a l'empresa, i accedir a certes concessions com la permissivitat per construir un port propi, exempcions fiscals i duaneres, o entregar a l'empresa terrenys entorn la línia i estacions. L'empresa va compensar doncs una part de la manca de rendibilitat de la inversió mitjançant ajudes públiques. I l'altra part de la inversió? Doncs, com a bona operadora ferroviària, l'empresa va liderar un conjunt d'intervencions en matèria infraestructural per tal d'assegurar que el ferrocarril podria arribar a ser rentable. A l'[article 7](#) s'exposa com van ajudar a l'Estat a construir dics i preses, van articular una densa xarxa de canals entorn el ferrocarril, van urbanitzar i vendre els terrenys entorn les estacions per a petits productors, van construir sitges i magatzems prop de les estacions, van projectar camins agrícoles i, fins i tot, van crear una empresa de comercialització i distribució internacional dels productes agrícoles.

L'Estat van veure el bon funcionament de la línia i va decidir iniciar un projecte similar sense suport del sector privat. El *ferrocarril patagónico* es va començar a construir però va ser abandonat poc temps després. No es va acabar la xarxa projectada, no es van fer inversions complementàries i els terrenys entorn les estacions van ser venuts permetent la formació de grans latifundis. En aquest segon cas, les repercussions sobre el territori van ser negligibles.

Amb aquestes reflexions no es pretén afirmar que els inversors privats siguin millors que els públics, sinó que construir un ferrocarril i saber-lo explotar adequadament són dos conceptes molt diferents. Depenent dels objectius cercats al projectar-lo –comerç, estructura territorial o estratègies específiques- es pot arribar a afirmar que un projecte pot funcionar des d'un punt de vista econòmic,

territorial o polític. Els inversors privats només es plantegen la construcció de ferrocarrils a risc i ventura quan saben que podran transportar un gran volum de mercaderies o passatgers. Els ferrocarrils projectats per estructurar el territori i aquells que defensen estratègies politico-militars no tendeixen a ser rentables econòmicament i només poden ser jutjats, doncs, segons els objectius pretesos. Per aquest motiu, els inversors privats només accedeixen a construir-los quan hi ha ajudes públiques. I la majoria de vegades es desenten de la posterior gestió perquè saben que ni aquesta serà rentable. Operen doncs com a empreses constructores contractades amb aquesta única finalitat: executar infraestructures.

H2. El sistema de promoció de la xarxa ferroviària ha influït en el nivell de desenvolupament posterior dels territoris servits?

No crec que es pugui establir una relació causal al respecte, però sembla que si hi ha hagut certa relació. Quan el ferrocarril s'ha projectat pensant en el comerç hi ha hagut un clar desenvolupament territorial. Normalment però, aquests ferrocarrils s'han projectat en territoris que ja tenien activitats econòmiques prou desenvolupades. Quan el ferrocarril s'ha emprat amb finalitats de reorganització territorial també hi ha hagut canvis en el territori, però no sempre en favor d'un major desenvolupament. I finalment, quan el ferrocarril s'ha projectat seguint altres interessos, normalment el territori ha mostrat una clara desvinculació de la infraestructura i els seus efectes han estat mínims.

H3a. Existeixen patrons d'evolució urbana en relació a la infraestructura ferroviària?

La interacció entre ferrocarril i ciutat ha estat llargament estudiada per multitud d'autors, i sembla demostrat que aquesta infraestructura ha actuat com a factor de producció, però també com a condicionant del creixement espacial.

En ciutats grans, com les desenvolupades a l'Estat de l'Art, s'hi pot apreciar grans diferències morfològiques, arribant a la conclusió que cada ciutat és un cas únic i excepcional. L'enclavament inicial de les ciutats, la geografia sobre la que s'insereix, el nombre de línies que arriben i la seva procedència o la tipologia d'estació son només alguns dels factors que converteixen cada relació en singular. Per tant, es podria afirmar que en grans ciutats no existeix un patró de creixement urbà aplicable al ferrocarril.

Ara bé, quan es tracten ciutats mitjanes la situació és diferent. Com es posa de manifest a l'[article 3](#) (Alvarez 2016), les característiques de les ciutats mitjanes catalanes del segle XIX tendien a ser similars: ciutats petites situades en enclavaments lleugerament elevats i que encara no havien superat els límits de la ciutat històrica. L'arribada del ferrocarril, normalment tangent i amb estació passant, va fer que les ciutats entressin en una dinàmica de creixement urbà que podia ser categoritzada en forma de model d'evolució per etapes.

La projectació de la línia ferroviària tendia a ser tangencial i allunyada de la ciutat, per tal de causar les menors interferències en l'estructura urbana preexistent. Això va fer que les ciutats haguessin de plantejar plans d'eixample o projectes de creixement per ordenar les construccions en direcció a l'estació. Després de dècades de forts creixements poblacionals, els eixamples van començar a omplir-se, colmatant totes les parcel·les urbanes. En aquest moment, la infraestructura va començar a exercir un efecte vora que evitava el salt a l'altre costat, cosa que va provocar un creixement en direcció axial entorn la línia. La quarta etapa estaria caracteritzada pel salt de determinades activitats industrials i residencials de baixa renda cap a l'altre costat de les vies. Posteriorment es començarien a connectar

aquests sectors situats a l'altre costat amb la ciutat principal a través de la construcció de passos, inicialment a nivell i posteriorment a diferent nivell. I la darrera etapa, passaria per la integració urbana del ferrocarril a la ciutat. Be fos via soterrament, tractament de marges o projectes urbans específics.

Lògicament, el model no es va arribar a desenvolupar totalment en totes les ciutats analitzades, però si que ofereix una idea general de la interacció entre ambdós elements territorials.

A l'[article 7](#), es posa de manifest també una altra forma de relació entre ferrocarril i ciutat. Els ferrocarrils de colonització territorial de la Patagonia argentina projectaven ciutats ex-novo entorn les estacions. Aquestes localitats eren planificades seguint pautes molt similars. El traçat urbà era quadriculat, seguint la orientació de la línia ferroviària i la direcció perpendicular. Als voltants de l'estació es situaven els edificis públics i comercials, així com la plaça central. I posteriorment s'anaven situant edificis residencials, que anaven omplint la trama urbana. A l'altre costat de les vies, però, pràcticament no s'hi va edificar. Únicament residències de baixa renda i activitats marginals haurien ocupat aquells terrenys. El creixement d'aquestes ciutats va ser molt limitat, de forma que, en molts casos, es manté encara aquesta estructura inicial. Ciutats més grans, evidentment, no s'ajusten tan al patró marcat donat que disposaven de plans de desenvolupament específics. Això si, el ferrocarril hi seguia sent element central.

Per tant, sembla que existeixen patrons clars que marquen la relació entre ferrocarril i ciutat. És clar que aquests tendeixen a ser aplicables només a regions específiques i no serien extrapolables de forma general. Però com a mínim permetrien anticipar certes dinàmiques urbanes que ajudarien a preveure el creixement de les ciutats en relació a la infraestructura.

H3b. El ferrocarril ha estat un actor clau en el procés de conformació metropolitana?

D'igual forma que la relació entre ferrocarril i ciutat ha estat llargament estudiada, també la relació d'aquest en la conformació d'àrees urbanes i metropolitanes ha estat cabdal.

L'[article 2](#) posa de manifest aquesta tendència quan analitza la relació entre accessibilitat ferroviària i distància al centre a les ciutats mitjanes d'Anglaterra i Gales. El càlcul d'aquest indicador a escala municipal ofereix una explicació prou significativa del fenomen de dispersió urbana que es va succeir en aquestes ciutats entre 1871 i 1931. D'aquesta forma, si inicialment la variable determinant per explicar la distribució de la densitat de població era la distància al centre, una vegada s'introdueix el ferrocarril la variable determinant passa a ser l'accessibilitat. Per tant, les àrees metropolitanes deixen el creixement compacte en taca d'oli per passar a un creixement anisòtrop i discontinu entorn la infraestructura ferroviària i les seves estacions. La connectivitat passa a ser preponderant a la proximitat.

Els [articles 5 i 7](#) posen també de manifest dinàmiques d'expansió territorial de l'àrea d'influència de diverses ciutats. En el cas sud-argentí, son les ciutats portuàries les que amplien la seva àrea d'influència cap a l'interior mitjançant la creació de localitats entorn la infraestructura ferroviària. Els exemples son abundants i ajuden a demostrar el paper estructurador territorial de la infraestructura analitzada.

H3. La infraestructura ferroviària ha tingut un fort impacte en les relacions urbanes i en el desenvolupament de les ciutats?

Sense cap mena de dubte. Sigui per bé o per mal, les ciutats han hagut de conviure amb el ferrocarril durant més d'un segle, de forma que les seves interaccions han estat constants i intenses.

Inicialment les ciutats van passar per fortes etapes de creixement impulsades per les possibilitats de transport, i la consegüent integració de mercats a escala regional. En segona instància es podria considerar que el ferrocarril va condicionar la morfologia de les ciutats, però també va produir-hi forts impactes positius i negatius. Les possibilitats d'adaptació urbana i els recursos emprats en la modernització infraestructural han estat cabdals per poder millorar aquesta relació amb els anys.

Actualment, és cert que el ferrocarril ha deixat de ser el mode majoritari per al transport de mercaderies, en favor del camió, i de persones, en pro del cotxe. No obstant, el seu paper a les grans àrees metropolitanes segueix sent imprescindible per al correcte funcionament de la mobilitat de les persones. El seu potencial per al transport massiu de viatgers permet desplaçar grans contingents de ciutadans a una velocitat raonable, a baix cost i sense una contaminació ambiental excessiva. Convé doncs seguir apostant per aquest mode que tan bons resultats ha donat durant dècades.

6.3 Síntesis

En definitiva, de les conclusions anteriors se'n pot extreure algunes consideracions bàsiques:

- La relació entre ferrocarril i desenvolupament està fortament condicionada a l'estructura territorial preexistent. En aquells països en que es disposava d'un sistema econòmic integrat, el ferrocarril va contribuir decisivament a millorar aquests nivells d'integració via reduccions de temps i costos. En territoris amb baixos nivells d'integració el resultat no va ser tan evident. En aquells casos en que s'aprofitava l'arribada del ferrocarril per revertir el sistema productiu es demostren millores notables. Ara bé, en aquells casos en que es va mantenir el sistema econòmic previ es demostra baixos nivells de desenvolupament.
- El ferrocarril va contribuir intensament en la millora de la integració de mercats. A nivell nacional o continental aquesta afirmació és evident, doncs la propia conformació de la xarxa així ho indica. Ara bé, aprofitant la intermodalitat amb el vaixell aquesta integració es va fer també a escala global.
- Els efectes induïts pel ferrocarril sobre els territoris depenen fortament de l'estratègia mitjançant la qual van ser projectats. Els ferrocarrils pensats amb finalitats comercials van contribuir a optimitzar el transport, cosa que va millorar l'economia productiva o extractiva. Cal considerar aquí el ferrocarril com un factor de producció. Per contra, altres ferrocarrils van ser pensats amb finalitats diferents. Per una banda aquells que pretenien rearticular territoris i, per altra, aquells que defensaven objectius polític-militars. En aquests casos els efectes causats sobre el territori són més difícils de quantificar i depenen fortament de com va reaccionar el sector privat i les administracions regionals davant el nou mode de transport. Quan es van invertir en infraestructures complementaris i en desenvolupar el teixit productiu s'aprecien efectes positius. Però quan no es van prendre mesures en aquesta línia els resultats tendeixen a ser escassos.
- L'origen dels capitals en la promoció i gestió infraestructural també va ser clau. Els ferrocarrils impulsats directament pel sector privat tenien molt clars els seus interessos: treure rèdits del transport de productes. No obstant els ferrocarrils condicionats per interessos públics no sempre cercaven aquesta màxima. D'aquesta forma, mentre els primers tendien a ser rentables, els segons havien de rebre ajudes públiques; tant per la construcció com per la posterior gestió. Més enllà d'aquest fet però, el que resulta realment important és la

preocupació dels gestors, tant públics com privats, a l'hora de potenciar l'economia regional per aconseguir millors resultats en termes de transport però també de desenvolupament.

- Finalment, analitzant els efectes del ferrocarril sobre la morfologia urbana, convé acceptar que el ferrocarril ha esdevingut un agent cabdal. Les ciutats mitjanes i petites han vist com la seva morfologia s'ha vist clarament afectada pel ferrocarril. Inicialment es van adaptar a la infraestructura, mentre que anys més tard han vist com el ferrocarril els condicionava el creixement mitjançant l'efecte barrera o altres impactes. Les ciutats grans han disposat de més ferrocarrils, que les han condicionat morfològicament, però també de més mitjans econòmics per transformar els ferrocarrils i minimitzar els seus impactes.

7. APRENTATGES ADQUIRITS I APLICACIÓ AL CONTEXT ACTUAL

El present apartat es planteja com una síntesi de les principals consideracions de l'autor sobre la temàtica, després d'un llarg període de reflexió i havent abordat la relació entre ferrocarril i ciutat des de diferents aproximacions. Es pretén així oferir al lector una visió més global de l'enfocament de la relació ferrocarril – ciutat que vagi des de la constatació dels fets històrics fins a l'avaluació de les polítiques actuals. Fins i tot, s'arriba a plantejar l'aportació de criteris per a la planificació i disseny de noves infraestructures de transport regional o urbà.

7.1 Lectura dels efectes del ferrocarril en el sistema de ciutats en perspectiva històrica

El coneixement dels fets històrics és fonamental per poder arribar a entendre l'evolució del sistema de ciutats en relació a les infraestructures ferroviàries. Més important que els propis fets, però, és la interpretació que en fem el que resulta excepcional per arribar a discernir dintre del complex entramat d'efectes i relacions creades. Tal i com s'ha constatat a les conclusions d'aquesta tesi, els ferrocarrils van ser projectats per promotors de diferent índole i amb interessos divergents. Això va fer que les interrelacions entre ferrocarril i territori no sempre haguessin estat evidents, sent necessària una lectura benivolent dels fets constatables per entendre el conjunt de repercussions no implícites entre les variables analitzades. En qualsevol cas, és àmpliament acceptada la tesi que els ferrocarrils van ser capaços d'alterar el sistema econòmic, urbanístic i territorial dels sistemes de ciutats preexistents. D'aquesta manera, resulta cabdal arribar a una descripció detallada d'aquests efectes induïts per ser capaços d'afrontar les problemàtiques d'encaix territorial, així com projectar les noves infraestructures de forma òptima.

En aquesta línia, un dels principals aprenentatges que haurien d'emanar de la present tesi és que la titularitat de les infraestructures, el sistema de promoció i la posterior gestió que se'n faci resulten aspectes caudals. Des del punt de vista de la titularitat, i en ser considerat el ferrocarril com un bé d'interès públic, s'ha tendit a categoritzar-lo com a estatal. Ara bé, moltes vegades tendia a vincular-se a concessions gairebé vitalícies cap a l'empresa promotora, de forma que l'Estat perdia totalment el poder de decisió al respecte. En les últimes dècades, com veurem a continuació, aquest fet ja no es tan evident, doncs en molts països s'ha optat per altres models de promoció. El principal motiu és que la inversió privada en infraestructures ha baixat considerablement, de forma que és directament l'Estat qui impulsa les obres. D'aquesta forma és evident que la titularitat passa a ser indiscutible. I des de la òptica de la gestió, els ferrocarrils privats o concessionats tenien molt clara la forma d'operar. Ara bé, els ferrocarrils públics han tendit a ser gestionats mitjançant empreses públiques o concessionats al sector privat, depenent de cada cas.

Atenent a aquests criteris, es pot plantejar una lectura dels materials treballats en els capítols anteriors que permeti discernir diferents etapes històriques en relació a l'**origen dels capitals** que han intervingut en els processos de **promoció i gestió** infraestructural. En aquest cas, les diferents etapes plantejades es refereixen principalment al cas europeu, i més concretament a l'Europa occidental, però no deixen de ser vàlides a efectes de la interpretació aquí plantejada.

Els primers ferrocarrils van ser projectats majoritàriament per millorar les relacions comercials entre regions específiques durant el període 1830-1850. En la major part dels casos, van ser promoguts per inversors privats amb l'únic objectiu de rendibilitzar la inversió econòmica realitzada mitjançant el

cobrament de tarifes (Capel 2007:18). Servien doncs a interessos econòmics particulars i, de pas, ajudaven al desenvolupament regional dels territoris on s'inserien. El grau de desenvolupament induït podia ser molt diferent depenent de cada cas, però gairebé sempre es pot afirmar que es produïa un efecte túnel entre l'activitat productiva i el mercat on es comercialitzaven els productes (Salvador 2009: 105). La resta del territori no sempre es veia beneficiada pel nou mode de transport. En qualsevol cas, al ser realitzada la inversió a *risc i ventura* per part del promotor no hi havia forma de condicionar el traçat infraestructural escollit.

La segona casuística compren el període temporal immediatament posterior. En aquest cas, els Estats van entendre que podien aprofitar el potencial transformador d'aquesta nova infraestructura i van començar a plantejar polítiques intervencionistes sobre la construcció de nous ferrocarrils (Bel 2010). D'aquesta forma, els inversors privats s'havien d'adaptar a les exigències dels Estats si volien portar a terme els seus projectes. Això va reduir substancialment la rendibilitat econòmica dels mateixos, doncs en molts casos s'obligava a alterar el traçat per connectar noves ciutats, o fins i tot, condicionar l'emplaçament de les estacions urbanes. La primera conseqüència del nou intervencionisme estatal va ser la eradicació del model anterior de *risc i ventura* a l'hora de projectar les infraestructures. Els promotors privats no estaven disposats a assumir els sobrecostos emanats de les decisions polítiques sense compensacions directes. Van néixer doncs les primeres formes de col·laboració públic-privada via subvencions, l'establiment de garanties sobre els beneficis o les exempcions fiscals i aranzelàries. Fins i tot s'hi podria incloure la cessió de terrenys de l'Estat a les companyies ferroviàries per tal de facilitar les expropiacions, així com incrementar la recuperació de la inversió inicial mitjançant la promoció urbanística i immobiliària entorn les estacions (Alvarez 2012b). Es va iniciar una nova etapa en que els Estats decidien i les promotores ferroviàries van començar a especialitzar-se en la construcció de la infraestructura i en l'obtenció d'ingressos complementaris. La gestió posterior de les línies tendia a seguir vinculada a l'operador privat, tot i que també apareixen els primers casos de gestió pública.

Una tercera etapa estaria fortament condicionada per les conseqüències de la guerra mundial sobre la xarxa infraestructural, que van ser devastadores. A part, el fort desgast econòmic internacional va limitar enormement la disponibilitat de crèdit privat. Això, va comportar que moltes empreses ferroviàries entressin en fallida i no poguessin assumir les inversions necessàries per tornar a posar en funcionament els ferrocarrils. I en aquest sentit va ser fonamental la intervenció estatal (Ortúñez 1999). En molts països es van nacionalitzar les línies ferroviàries, cosa que va convertir el transport en un pilar més de l'Estat del Benestar. Sota aquest context, bona part dels països van optar per prescindir del capital privat a l'hora de projectar noves infraestructures (Stanev 2015). Al ser la xarxa estatal no es volia interferències externes ni disputes comercials amb operadors privats. Els promotors infraestructurals van començar a especialitzar-se únicament en la part constructiva i deixar de banda la gestió posterior. Es va iniciar doncs el període associat al que avui dia coneixem com a *obra pública*.

La quarta i última etapa passaria pel declivi d'aquest model de promoció infraestructural d'obra pública. Son nombrosos els Estats que han passat dècades invertint en infraestructures de transport, i no només en ferrocarrils sinó també carreteres, ports o aeroports. El sistema de finançament majoritari s'ha basat en els pressupostos generals, i en molts casos via endeutament. La millora induïda en els sistemes de transport ha estat evident, cosa que ha portat a una gran competència entre modes i a una reducció considerable del cost de trajecte. Ara bé, aquesta competència ha estat tan gran que el ferrocarril ha perdut bona part de la quota modal que tenia assignada. I el fet de construir noves xarxes sense atendre a la rendibilitat econòmica-financera de les obres ha tingut les primeres repercussions. A nivell ferroviari s'han hagut de clausurar un nombre important de línies que havien deixat de ser utilitzades (Felis-Rota 2013, Stanev 2015). El fet d'oferir més oferta de transport

de la necessària, i sobretot, el fet de no gravar els usuaris de la resta de modes amb el cost real del transport ha portat a un abandonament de l'ús del ferrocarril en pro de la carretera i els avions, molt més versàtils. La falta d'inversió en manteniment i renovació de la infraestructura i el material rodant ha estat també determinant. D'aquesta forma, i en un context de dificultats econòmiques pel sector públic, son nombrosos els casos en que els Estats han optat per deixar de banda l'obra pública i tornar a operar en col·laboració amb el sector privat. Els mecanismes de col·laboració han evolucionat notablement, però al cap i a la fi estaríem parlant d'un sistema similar al de la segona etapa. Els Governos decideixen i el sector privat opta a la col·laboració, bé sigui en el procés de finançament, construcció o gestió infraestructural.

Aquesta diferenciació plantejada, atenent a l'origen dels capitals emprats, pot utilitzar-se posteriorment per reflexionar sobre els interessos o **objectius estratègics** que hi havia darrera de cadascuna de les actuacions infraestructurals que s'han portat a terme. En aquest sentit convé diferenciar clarament dues situacions: la promoció pública i la promoció privada dels ferrocarrils.

Els ferrocarrils desenvolupats des del sector privat han seguit sempre un objectiu molt clar: maximitzar el negoci. I això podia fer-se bàsicament de dues formes: o bé integrant l'abastiment de matèries primes i altres productes dintre de la cadena de valor d'una empresa o conglomerat industrial, cosa que significava una reducció dels costos d'aprovisionament; o bé rendibilitzant la inversió via el cobrament de tarifes per al transport. En el primer cas és evident que l'ús del ferrocarril quedava limitat a l'empresa promotora, doncs ella mateixa projectava la línia per tal d'obtenir matèries primes des d'emplaçaments específics (productes agrícoles, recursos miners, etc.). A priori la línia no havia d'estar oberta al públic, de forma que constituïa un factor de producció intern de la companyia per reduir costos. El segon cas, en canvi, passa per la constatació d'una forta demanda de desplaçament entre dos o més nodes situats en un corredor, que serien servits per un ferrocarril privat i que tindria com a finalitat oferir-los un mode de transport més ràpid, barat i eficient. En aquest segon cas, l'estudi econòmic-financer resultava vital per assegurar el retorn de la inversió.

D'altra banda, quan el ferrocarril ha estat liderat pel sector públic els interessos cercats haurien estat un altres. El primer cas englobaria les situacions en que la intervenció pretenia dotar al territori d'una major connectivitat per afavorir el transport i la mobilitat de béns i persones. I la segona, quan simplement es seguia una estratègia político-militar, independentment del transport. Lògicament que la frontera entre ambdues situacions és estreta. No obstant, és innegable que existeixen evidències que apunten a aquesta voluntat interventora. La construcció de línies ferroviàries per defensar enclavaments militars fronterers, l'ús d'amples de via diferents per evitar la incursió de tropes, o el tall intencionat de línies ferroviàries per evitar el comerç entre països en son exemples clars (Alvarez 2012, Stanev 2015). També les estratègies militars emprades en períodes de conflicte constituïrien un bon exemple, doncs el bombardeig de ferrocarrils, carreteres o ponts va ser una constant a l'Europa del segle XX. En aquests casos no hi havia una voluntat primària d'afavorir el desenvolupament territorial sinó únicament de defensa dels interessos nacionals.

Les consideracions anteriors permeten entendre la lògica de promoció de rutes infraestructurals, alhora que la conformació de les diferents xarxes ferroviàries. Són nombroses les referències que apunten a que un major pes del sector públic hauria facilitat la integració de xarxes per afavorir els interessos dels passatgers i del transport en general. Mentre que un major pes del sector privat hauria posat més impediments a la conformació de xarxes per minimitzar la competència i restar força a les companyies rivals. L'estudi a nivell urbà, per exemple a Bilbao (Macias 2002) o a Sevilla (Rodríguez Bernal 2002), ho exemplifica molt clarament.

En qualsevol cas, l'abordatge del problema de la conformació de xarxes ferroviàries a gran escala i els seus efectes sobre el sistema de ciutats semblaria negligir aquesta qüestió dels interessos citats. De fet, si atenem al context socio-econòmic anterior al ferrocarril sembla que es podria establir una categorització molt clara en aquesta línia (Herce 2013:166). Per tant, es pot considerar que el **nivell de desenvolupament** previ seria una variable important a l'hora d'entendre el paper que va acabar adquirint el ferrocarril i els **efectes territorials** que va induir.

A nivell centre-europeu, les regions connectades tendien a tenir elevats nivells de desenvolupament quan va arribar el ferrocarril. De fet, ja s'havia iniciat l'etapa de conversió del sector primari cap al secundari com a sector d'activitat predominant. Anglaterra, Alemanya, França o els Països Baixos en són exemples clars (Roth 2003). En aquestes regions existia un sistema de transport multimodal basat en els rius, els canals i les carreteres que ja havien aconseguit integrar bona part dels mercats. D'aquesta forma, el ferrocarril va resultar un revulsiu per la gran velocitat i capacitat de transport, cosa que va permetre catalitzar un fort desenvolupament econòmic i territorial de les ciutats connectades (Alvarez 2013). Cada nova connexió entre ciutats podia tenir un efecte multiplicador del nombre de relacions, i això va afavorir el creixement econòmic i demogràfic, via la integració de mercats (Findlay 2003, Caruana-Galizia 2012).

A la perifèria europea aquest efecte no va ser tan evident. Espanya, Itàlia, els països balcànics o els països nòrdics no disposaven d'aquests sistemes de transport interiors tan desenvolupats i el seu sistema de ciutats mantenia cert aïllament entre àrees urbanes. En aquests casos, el ferrocarril sí que hauria pogut induir la integració de mercats, actuant com a revulsiu des de l'òptica del transport. El problema però, és que les seves economies seguien sent massa dependents del sector primari, cosa que va limitar el desenvolupament econòmic generat (Tortella 1973). A part, les polítiques de configuració de la xarxa nacional i de control de fronteres van limitar les connexions amb els països centre-europeus, cosa que va reforçar el paper de les ciutats capital però no la integració completa dels mercats a escala continental. A nivell nacional, es va reforçar per tant l'estructura territorial preexistent, posant l'èmfasi en la dinamització de les relacions ja establertes entre ciutats via una millora de les condicions de transport. Es va limitar així la creació de nous vincles, o relacions, cosa que hauria incentivat molt més la integració de mercats i el conseqüent desenvolupament econòmic.

A nivell mundial, aquest efecte va ser encara més exagerat. En aquests casos, hi havia àmplies regions amb escassos nivells de desenvolupament i pràcticament despoblades. La implantació dels ferrocarrils va fer-se en aquests casos seguint el model de penetració territorial definit per Taaffe (1963). Partint de ciutats costaneres i portuàries es van traçar línies de penetració cap a l'interior per afavorir l'extracció de matèries primes. I en la majoria de casos aquest va ser el màxim grau de desplegament que va assolir la xarxa. La ciutat portuària va ampliar el seu hinterland i va esdevenir un node de referència, però el territori interior va seguir subdesenvolupat durant dècades (Alvarez 2012a). La Patagònia argentina, l'interior de Brasil o els països costaners de l'Àfrica centre-occidental en són clars exemples. Només les regions que van ser capaces d'aprofitar el potencial ferroviari com a instrument per afavorir el desenvolupament van arribar millorar els seus sistemes productius i posicionar-se adequadament en el mercat global (Alvarez 2012b).

En aquest cas, seria també necessari introduir al debat algunes **consideracions addicionals**, que més que reforçar les classificacions anteriors, ajudarien a entendre les especificitats i les excepcions a les

regles establertes. Són doncs factors a tenir en consideració a l'hora d'entendre el complex entrament entre ferrocarril i territori.

L'ús principal del ferrocarril en seria el primer exemple. No és el mateix transportar passatgers que mercaderies. Els ferrocarrils de passatgers haurien d'estar basats en la maximització de la cobertura i la minimització del temps mitjà de viatge; mentre que els de mercaderies cercarien la maximització de la càrrega amb el menor cost. D'aquesta forma, els ferrocarrils de passatgers han tendit a projectar-se entre les principals ciutats i aeroports, doncs constitueixen els nodes amb major potencial generador de viatges. En el cas del ferrocarril de mercaderies, les ciutats segueixen sent nodes importants, però cal considerar també els ports i els grans emplaçaments industrials. L'ús de xarxes mixtes, a tal efecte, només portaria a la cerca d'una solució de compromís que podria arribar a no satisfer cap de les dues parts.

Les característiques tècniques dels ferrocarrils són també fonamentals, doncs els ferrocarrils de via ampla tendien a formar part de la xarxa de transport nacional integrada (Martí-Henneberg 2013), mentre que els de via estreta operaven pel seu compte i sense una interacció excessiva amb la xarxa nacional (Morillas 2014a). Això permetia la integració en el sistema o obligava a restar-ne al marge. Però a part de l'ample de via es podria distingir també entre el nombre de vies, el sistema tractor, la velocitat comercial de les línies, etc. Tots aquests factors podrien ser clau a l'hora de determinar la utilitat del ferrocarril en el territori.

L'àmbit d'influència del ferrocarril seria també fonamental. No s'esperen els mateixos efectes en un ferrocarril metropolità que en un de llarga distància. Els primers facilitarien els viatges d'anada i tornada diaris per qüestions ocupacionals però també personals. Els segons, en canvi, no estarien tant centrats en els desplaçaments diaris en doble sentit, sinó que moltes vegades tindrien una regularitat setmanal, mensual o amb altres intervals de repetibilitat. A part, el nombre de viatgers associat a cadascun dels sistemes és radicalment diferent. Els ferrocarrils urbans tenen una demanda potencial d'usuaris molt major, per contenir les principals relacions diàries dels ciutadans. Els ferrocarrils regionals, en canvi, tindrien taxes d'utilització menors a nivell de passatgers, però probablement majors a nivell de mercaderies.

Finalment, convindria entrar també en la morfologia de la xarxa ferroviària, definida per la disposició del conjunt de les línies i en relació al sistema de ciutats. Els inicis del ferrocarril van ser prou clars, doncs es disposaven línies de forma puntual i aïllades entre si per connectar els principals nodes comercials. Amb la intervenció del sector públic, però, es va iniciar una nova etapa en que el desenvolupament de les línies havia d'estar subjecte a unes restriccions específiques. En aquest sentit, la morfologia territorial de la xarxa va ser una de les grans imposicions que van dictar els estats. I moltes vegades van seguir criteris diferents. En països com Anglaterra, Alemanya o Bèlgica es va optar per una xarxa mallada de forma homogènia i sense donar excessiu protagonisme a les grans ciutats. D'aquesta forma l'accessibilitat conferida pel ferrocarril sobre la xarxa va ser força uniforme i no apareixien nodes molt beneficiats de forma directa. S'optava doncs per connectar els nodes territorials més importants sense crear noves geografies que aprofitessin el trencament de la fricció espacial. Altres països com França o Espanya van optar per un segon model molt més incisiu. Ambdós països van optar per utilitzar el ferrocarril amb l'objectiu de maximitzar el poder de la capital sobre la resta de territoris (Bel 2010). Així París i Madrid van ser els nodes seleccionats per esdevenir el centre de la xarxa, i en conseqüència se'ls va donar forts avantatges en detriment d'altres regions, potser més pròsperes.

Amb tot, sembla que mantenir l'afirmació de que el ferrocarril va ser beneficiós pel desenvolupament urbà i econòmic dels territoris servits no resulta trivial. Probablement, si es tracta la relació de forma macroscòpica i sense entrar en disquisicions es podria arribar a validar aquesta afirmació. Ara bé, la realitat indica que la citada relació estaria condicionada per un conjunt de variables difícilment desagregables i que dificultarien l'aïllament de les mateixes per crear models simples per a l'anàlisi. D'aquesta forma cal tenir sempre en consideració l'existència d'efectes positius i negatius que el ferrocarril va crear o ajudar a potenciar.

En qualsevol cas, també es denota que, en determinades circumstàncies, el ferrocarril si que hauria actuat com a revulsiu del sistema de ciutats on s'inseria. Els primers ferrocarrils focalitzats en el comerç en són un clar exemple, doncs van permetre relacions econòmiques anteriorment inexistents. També els ferrocarrils emanats de polítiques públiques centrades en oferir un mode de transport complementari, que no alternatiu, al sistema de transports preexistent. L'articulació de xarxes intermodals complexes va incrementar el nombre de relacions i les possibilitats de desenvolupament. A nivell urbà aquests efectes son encara més marcats. Es van crear nous barris, es van canviar els usos del sòl, es van alterar els factors de producció de les empreses radicades (Alvarez 2016), etc. I major va ser aquest efecte com millor fos la cobertura ferroviària. Disposar de dos o més estacions de diferents línies va ser cabdal per convertir-se en node principal de la xarxa ferroviària territorial, cosa que va induir inversions i migracions poblacionals (Alvarez 2013).

7.2 Especificitats pròpies del cas espanyol que han limitat el potencial transformador del ferrocarril sobre el territori

El nostre país, lamentablement, és un dels principals exemples en que el ferrocarril no ha respòs a les expectatives que s'havien creat entorn la seva construcció. O com a mínim no s'ha aprofitat tant el seu potencial com en d'altres països.

La **construcció** de les **primeres línies** ja va resultar desafortunada. Mentre els països centre-europeus van iniciar la construcció de les seves respectives xarxes durant la dècada de 1830, aquí no es va posar en funcionament el primer ferrocarril fins al 1848. Això dona una idea de l'endarreriment que va patir la xarxa de transports nacional des de bon inici. Però al mateix temps, es pot considerar que el desenvolupament industrial del país era encara escàs.

Des del punt de vista de la **promoció ferroviària**, convé remarcar la manca de criteri que va regir entorn la construcció de les primeres línies. Segons Bel (2010), la primera línia peninsular, la Barcelona – Mataró, es va construir totalment amb capital privat. La segona, la Madrid – Aranjuez, va estar caracteritzada pels escàndols financers del Marquès de Salamanca, Ministre d'Hisenda del moment i promotor de la línia ferroviària, que es va adjudicar autoajudes públiques per promoure la línia. Fins i tot, una vegada posada en funcionament, i vista l'escassa rendibilitat que donava, va aconseguir que l'Estat se'n fes càrrec de la gestió. I la tercera línia, la Gijón – Pinzales, també va implementar-se comptant amb una subvenció de garantia de beneficis. De fet, a la *Ley General de Ferrocarriles* de 1855 ja s'indicava aquest suport financer a les línies que s'adeqüessin als interessos preestablerts. I la posterior llei de 1870 no feia més que incrementar les ajudes pressupostàries. Per tant, es pot concloure que la xarxa ferroviària espanyola, o com a mínim la d'ample ibèric, hauria estat fortament condicionada pels interessos de l'Estat. I en aquest sentit convé diferenciar molt clarament l'interès públic de l'interès del propi Estat, no sempre coincidents.

L'elevat grau d'intervencionisme estatal a la xarxa espanyola fa que sigui difícil arribar a discernir els objectius perseguits a l'hora de projectar les diferents línies. Cal tenir present que la idea estatal, ja

definida a la llei de 1855, va ser aconseguir una xarxa ferroviària que permetés la connexió de la capital amb la resta de capitals de província. Així, s'afavoria els interessos de Madrid en detriment de la resta del territori nacional, i principalment de la perifèria. Aquest era el mateix esquema que seguien les carreteres preexistents, de forma que es va plasmar una xarxa superposada, que lluny d'afavorir la complementarietat entre modes va buscar la competència directa. És a dir, es va apostar per una **morfologia de xarxa** que reforçava l'estructura territorial i les relacions prèvies a l'arribada del ferrocarril. Per tant, no es van crear nous vincles territorials que permetessin la inducció de noves dinàmiques productives i comercials.

Aquest efecte va magnificar-se degut a la clara desconexió respecte la xarxa europea. Mentre la integració de mercats començava a ser la tònica dominant, aquí es seguia encara amb l'aïllament geogràfic i espacial. No va ajudar gaire la decisió de projectar els ferrocarrils amb **ample de via** ibèric en comptes d'internacional. En aquest sentit, la majoria d'autors atribueixen la decisió a l'informe tècnic Subercase. Tot i que tampoc seria descabellat pensar que l'informe s'hagués redactat per justificar una decisió presa amb anterioritat⁹. El poder d'influència dels militars en política era alt, i la voluntat estratègica d'evitar la incursió de tropes per la frontera prou hauria justificat tal actuació. El que sembla evident és que les repercussions de la decisió van ser catastròfiques. Els territoris perifèrics van quedar relegats a la marginació espacial i pràcticament desconnectats del país veí, França, i en conseqüència d'Europa.

En quan a l'articulació de **xarxes metropolitanas**, hi hauria diferents ciutats que es diferenciarien substancialment de la resta. Madrid, evidentment, era la ciutat més ben connectada amb el territori circumdant. No obstant, altres ciutats com Barcelona, Bilbao, Sevilla o València mostrarien també bons índexs de cobertura metropolitana. En alguns casos, com seria Barcelona o Bilbao, aquesta connectivitat va ser promoguda sense atendre als ajuts estatals, cosa que es demostra en els ferrocarrils d'ample internacional de Barcelona o els de via estreta de Bilbao. Per tant, va ser una altra vegada el dinamisme comercial regional el que es va encarregar de desenvolupar els territoris creant noves línies ferroviàries al servei dels interessos privats.

Amb tot, la xarxa ferroviària actual és fruit del procés de nacionalització i absorció de totes les línies per part de Renfe als anys '40. En aquest context, la manca d'activitat econòmica i el fort estancament econòmic estatal en els períodes de postguerra, i dictadura, van portar al tancament de més de 3.500 km de línies, només de via ampla, entre 1970 i 2010 (Morillas 2014b). Des de llavors, la infraestructura ferroviària ha passat per un procés de pèrdua progressiva de quota modal, tant sigui de passatgers com de mercaderies en favor del cotxe, el camió i l'avió. Només a nivell metropolità, on s'han continuat fent inversions, s'ha aconseguit frenar aquesta tendència però a nivell regional les perspectives no són les més adequades.

En aquest context de decrement accentuat de l'ús del ferrocarril es va decidir a principis de la dècada de 1990s iniciar la construcció d'una nova xarxa ferroviària d'altres prestacions: el **AVE**. Cert és que la idea va sorgir de la Unió Europea i no del Govern Espanyol. Però cert és també que Espanya és el país que més fort es va agafar a aquesta proposta. Des d'un primer moment es va plantejar la necessitat de crear una xarxa que tornés a repetir l'esquema radial anteriorment atribuït a les carreteres, als

⁹ Altres autors s'han plantejat també aquest dubte. Cuellar (2007 :8), per exemple, valora ambdues opcions i s'acaba decantant per la qüestió tècnica. Domingo Clota (1986) afegiria encara una tercera alternativa, basada en la voluntat d'aprofitar materials d'un ferrocarril escocès que es tancava i que haurien estat importats abans de l'aprovació definitiva de l'informe.

ferrocarrils convencionals o a les autovies (Bel 2010). Es duplicava doncs la oferta ferroviària sense aprofitar els traçats disponibles i sense atendre de nou a la complementarietat entre modes de transport, que hagués pogut actuar com a revulsiu. Es queia doncs en els mateixos errors en la concepció de la xarxa, amb l'agregant que l'AVE és un mode de transport que minimitza la cobertura territorial per polaritzar únicament entorn els principals nodes urbans (Gutiérrez Puebla 2004, De Rus 2006, Herce 2009, Albalade 2011). Això podria portar a una major concentració urbana a les grans aglomeracions. No obstant no s'espera que es produeixi tal efecte migratori, doncs les expectatives creades únicament responen a un increment de la competència però no a la materialització de noves línies de desig no servides fins al moment. S'ha projectat així una xarxa radial que connecta les principals localitats amb Madrid de forma quasi-directa i a gran velocitat. I a part, s'ha projectat de tal forma que es limita l'ús de la xarxa als combois de passatgers, restringint les mercaderies. D'aquesta forma, s'ha disposat d'una xarxa d'altres prestacions sobre un territori que no genera prou demanda per omplir els pocs serveis que circulen.

En definitiva, és necessari concloure que a nivell espanyol aquesta incidència del ferrocarril sobre el sistema de ciutats a escala nacional ha de ser llegida des d'una perspectiva crítica. Si a nivell europeu ja cal matisar entre diferents variables, a nivell espanyol cal afegir-hi un grau d'intervencionisme públic excessiu, i mal encaminat, que hauria impedit un correcte desenvolupament territorial arreu excepte a la capital central. D'aquesta forma, és lògic que autors com Tortella (1973) o Domingo Clota (1986) indiquessin que el ferrocarril no va tenir els **efectes territorials** previstos per les expectatives creades. Si com a mínim s'hagués aprofitat la xarxa ferroviària per realitzar inversions en infraestructures complementàries que afavorissin el desenvolupament regional, la situació s'hagués pogut revertir. No obstant, es va prioritzar la construcció de tota la xarxa ferroviària radial planificada (com a alternativa al sistema previ de carreteres), en comptes d'invertir en polítiques locals de foment industrial i millora de la competitivitat. Es va deixar així un territori amb alts nivells de subdesenvolupament. D'aquesta forma, els canvis induïts sobre les ciutats van ser limitats. I igual de limitats sembla que seran els efectes territorials induïts per les noves línies d'Alta Velocitat projectades, doncs amb una demanda potencial escassa i una forta competència d'altres modes serà difícil millorar els resultats obtinguts fins al moment.

On sí que cal reconèixer el paper del ferrocarril, tot i que de forma més passiva, va ser en el condicionament de l'**expansió urbana** de les ciutats espanyoles. És innegable el paper del ferrocarril en la creació de nous eixamples, la radicació industrial entorn les estacions o la millora de l'accessibilitat a escala regional (Alvarez 2016). Fins i tot en les actuacions de reforma urbanístiques portades a terme (Santos 2007), així com en les fortes pressions locals per alterar el traçat infraestructural cercant un millor encaix en la trama urbana. Tanmateix, seria en aquest mateix context en el que nombroses ciutats haurien aprofitat la construcció de les noves línies d'Alta Velocitat per modernitzar l'estació, soterrar el traçat o simplement millorar la integració del ferrocarril convencional al seu pas per la localitat. Al mateix temps, altres localitats han optat per acceptar la projectació de la nova infraestructura per fora de la ciutat, cosa que en comportarà, molt probablement, un eixample urbà a curt o mig termini amb el negoci immobiliari que això suposa (Gómez-Ordoñez 1977, Herce 2013a). L'aprofitament d'aquesta situació per part de les ciutats afectades està ara a les mans de l'Administració Local.

7.3 La necessitat de redefinir el sistema de planificació i gestió infraestructural

En els apartats anteriors s'evidencia que la disposició d'una xarxa infraestructural adequada permet un desenvolupament harmònic del territori, però un mal plantejament no fa més que incrementar la despesa, crear infraestructures duplicades i consolidar l'esquema de funcionament preexistent.

Per finalitzar les reflexions anteriors, l'autor voldria aportar algunes consideracions per tal de poder plantejar un debat seriós i profund sobre la forma com es planifiquen, construeixen i gestionen els ferrocarrils, tot i que també seria aplicable a la resta d'infraestructures del nostre país. Els escàndols recents entorn determinades actuacions no fan més que reafirmar aquesta necessitat. Així doncs, es deixen enunciades algunes premisses per a la reflexió del lector, però sobretot perquè l'autor pugui emprar-les com a línies de recerca futura i com a base argumental de futurs treballs:

1. *Reduir el nivell d'intervenció estatal en la presa de decisions sobre infraestructures.*

Com es desprèn de les constatacions argumentades en els apartats anteriors, la incidència política a l'hora de planificar les infraestructures de transport ha creat importants disfuncions en el correcte funcionament de les mateixes i de les xarxes territorials resultants. Bé sigui en el cas espanyol, argentí (Alvarez 2012a) o balcànic (Stanev 2015) es posa de manifest com la imposició de xarxes basades en criteris polítics o militars ha tingut conseqüències nefastes sobre el transport (que hauria de ser objecte principal de les infraestructures), doncs la manca de demanda acaba portant al tancament de les mateixes abans de poder ser amortitzades.

2. *Delimitar clarament els conceptes de titularitat, promoció i gestió de les infraestructures.*

Les infraestructures són un bé d'interès públic, i com a tal haurien de ser de titularitat pública. Aquesta és una premissa que difícilment seria qüestionable. Ara bé, això no implica que no s'hagi de poder recórrer al capital privat com a inversor davant de noves infraestructures o com a constructor de les mateixes. Al cap i a la fi, l'Estat finança el seu deute d'una forma o altra, per tant pot admetre l'entrada d'inversors o socis estratègics per al procés de construcció infraestructural. Sempre i quan les condicions de col·laboració siguin clares, els interessos raonables, els òrgans reguladors independents i no hi hagi abusos per part del privat sobre el públic no hauria d'haver problemes al respecte. I des del punt de vista de la gestió s'hauria de poder veure d'igual forma. El manteniment infraestructural requereix d'un nivell d'especialització que el sector públic no sempre pot aportar, i l'entrada de gestors privats podria millorar el funcionament de determinades qüestions. Ara bé, concessionar no ha d'implicar donar tots els drets a l'operador a costa de l'usuari, com passa actualment amb molts serveis bàsics. En aquesta línia, i per tal de demostrar a la ciutadania que no hi ha abusos encoberts, caldria que els contractes públic-privats fossin senzills, clars i transparents i que les condicions de revocació contractual per part de l'Estat no tinguessin condicionants. A part, seria bo també que es segmentés la xarxa el màxim possible, per facilitar la competència, i evitar les situacions monopolístiques, amb excessiva força per part d'algunes empreses.

3. *Fomentar la participació de la societat civil en els processos de planificació, promoció i gestió de les infraestructures.*

Fins a data d'avui, són els estaments polítics i tècnics els únics que participen en aquestes qüestions. No obstant, la ciutadania fa temps que reclama la seva quota de participació per poder opinar al respecte. La participació ciutadana s'ha constituït com un fort reclam de la societat actual, per tal de poder participar en la concepció i presa de decisions en matèria infraestructural. I sembla que aquesta tendència anirà progressant gradualment en la línia del que succeeix en altres països europeus amb majors quotes de desenvolupament. Convé doncs

preparar les eines necessàries i conscienciar gradualment a la societat de la importància del seu vot per decidir el sistema d'organització urbà i territorial, més adequat a les necessitats col·lectives.

4. *Justificar els projectes infraestructurals de forma externa i no interessada.*

Actualment és el propi promotor infraestructural el que s'encarrega de pagar els informes tècnics de mobilitat, trànsit, ambiental, econòmic-financer, etc. Per molt prestigi que tingui l'equip tècnic encarregat, no deixa de ser un encàrrec professional a una entitat privada amb ànim de lucre. Emetre un informe negatiu capaç d'aturar el desenvolupament d'una obra no tan sols resulta ineficient, doncs se'n pot encarregar d'altres, sinó que també pot portar a que la pròpia empresa no sigui contractada de nou. A tal efecte, la credibilitat d'aquests informes només serà absoluta quan realment s'acrediti la falta de vincles entre el promotor de la obra i el redactor de l'informe. A part, convindria donar-los major importància en la presa de decisions.

5. *Garantir la participació del sistema econòmic local en l'adequació socio-econòmica dels territoris servits.*

Alguns dels treballs que conformen el compendi (Alvarez 2012b) posen de manifest la importància de les inversions complementàries per tal d'acomplir els objectius de desenvolupament dels territoris servits pel ferrocarril. En països amb nivells de desenvolupament baixos és molt difícil que el ferrocarril indueixi desenvolupament si no és via la reconversió del sistema productiu regional. I això només és possible si hi ha una inversió complementària que millori els factors de producció i la competitivitat regional. A tal efecte, l'autor considera que la inversió en noves infraestructures de transport no és suficient per incentivar aquest procés de canvi, i cal que es produeixin també inversions a nivell local. En aquesta línia, quan un territori reclama una infraestructura seria aconsellable exigir-li uns nivells mínims d'inversió compromesa, tant pública com privada, per tal que realment es pogués aprofitar el potencial transformador de les infraestructures de transport.

6. *Fomentar la creació d'organismes encarregats de vetllar pel correcte funcionament infraestructural i per la transparència en la gestió.*

Els diferents agents que han participat en la planificació, en la promoció o en la gestió infraestructural haurien d'estar representats en un òrgan que garantís l'acompliment dels objectius cercats a l'hora de construir la infraestructura. Lògicament, els diferents nivells d'Administració Pública, així com la societat civil i altres agents interessats haurien de tenir també la possibilitat de participar-hi; de forma que el govern de l'entitat fos més plural i es poguessin establir ponts de diàleg entre les parts.

De la mateixa manera, aquest organisme garantiria un transvasament de la informació cap al ciutadà de forma directa, immediata i transparent. Com a bé d'interès general que son les infraestructures cal que el ciutadà disposi en tot moment de la informació necessària per poder avaluar de forma independent i crítica si s'està procedint de forma adequada, i poder reprovar-ho si ho creu necessari.

7. *Plantejar la introducció progressiva del sistema de pagament per ús de les infraestructures de transport.*

A diferència d'altres sectors públics com l'educació, la sanitat o la justícia, en el cas dels transports existeixen serioses discrepàncies sobre la seva funció com a pilar de l'Estat del

Benestar. Però a més a més, la forma com es gestionen actualment les infraestructures deixa molt que desitjar, doncs una vegada construïdes difícilment es pot aspirar a inversions de reforç o millora, ni tan sols de manteniment. El cas dels ferrocarrils és paradigmàtic. Tot i ser construïts fa més de 150 anys, moltes línies encara circulen per la mateixa infraestructura del primer dia, i on pràcticament no s'hi ha fet res.

La introducció d'una taxa de pagament per ús de les infraestructures, principalment les viàries, afavoriria la recaptació de recursos que podrien ser destinats al manteniment de les vies, així com a la construcció de noves línies o ramals necessaris. De fet, l'empresa pública Tabasa o l'empresa *NYS Marine Highway Transportation* són clars exemples de casos en els que el pagament d'un peatge per ús ha permès a les empreses promocionar noves infraestructures centrades en altres modes de transport més sostenibles. D'aquesta forma, l'Estat podria recaptar dels operadors privats, o dels usuaris directes, els recursos necessaris per portar a terme les seves polítiques infraestructurals sense sobrecarregar el deute públic recurrentment.

8. *Planificar les infraestructures minimitzant els impactes causats sobre el territori i el sistema de ciutats.*

Al llarg de la tesi s'ha posat de manifest la necessitat de projectar adequadament les infraestructures per optimitzar-ne l'encaix a les ciutats (Alvarez 2016). Entendre que les infraestructures no són un element independent sinó que formen part d'un complex entramat d'interessos i relacions territorials és el primer pas a seguir. I en aquesta línia, convé tendir cap als equips pluridisciplinaris a l'hora de projectar, doncs permeten oferir una visió de conjunt inassolible amb els mètodes anteriors. De la mateixa manera, cal que les administracions promotores entenguin que la interacció amb el territori és tan o més important que la pròpia infraestructura a l'hora de garantir-ne el funcionament futur. I en aquest sentit caldria donar més veu a les administracions locals, als agents implicats i a la societat civil a l'hora de dissenyar els traçats. D'aquesta manera es podrien reduir significativament els impactes causats. Al mateix temps, l'administració local hauria de donar una resposta molt més àgil davant els condicionants urbanístics i les actuacions de millora emanades de la construcció de les noves infraestructures regionals. Finalment, el pagament per ús de la infraestructura proposat al cas anterior, hauria de ser emprat parcialment per realitzar inversions que redueixin l'impacte urbà i territorial de les infraestructures. Això permetria que els territoris més afectats per aquestes poguessin, com a mínim, ser recompensats pels perjudicis imposats.

8. NOVES LÍNIES DE RECERCA

La contribució de la present tesi com a compendi bibliogràfic sobre la interacció entre ferrocarril i sistema de ciutats des d'una perspectiva global permet establir un nou punt de partida per ajudar a desenvolupar nous estudis que intentin quantificar aquesta interrelació. D'igual forma, l'aportació de mètodes quantitativs de càlcul i l'aparició de noves bases de dades SIGH fa que aquestes interaccions puguin ser desenvolupades de forma més precisa i en consonància amb les categoritzacions aquí establertes

En aquest sentit, es podria iniciar noves línies de recerca que tractessin els següents ítems:

- *Quantificació de la relació entre ferrocarril i desenvolupament econòmic.*
Diversos grups de recerca a escala europea estan desenvolupant una nova metodologia de càlcul per estimar el Producte Interior Brut a escala regional. La seva correlació amb indicadors de cobertura o accessibilitat ferroviària pot aportar noves conclusions al debat que poden aclarir molts aspectes, actualment suposats.
- *Quantificació de l'efecte del ferrocarril en la integració de mercats.*
D'igual forma al cas anterior, altres grups de recerca estan desenvolupant una base de dades que conté índexs de preus de productes al consum en diferents ciutats europees. D'aquesta forma es podria intentar quantificar l'efecte del ferrocarril en la integració d'aquests mercats, via la normalització de preus i l'oferta de productes en zones no productores.
- *Comparació dels casos aquí analitzats des d'una perspectiva territorial més àmplia.*
Tot i que en la present tesi s'ha tractat indistintament territoris anglesos, espanyols, balcànics o argentins, cert és que no s'ha arribat a contemplar totes les casuístiques existents. D'aquesta forma seria interessant plantejar comparatives a nivell internacional que permetessin contrastar les interaccions entre ferrocarril i ciutat a escala europea, americana, africana o asiàtica. La bibliografia en aquest sentit i, sobretot, les bases de dades disponibles tenen molt marge de millora encara en aquests territoris.
- *Desenvolupament de noves bases de dades SIGH i millora de les existents.*
El potencial dels Sistemes d'Informació Geogràfica per emmagatzemar informació històrica relacionada amb el territori és molt gran. A tal efecte, s'ha de continuar el procés de creació, però també de millora de les bases de dades disponibles. Aspectes com el sistema tractor, la velocitat comercial, el cost per trajecte, el nombre de serveis o la demanda de béns i persones transportades per la xarxa seria cabdal per millorar la comprensió i la comparativa entre regions.
- *Proposta de nous indicadors que ajudin a quantificar les dinàmiques d'urbanització.*
La idea passa per entendre que la correlació entre ferrocarril i creixement urbà s'ha fet evident després d'un segle i mig d'interacció, però l'evolució urbana es produeix de forma molt lenta en determinats contextos econòmics i socials. A tal efecte, poder disposar d'indicadors que quantifiquin aquesta expansió podria ajudar a facilitar la correlació entre variables i el conseqüent anàlisi de les dinàmiques territorials i urbanes actuals en relació a altres infraestructures projectades.
- *Inclusió a l'anàlisi de xarxes de transport complementàries.*
Els ferrocarrils es caracteritzen per ser unes infraestructures fàcilment identificables i amb un sistema d'explotació molt clar. Això ajuda a determinar clarament el traçat de la seva xarxa i les modificacions realitzades. Ara bé, resulta obvi que l'anàlisi del ferrocarril com a sistema deixa de banda una part important del sistema global de transports. A tal efecte, es necessari

compatibilitzar les bases de dades ferroviàries amb les de carreteres, ports i aeroports. Posteriorment, es podrien plantejar models de transport multimodals que podrien arribar a nivells de significació en les correlacions molt més elevats que els detectats fins al moment.

- *Ús dels instruments mostrats per analitzar interaccions en el context actual.*

Tot i que l'aplicació de bona part dels instruments aquí desenvolupats s'hagi centrat en casos històrics, res no impedeix la seva implementació en models interpretatius que pretenguin millorar l'encaix d'una infraestructura en el territori actual. Fins i tot, part de les conclusions d'aquí emanades poden ajudar a millorar la forma en que els projectistes abordin el disseny de noves infraestructures ferroviàries.

9. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

9.1 Bibliografia general

Albalade, D., & Bel i Queralt, G. (2011). Cuando la economía no importa: Auge y esplendor de la Alta Velocidad en España. *Revista de Economía Aplicada*, XIX(55), pp. 171–190.

Alcaide González, R. (2005). El ferrocarril como elemento estructurador de la morfología urbana: El caso de Barcelona 1848-1900. *Scripta Nova*, IX(194 (65)).

Alcaide González, R. (1999). El ferrocarril en España (1829-1844): Las primeras concesiones, el marco legal y la presencia de la geografía en las memorias de los anteproyectos de construcción de las líneas férreas. *Biblio 3W*, 190.

Alemany, J., y Campi, J. M. (1986). Los transportes en el área de Barcelona: diligencias, tranvías, autobuses y metro. TMB: Barcelona.

Álvarez Palau, E. (2008). Les ciutats i els ports del petroli de la Patagònia a l'Argentina: la creació d'un sistema urbà al voltant d'un sistema infraestructural. Tesina de grau dirigida per Francesc Magrinyà. ETSECCPB-UPC. 169p.

Antrop, M. (2004). Landscape change and the urbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, (67), pp. 9–26.

Antrop, M. (2000). Changing patterns in the urbanized countryside of Western Europe. *Landscape Ecology*, 15(3), pp. 257–270.

Atack, J., & Margo, R. A. (2011). The Impact of Access to Rail Transportation on Agricultural Improvement: The American Midwest as a Test Case, 1850-1860. *Journal of Transport and Land Use*, 4(2), pp. 5-18.

Atack, J., Bateman, F., Haines, M., & Margo, R. A. (2010). Did Railroads Induce or Follow Economic Growth? Urbanization and Population Growth in the American Midwest, 1850-1860. *Social Science History*, 34(2), pp. 171–197.

Atack, J., Haines, M. R., & Margo, R. A. (2008). Railroads and the Rise of the Factory: Evidence for the United States, 1850-70. *National Bureau of Economic Research*. 34p.

Barba, R. i Herce, M. (1998). Medi ambient, urbanisme, ordenació del territori i paisatge. A *Medi Ambient i Tecnologia*. Ed. UPC: Barcelona. 299p.

Barclay, W. S. (1917). The Geography of South American Railways. *The Geographical Journal*, 49(3), pp. 161–201.

Barquín, R., Pérez, P., y Sanz, B. (2013). La influencia del ferrocarril en el desarrollo urbano español (1860-1910). *Revista de Historia Económica / Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 30(03), 391–416.

Barquín Gil, R. (1997). Transporte y precio del trigo en el siglo XIX: creación y reordenación de un mercado nacional. *Revista de Historia Económica / Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 15(01), pp. 17–48.

Bel, Germà (2010). España, capital París. Origen y apoteosis del Estado radial: del Madrid sede cortesana a la “capital total”. Ed. Destino: Barcelona. 325p.

- Bellet Sanfeliu, C. y Jurado Rota, J. (2014). La localización de las estaciones de Alta Velocidad en España. In *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, Vol. 34, pp. 9–24.
- Bellet Sanfeliu, C., y Gutiérrez Palomero, A. (2011). Ciudad y ferrocarril en la España del siglo XXI. La integración de la alta velocidad ferroviaria en el medio urbano. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 55, pp. 251–279.
- Bellet Sanfeliu, C. (2010). Nuevas tecnologías de transporte y metropolitanización discontinua del territorio: el tren de alta velocidad en Segovia. *Arquitectura, Ciudad Y Entorno*, 4(12), pp. 27–41.
- Bellet Sanfeliu, C. (2002). El impacto espacial de la implantación del tren de alta velocidad en el medio urbano. *Revista de Geografía*, (1), pp. 57–77.
- Berger, T., & Enflo, K. (2013). Locomotives of Local Growth: The Short -and Long- Term Impact of Railroad in Sweden. *EHES Working Papers*, (42). 43p.
- Black, J. (2004). The Canadian Pacific Railway as a model for the Trans-Siberian Railway. *Sibirica: Journal of Siberian Studies*, 4(2), pp. 186–200.
- Black, W. R. (1993). Transport route location. *Journal of Transport Geography*, 1(2), pp. 86–94.
- Bourbonniere, M. (2013). Ripple effects: the groundnut scheme failure and railway planning for colonial development in Tanganyika, 1947–1952. *Canadian Journal of African Studies/La Revue Canadienne Des Études Africaines*, 47(3), pp. 365–383.
- Brandis, D. y Mas, R. (1981). La Ciudad Lineal y la práctica inmobiliaria de la compañía madrileña de urbanización (1894-1931). *Ciudad y Territorio*, 3/81, pp. 41-76.
- Bruinsma, F., Pels, E., Priemus, H., Rietveld, P., & van Wee, B. (2007). *Railway development: Impacts on urban dynamics*. Heidelberg: Psysica-Verlag (Springer). 409p.
- Bunge, W (1962). Theoretical geography. *Lund Studies in Geography*, Serie C, General and Mathematical Geography.
- Burckhart, K.; Martí-Henneberg, J. y Tapiador, F.J. (2008). Cambio de hábitos y transformaciones territoriales en los corredores de alta velocidad ferroviaria. Resultados de una encuesta de viajeros en la línea Madrid-Barcelona. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, vol. XII, núm. 270 (46).
- Bustinduy, J. (2006). El ferrocarril en la ciudad. Evolución de los sistemas pasantes. *Ingeniería y Territorio*, 76. pp. 54-61.
- Cao, J., Liu, X. C., Wang, Y., & Li, Q. (2013). Accessibility impacts of China's high-speed rail network. *Journal of Transport Geography*, 28(0), pp. 12–21.
- Capel, H. (2012). Estrategias espaciales de Barcelona Traction: La Creación de Catalanian Land. En *Simposio Internacional Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930*. Universitat de Barcelona: Barcelona. 57p.
- Capel, H. (2011). Los ferrocarriles en la ciudad. Redes técnicas y configuración del espacio urbano. Fundación de los Ferrocarriles Españoles: Madrid, 227p.
- Capel, H. (2007). Ferrocarril, territorio y ciudades. *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, XII(717), pp. 1–43.

- Caron, F. (2003). Railway development in the capital city: the case of Paris (pp. 139-154). In Roth, R. & Polino, M.N. *The city and the railway in Europe*. Historical Urban Studies. Ashgate Publishing Limited: Aldershot. 236p.
- Caron, F. (2002). Una ciudad capital y el ferrocarril: el caso de París (pp. 83-95). En Cayón, F.; Muñoz, M. y Vidal, J. *Ferrocarril y ciudad. Una perspectiva internacional*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte: Madrid. 222p.
- Caruana-Galizia, P.; & Martí-Henneberg, J. (2013). European regional railways and real income, 1870-1910: a preliminary report. *Scandinavian Economic History Review*, 61(2), pp. 167–196.
- Caruana-Galizia, P. (2012). Mediterranean Labour-Market Integration: Maltese Real Wages in a Regional Context, 1836-1913. *Journal of European Economic History*, 41(3), pp. 93–121.
- Castillo Hidalgo, D. (2015). Las puertas del imperio: Análisis del sistema portuario de Senegal. Jerarquía, centralidad y complementariedad en un contexto colonial (1839-1910). *Investigaciones de Historia Económica*, 11(2), pp. 91–102.
- Cayón García, F., Muñoz Rubio, M., y Vidal Olivares, J. (2002). *Ferrocarril y ciudad: una perspectiva internacional*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte: Madrid. 222p.
- Cerdà, I. (1867): *Teoría General de la Urbanización. Y aplicación de sus principios y doctrinas a la Reforma y Ensanche de Barcelona*. Tomo I, Imprenta Española: Madrid. 815 p. (Reeditado por el Instituto de Estudio Fiscales en 1968).
- Ciselli, G., y Duplatt, A. (2006). *Km 5: barrios patagónicos: con memoria petrolera y ferroviaria*. Ed. Dunken: Buenos Aires, 222p.
- Cuéllar Villar, D. (2009). Los intereses creados: Una primera aproximación a la expansión ferroviaria y sus especulaciones urbanísticas. *Biblio 3W*, XIV(846).
- Cuéllar Villar, D. (2007). El ferrocarril en España, siglos XIX y XX: Una visión en el largo plazo. *Working Paper Series. Economic History*, 03/2007. 56p.
- Cuéllar Villar, D. et al. (2005). *Historia de los poblados ferroviarios en España*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles: Madrid, 398p.
- De Block, G., & Polasky, J. (2011). Light railways and the rural -urban continuum: technology, space and society in late nineteenth-century Belgium. *Journal of Historical Geography*, 37, pp. 312–328.
- De Rus Mendoza, G., y Román García, C. (2006). Análisis económico de la línea de alta velocidad Madrid-Barcelona. *Revista de Economía Aplicada*, 14(42), pp. 35–79.
- De Rus, G., y Inglada, V. (1993). Análisis coste-beneficio del tren de alta velocidad en España. *Revista de Economía Aplicada*, 1(3), pp. 27–48.
- De Terán, F. (1964). Revisión de la ciudad lineal: Arturo Soria. *Arquitectura*, (72), pp. 3–20.
- Debie, J. (2010). From colonization to national territories in continental West Africa: the historical geography of a transport infrastructure network. *Journal of Transport Geography*, 18(2), pp. 292–300.
- Delgado Viñas, C. (2010). Entre el puerto y la estación. La influencia de las infraestructuras de transporte en la morfología de las ciudades portuarias españolas (1848-1936). *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, XIV(330).

- Delgado Viñas, C. (2009). Un siglo de impacto de las infraestructuras marítimo-ferroviarias en la forma de la ciudad. En *V Congreso de Historia Ferroviaria*. Palma de Mallorca: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, 24 p.
- Díaz Márquez, S. E. (2011). Aproximación territorial a los intercambiadores de transporte. *Revista Facultad de Ingeniería*, 20(30), pp. 17–30.
- Díez Pisonero, R. (2012). High speed rail (HSR) vs air transportation: Trendy competition in the transport geography of Spain. *Information Technology Research Journal*, 2(1), pp. 8–19.
- Domingo Clota, M. (1986). *Xarxa ferroviària i construcció urbana a Catalunya*. Tesi doctoral dirigida per Manuel Ribas. ETSAB-UPC.
- Duarte Lanna, A. L. (2006). Las ciudades y el ferrocarril en Brasil: 1871-1920. En *IV Congreso de Historia Ferroviaria*. Málaga: Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 23p.
- Dupuy, G. (2013). Network geometry and the urban railway system: the potential benefits to geographers of harnessing inputs from “naive” outsiders. *Journal of Transport Geography*, 33, pp. 85–94.
- Dupuy, G. (1991). *Urbanisme de reseaux, théories et méthodes*. Ed. A. Colin : Paris.
- Dupuy, G. (1985). *Systèmes, réseaux et territoires*. Ed. Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées : Paris.
- Ellwanger, G., & Wilckens, M. (1994). High speed for Europe. *Japan Railway & Transport Review*, Special Issue, pp. 17–25.
- Evenden, M. (2006). Precarious foundations: irrigation, environment, and social change in the Canadian Pacific Railway's Eastern Section, 1900-1930. *Journal of Historical Geography*, (32), pp. 74–95.
- Felis-Rota, M. (2014). The Importance of Being Central: Railway Density and Distance to Markets in European Countries, 1850–1920. *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 47(4), pp. 199–209.
- Felis-Rota, M. (2013). The Debate on the Restructuration of British Railways in 1967. In *Railroads in Historical Context: construction, costs and consequences*. Foz Tua. 15p.
- Findlay, R., & O'Rourke, K. H. (2003). Commodity market integration, 1500-2000. In Bordo, M.; Taylor, A. & Williamson, J.: *Globalization in Historical Perspective*. Chicago: University of Chicago Press. pp. 13-64.
- Fogel, R. W. (1964). *Railroads and American Economic Growth: Essays in Econometric History*. Johns Hopkins Press: Baltimore.
- Franch-Auladell, X., Morillas-Torné, M., y Martí-Henneberg, J. (2014). The railway network and the process of population concentration in Spain, 1900-2001. *Revista de Historia Económica / Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 32(03), pp. 351–379.
- Franch-Auladell, X., Morillas-Torné, M., & Martí-Henneberg, J. (2013). Railways as a Factor of Change in the Distribution of Population in Spain, 1900–1970. *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 46(3), pp.144–156.

- Felis-Rota, M., Martí-Henneberg, J., & Mojica Gasol, L. (2012). A GIS analysis of the evolution of the railway network and population densities in England and Wales, 1851-2000. In *EHA Annual Meeting*, Vancouver. 16p.
- Ferrari, M. (2011). Los asentamientos urbanos producidos por la instalación del ferrocarril en el noroeste argentino. *Revista Apuntes. Redes Ferroviarias*, 24, pp. 26-43.
- Gangolells, B. (2008): Els territoris del negoci elèctric: el model de Pearson i la seva aplicació a São Paulo, México D.F., Rio de Janeiro i Barcelona. Tesina de Grau dirigida per Francesc Magrinyà. ETSECCPB-UPC. 98p.
- Garcés, E. (2003). Las ciudades del cobre. Del campamento de montaña al hotel minero como variaciones de la company town. *Eure*, XXIX(88), pp. 131-148.
- Genre-Grandpierre, C. (1999). La desserte spatiale des réseaux de transport routier : une approche fractale. *Flux*, 15(38), pp. 56-68.
- Giuntini, A. (2003). Interactions between railways and cities in nineteenth-century Germany: some case studies (pp. 119-135). In Roth, R. & Polino, M.N. *The city and the railway in Europe*. Historical Urban Studies. Ashgate Publishing Limited: Aldershot. 236p.
- Giuntini, A. (2002). El impacto del ferrocarril en la configuración urbana de tres ciudades italianas: Milán, Florencia y Roma (pp. 97-115). En Cayón, F.; Muñoz, M. y Vidal, J. *Ferrocarril y ciudad. Una perspectiva internacional*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte: Madrid. 222p.
- Gómez Ordóñez, J. L. y Grindlay Moreno, A.L. (2000). Los transportes ferroviario y marítimo en Andalucía. *Revista de Estudios Regionales*, 56, pp. 141-169.
- Gómez Ordóñez, J. L. y de Solà-Morales i Rubió, M. (1977). Crecimiento urbano como inversión de capital fijo. El caso de Barcelona (1840-1975). *Ciudad Y Territorio*, (2), pp. 53-62.
- González Rodríguez, R. (2002). Aranceles del portazgo y castillaje del Concejo de Benavente. *Brigecio: revista de estudios de Benavente y sus tierras*, (12), pp. 107-124.
- González Yanci, M. P. (2012). El ferrocarril mantiene su protagonismo en la evolución urbana de Madrid: el Pasillo Verde y la operación Chamartín. *Estudios Geográficos*, 73(273), pp. 483-506.
- González Yanci, M. P. (2002). El impacto del ferrocarril en la configuración urbana de Madrid. 150 años de historia del ferrocarril (pp. 133-155). En Cayón, F.; Muñoz, M. y Vidal, J. *Ferrocarril y ciudad. Una perspectiva internacional*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte: Madrid. 222p.
- González Yanci, M. P. (1976). El ferrocarril como factor condicionante de la localización industrial de una ciudad: el caso de Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, CXII (II). pp. 329-346.
- Governa, F. (2007). Las infraestructuras de transporte concebidas como obras territoriales. *Papers: Regió Metropolitana de Barcelona: Territori, Estratègies, Planejament*, 44, pp. 20-31.
- Gregory, I. N., & Martí-Henneberg, J. (2010). The railways, urbanization, and local demography in England and Wales, 1825-1911. *Social Science History*, 34(2), pp. 199-228.
- Gregory, I. N. (2003). *A place in history: A guide to using GIS in historical research*. Belfast: Centre for Data Digitisation and Analysis. 112p.
- Gutiérrez, J. (2004). El tren de alta velocidad y sus efectos espaciales. *Investigaciones Regionales*, (5), pp. 199-221.

- Gutiérrez, J., Monzón, A. y Piñeiro, J.M. (1998). Accessibility, network efficiency, and transport infrastructure planning. *Environment and Planning A*, 30, pp. 1337-1350.
- Gutiérrez, J., González, R., & Gómez, G. (1996). The european high-speed train network. *Journal of Transport Geography*, 4(4), pp. 227–238.
- Hagget, P. *Análisis locacional en la geografía humana*. Ed. Gustavo Gili: Barcelona. 434p.
- Hamilton, E. C. (1957). *British Railway History*. Allen and Unwin: London. Vol 2. p. 217.
- Hastoglou-Martinidis, V. (2003). The advent of transport and aspects of urban modernisation in the Levant during the nineteenth century (pp. 62-78). In Roth, R. & Polino, M.N. *The city and the railway in Europe*. Historical Urban Studies. Ashgate Publishing Limited: Aldershot. 236p.
- Haywood, R. (2009). *Railways, Urban Development and Town Planning in Britain: 1948-2008*. Farnham: Ashgate Publishing Limited.
- Haywood, R. (2005). Co-ordinating urban development, stations and railway services as a component of urban sustainability: an achievable planning goal in Britain? *Planning Theory & Practice*, 6(1), pp. 71–97.
- Haywood, R. (1997). Railways, urban form and town planning in London: 1900-1947. *Planning Perspectives*, 12(1), pp. 37–69.
- Heath, H. J. (2011). El malogrado proyecto del ferrocarril peninsular del Distrito Norte de la Baja California, 1887-1892. *Estudios Fronterizos*, 12(24), pp. 185–221.
- Herce Vallejo, M. (2013a). El negocio del territorio: evolución y perspectivas de la ciudad moderna. Alianza Editorial: Madrid. 388p.
- Herce Vallejo, M. (2013b). Carreteras para una movilidad equitativa. *Revista de Obras Públicas*, (3540), 21–29.
- Herce Vallejo, M. (2010). El “Modelo Barcelona” y el “Marketing” de las Olimpiadas de Río de Janeiro. *Biblio 3W*, XV(895 (11)), 7p.
- Herce Vallejo, M. (2009). Ferrocarril de alta velocidad: impactos socioeconómicos, efectos territoriales y oportunidades de renovación urbana. *Ciudad y Territorio*, XLI (159), 43–64.
- Herce Vallejo, M. (2008). La forma de las infraestructuras en la construcción del territorio y de su paisaje. *Ingeniería Y Territorio*, 84, pp. 38–47.
- Herce Vallejo, M., y Magrinyà Torner, F. (2002). *La ingeniería en la evolución de la urbanística*. Barcelona: UPC. 236p.
- Herranz-Loncán, A. (2014). Transport technology and economic expansion: the growth contribution of railways in Latin America before 1914. *Revista de Historia Económica / Journal of Iberian and Latin American Economic History*, 32(01), pp. 13–45.
- Herranz-Loncan, A. (2011). The Role Of Railways In Export-led Growth: The Case Of Uruguay, 1870-1913. *Economic History of Developing Regions*, 26(2), pp. 1–32.
- Herranz-Loncan, A. (2009). The contribution of railways to economic growth in Latin America before 1914: The cases of Mexico, Brazil and Argentina. *AEHE – Documentos de trabajo*. DT-0903. 28p.

- Hornung, E. (2012). Railroads and micro-regional growth in prussia. *Ifo Working Paper* (127). Munich. 46p.
- Izquierdo de Bartolomé, R. (1986): *Introducción al transporte*. Ed. Colegio de Caminos, Canales y Puertos: Madrid. 394p.
- Jedwab, R., & Moradi, A. (2011). Transportation infrastructure and development in Ghana. *Working paper. Paris - Jourdan Sciences Economiques*, n2011-24. 48p.
- Julià, J., y Vergés, R. (1994). Presente y futuro de la red ferroviaria de Barcelona: El soporte a los servicios de cercanías, regionales y largo recorrido. *Papers. Regió Metropolitana de Barcelona*, pp. 35–48.
- Kansky, K. J. (1963). Structure of transport networks: relationships between network geometry and regional characteristics. *Research Papers*, 84. University of Chicago.
- Kerr, I. J. (2001). Bombay and Lahore. Colonial Railways and Colonial Cities: Some Urban Consequences of the Development and Operation of Railways in India, c. 1850-c. 1947. *En II Congreso de Historia Ferroviaria*. Aranjuez: Fundación de los Ferrocarriles Españoles. 21p.
- Kerr, I. J. (2011). The building of the Bhor Ghat Railway Incline in western India in the mid-19th century. In *Railroads in Historical Context: construction, costs and consequences*. Foz Tua: MIT Portugal. pp. 343–356.
- Klemann, H. A. M., & Schenk, J. (2013). Competition in the Rhine delta: waterways, railways and ports, 1870–1913. *Economic History Review*, 66(3), pp. 826–847.
- Koopmans, C., Rietveld, P., & Huijg, A. (2012). An accessibility approach to railways and municipal population growth, 1840-1930. *Journal of Transport Geography*, 25, pp. 98–104.
- Kosambi, M. (1986). Bombay in transition: the growth and social ecology of a colonial city, 1880-1980. Stockholm: Almqvist & Wiksell International. 204p.
- Kosambi, M., & Brush, J. E. (1988). Three colonial port cities in India. *Geographical Review*, 78(1) pp. 32-47.
- Kotavaara, O., Antikainen, H., & Rusanen, J. (2011a). Population change and accessibility by road and rail networks: GIS and statistical approach to Finland 1970–2007. *Journal of Transport Geography*, (19), pp. 926–935.
- Kotavaara, O., Antikainen, H., & Rusanen, J. (2011b). Urbanization and Transportation in Finland, 1880-1970. *Journal of Interdisciplinary History*, XLII(I), pp. 89–109.
- Leheis, S. (2012). High-speed train planning in France: Lessons from the Mediterranean TGV-line. *Transport Policy*, 21, pp. 37–44.
- Levinson, D. M. (2012). Accessibility impacts of high-speed rail. *Journal of Transport Geography*, 22, pp. 288–291.
- Pita, A. L. (2006a). Infraestructuras ferroviarias. Barcelona: CENIT - Universitat Politècnica de Catalunya.
- López-Pita, A. (2006b). Apuntes para la historia de la alta velocidad por ferrocarril en Europa. In *IV Congreso Historia Ferroviaria*. Consejería de Obras Públicas y Transportes: Málaga. 14p.

- López-Pita, A., & Robusté, F. (2005). Impact of high-speed lines in relation to very high frequency air services. *Journal of Public Transportation*, 8(2), pp. 17-35.
- López-Pita, A. (1993). La alta velocidad en el ferrocarril y la complementariedad entre los modos de transporte. *Revista de Obras Públicas* (3.322), pp. 55–62.
- Lucey, N. (1973). The Effect of Sir Ebenezer Howard and the Garden City Movement on Twentieth Century Town Planning. Rickmansworth.
- Macías, O. (2002). Bilbao, metrópoli ferroviaria (pp. 177-203). En Cayón, F.; Muñoz, M. y Vidal, J. *Ferrocarril y ciudad. Una perspectiva internacional*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte: Madrid. 222p.
- Magrinyà, F., Navas, T., Mercadé, J., y Mayorga, M. (2014). Del urbanismo del proyecto urbano (1980-1992) al urbanismo ciudadano y de apropiación social (2011-2014). Reflexiones sobre las transformaciones urbanas del puerto y frente marítimo de Barcelona y el rol de la ciudadanía. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 24(1). pp. 125-132.
- Magrinyà i Torner, F. (1999): Urbanisme de les xarxes: instrument de lectura de l'ecosistema urbà. A Rueda, S.: *La ciutat sostenible: un procés de transformació*. Universitat de Girona, pp.41-79.
- Magrinyà i Torner, F. (1994). L'Avantprojecte de Docks de 1863: una proposta d'urbanització del ferrocarril per a Barcelona. A *Cerdà. Urbs i Territori. Una visió de futur*. Catàleg de l'Exposició Cerdà, Urbs i Territori. Ed. Electa: Madrid. pp. 225-254.
- Mandelbrot, B. (1975). *Les objets fractals*. Ed. Flammarion: París.
- Martí-Henneberg, J. (2015). Attracting travellers to High-Speed Railway stations. A comparative methodology to assess potential demand. *Journal of Transport Geography*, 42, pp. 145-156.
- Martí-Henneberg, J. (2013). European integration and national models for railway networks (1840–2010). *Journal of Transport Geography*, 26, pp. 126–138.
- Martí-Henneberg, J. (2005). The Map of Europe: Continuity and Change in Administrative Boundaries (1850-2000). *Geopolitics*, 10(4), pp. 791–815.
- Martí-Henneberg, J. (2000a). Un balance del tren de alta velocidad en Francia. Enseñanzas para el caso español. *Ería*, 52, pp. 131–143.
- Martí-Henneberg, J., y Nadal Piqué, F. (2000b). El proyecto colonizador de Raïmat: la formación de un viñedo (1914-1948). *Historia Agraria*, 22, pp. 159–180.
- Martínez Sánchez-Mateos, H. S., & Givoni, M. (2012). The accessibility impact of a new High-Speed Rail line in the UK. A preliminary analysis of winners and losers. *Journal of Transport Geography*, 25(0), pp. 105–114.
- Marzá, F. y Magrinyà, F. (2009). Cerdà: 150 años de modernidad. Fundació Urbs i Territori Idelfons Cerdà (FUTIC).
- McAlpine, N. & Smyth, A. (2003). Urban form, social patterns and economic impact arising from development of public transport in London, 1840-1940 (pp. 169-182). In Roth, R. & Polino, M.N. *The city and the railway in Europe*. Historical Urban Studies. Ashgate Publishing Limited: Aldershot. 236p.
- Merlin, P. et Choay, F. (1996). *Dictionnaire de l'aménagement et de l'urbanisme*. Presses Universitaires de France (PUF): Paris, 863p.

- Mojica Gasol, L. (2012). Spatiotemporal Analysis of the Population Potentials in England and Wales (1861-2001): a quantitative study from census and cartographic data about the preservation of the geographical and transportation patterns at micro-scale level. Tesis doctoral dirigida per J. Martí y F. Tapiador. Universitat de Lleida.
- Monzón de Cáceres, A. (2006). Externalidades del transporte y ferrocarriles urbanos. *Ingeniería y Territorio*, (76), pp. 32–39.
- Monzón de Cáceres, A. (1988). Los indicadores de accesibilidad y su papel decisor en las inversiones en infraestructuras de transporte. Aplicaciones en la comunidad de Madrid. Tesis doctoral dirigida per R. Izquierdo de Bartolomé. Universidad Politécnica de Madrid.
- Morillas-Torné, M. (2014a). El ferrocarril de vía estrecha en España, 1852-2010. El papel de la intermodalidad y de la demanda en su construcción y estado actual. *Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, (18), 485.
- Morillas-Torné, M. (2014b). Evolució del ferrocarril a Europa i la seva influència en els canvis en la distribució de la població. El cas d'Espanya, 1848 - 2010. Tesis doctoral dirigida per J. Martí. Universitat de Lleida.
- Morillas-Torné, M. (2012). Creation of a Geo-Spatial Database to Analyse Railways in Europe (1830-2010). A Historical GIS Approach. *Journal of Geographic Information System*, 4, pp. 176–187.
- Mumford, L. (1961). *The City in History: Its Origins, Its Transformations and Its Prospects*. Harcourt, Brace & World: New York. 657p.
- Murayama, Y. (1994). The impact of railways on accessibility in the Japanese urban system. *Journal of Transport Geography*, 2(2), pp. 87–100.
- Navarro, B. J. (2012). The “Miracle of the Locomotive” in the construction of the third portuguese empire: The launch of Railways in Angola. In *Railroads in Historical Context: construction, costs and consequences*. Foz Tua: MIT Portugal. pp. 113-134.
- Navas Ferrer, T. (2012). Crecimiento urbano, red secundaria y tranvía eléctrico en el área de Barcelona. En I Simposio Internacional: Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930. Brazilian Traction, Barcelona Traction y otros conglomerados financieros y técnicos, UB, Barcelona. 25p.
- Offner, J. M. (1993a). Les “effets structurants” du transport: mythe politique, mystification scientifique. *Espace géographique*, 22(3), pp. 233-242.
- Offner, J.M. (1993b). Le développement des réseaux techniques: un modèle générique. *Flux*, 9(13), pp. 11–18.
- Oliner, S. D. & Sichel, D. E. (2002). Information Technology and Productivity : Where Are We Now and Where Are We Going. *Federal Reserve Bank of Atlanta Economic Review*, 87(3), pp. 15-44.
- Ortúñez Goicolea, P. P. (1999). El proceso de nacionalización de los ferrocarriles en España. Historia de las grandes compañías ferroviarias, 1913-1943. Tesis doctoral dirigida per Ángel García. Universidad de Valladolid.
- Oyón, J. L. (2008). La quiebra de la ciudad popular: espacio urbano, inmigración y anarquismo en la Barcelona de entreguerras, 1914-1936. Ed. Serbal: Barcelona.

- Pascual i Domènech, P. (1985). Ferrocarrils i industrialització a Catalunya. *Recerques: Història, Economia, Cultura*, (17), pp. 43–72.
- Pinheiro, M. (2003). Portuguese cities and railway in the nineteenth and twentieth Century (pp. 105-118). In Roth, R. & Polino, M.N. *The city and the railway in Europe*. Historical Urban Studies. Ashgate Publishing Limited: Aldershot. 236p.
- Pinheiro, M. (2002). Impacto de la construcción ferroviaria sobre la ciudad de Lisboa (pp. 117-131). En Cayón, F.; Muñoz, M. y Vidal, J. *Ferrocarril y ciudad. Una perspectiva internacional*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte: Madrid. 222p.
- Prat, J. (1994). El sistema ferroviario en la configuración de la región de Barcelona. *Papers: Regió Metropolitana de Barcelona: Territori, estratègies, planejament*, (16), pp. 19–34.
- Purcar, C. (2010). On the wrong side of the track: railways as urban boundaries in the towns of the First Transylvanian Railway. *Urban History*, 37(01), pp. 66–89.
- Purcar, C. (2009). Between Pastoral and Industrial: Territorial Change along the First Transylvanian Railroad Branch Line: 1870-1948. *Centropa. Journal of Central European Architecture and Related Arts*, IX (2), pp. 81–96.
- Purcar, C. (2007). Designing the space of transportation: railway planning theory in nineteenth and early twentieth century treatises. *Planning Perspectives*, 22(3), pp. 325–352.
- Reps, J. W. (1965): *The making of Urban America. A History of City Planning in the United States*. Princeton University Press: Princeton.
- Ribalaygua, C. (2005). Alta Velocidad Ferroviaria y Ciudad: Estrategias de incorporación de las nuevas estaciones periféricas francesas y españolas. Cuadernos de Investigación Urbanística. Madrid: Instituto Juan Herrera. 134p.
- Rodríguez Bernal, E. (2002). El impacto del tendido ferroviario en la ciudad de Sevilla: la construcción y el desmantelamiento del dogal ferroviario (pp. 205-222). En Cayón, F.; Muñoz, M. y Vidal, J. *Ferrocarril y ciudad. Una perspectiva internacional*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte: Madrid. 222p.
- Roth, R. & Polino, M.N. (2003a). *The city and the railway in Europe*. Historical Urban Studies. Ashgate Publishing Limited: Aldershot. 236p.
- Roth, R. (2003b). Interactions between railways and cities in nineteenth-century Germany: some case studies (pp. 3-27). In Roth, R. & Polino, M.N. *The city and the railway in Europe*. Historical Urban Studies. Ashgate Publishing Limited: Aldershot. 236p.
- Salas Suades, R. (2002). Evolución de la red ferroviaria e influencia de ésta sobre el crecimiento urbano en Barcelona y su área metropolitana (pp. 157-176). En Cayón, F.; Muñoz, M. y Vidal, J. *Ferrocarril y ciudad. Una perspectiva internacional*. Ministerio de Obras Públicas y Transporte: Madrid. 222p.
- Salas Suades, R. (2001). Evolución de la red ferroviaria e influencia de esta sobre el crecimiento urbano en Barcelona y su área metropolitana. En *II Congreso de Historia Ferroviaria*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles: Aranjuez. 21p.
- Salvador García, J. A. (2002). La red ferroviaria andaluza: Infraestructuras y modelo territorial. *Cuadernos Geográficos*, (32), pp. 97–123.

- Sambricio, C. (1982). Arturo Soria y la Ciudad Lineal. *Q*, (58), pp. 22–30.
- Sánchez-Borràs, M., & López-Pita, A. (2011). Rail Infrastructure Charging Systems for High Speed Lines in Europe. *Transport Reviews*, 31(1), pp. 49–68.
- Santos y Ganges, L. (2007). Urbanismo y ferrocarril. La construcción del espacio ferroviario en las ciudades medias españolas. Fundación de los Ferrocarriles Españoles: Madrid, 456p.
- Schmal, H. (2003). Cities and railway in The Netherlands between 1830 and 1860 (pp. 30-44). In Roth, R. & Polino, M.N. *The city and the railway in Europe*. Historical Urban Studies. Ashgate Publishing Limited: Aldershot. 236p.
- Schwartz, R., Gregory, I. N., & Martí-Henneberg, J. (2011). History and GIS: Railways, population change, and agricultural development in late nineteenth-century Wales. In *GeoHumanities: art, history, text at the edge of place* (pp. 251–266). Abingdon: Routledge.
- Shaw, S.-L., Fang, Z., Lu, S., & Tao, R. (2014). Impacts of high speed rail on railroad network accessibility in China. *Journal of Transport Geography*, 40, pp. 112–122.
- Stanev, K. (2011). Political instability and regional transformations in the Balkans. Railways, population and socio-economic indicators of uneven regional development: 1880 - 2000. Tesis doctoral dirigida per J. Martí. Universitat de Lleida.
- Subero Munilla, J. M. (2009). Métodos de análisis de la eficacia espacial de las redes de transporte colectivo de infraestructura fija. Ensayo de indicadores de oferta. Tesis doctoral dirigida per Manuel Herce. ETSECCPB-UPC.
- Taaffe, E. J., Morrill, R. L., & Gould, P. R. (1963). Transport Expansion in Underdeveloped Countries: A Comparative Analysis. *Geographical Review*, 53(4), pp. 503–529.
- Tanase, M. (2003). Railways, towns and villages in Transylvania (Romania): Impact of the railways on urban and rural morphology (pp. 45-59). In Roth, R. & Polino, M.N. *The city and the railway in Europe*. Historical Urban Studies. Ashgate Publishing Limited: Aldershot. 236p.
- Tapiador, F. J., Burckhart, K., & Martí-Henneberg, J. (2009). Characterizing European high speed train stations using intermodal time and entropy metrics. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(2), pp. 197–208.
- Tarragó Cid, S. (1981). Argentina. *2c Construcción de la Ciudad*, 19. Barcelona: Grupo 2c.
- Tortella Casares, G. (1985). Producción y productividad agraria, 1830-1930 (pp. 63-88). En Sánchez-Albornoz, N. *La Modernización económica de España 1830-1930*. Alianza: Madrid.
- Tortella Casares, G. (1973). Los orígenes del capitalismo en España. Banca, industria i ferrocarril en el siglo XIX. Tecnos: Madrid.
- Turnock, D. (2001). Railways and economic development in Romania before 1918. *Journal of Transport Geography*, 9(9), pp. 137–150.
- Valenzuela Montes, L.M. (2000). *Accesos y forma urbana en las ciudades medias andaluzas*. Tesis Doctoral dirigida por J. L. Gómez Ordóñez. Universidad de Granada. 607p.
- Veltz, P. (2002). Les lieux et des liens. Politiques du territoire a l'heure de la mondialisation. Ed. L'aUbe : París.

Viana Suberviola, E. (2014). Ferro-carriles en Barcelona. Movilidad y accesibilidad y su impacto sobre las transformaciones sociales y espaciales de la ciudad. Tesis doctoral dirigida por Horacio Capel y Vicente Casals. Universitat de Barcelona.

Vicente Albarrán, F. (2009). El presagio de un nuevo Madrid. El Ensanche Sur (1860-1878). *Cuadernos de Historia Contemporánea*, 31, pp. 243-264.

Ville, S. (1992). *Transport and the Industrial Revolution*. PhD Thesis. University College of London.

Wootton, H. J. & Pick, G.W. (1967). A Model for trips generated by households. *Journal of Transport economics and policy*, 1(2), pp. 137-153.

Zoido Naranjo, F. (1998). Geografía y Ordenación del Territorio. *Iber, Didáctica de Las Ciencias Sociales. Geografía e Historia* (16), pp. 19-31.

Zhong, C., Bel, G., & Warner, M. (2012). High-speed rail Accessibility: what can California learn from Spain. *Working paper*, Cornell University: Department of City and Regional Planning.

9.2 Articles que conformen el compendi

Alvarez, E. y Aguilar, A. (2015a). Cálculo de la accesibilidad territorial ferroviaria mediante instrumentos de análisis de redes. Aplicación en Inglaterra y Gales, 1871-1931. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 15, pp. 75-104.

Alvarez, E., Gangoells, B. e Hernández, M. (2015b). A difícil inserção territorial das linhas elétricas de alta tensão: ferrovias, eletricidade e sistema de cidades no corredor fluvial do Noguera Pallaresa (Lleida). Em Atas do II Simpósio Internacional: *Eletrificação e Modernização Social. A expansão da energia elétrica para a periferia do capitalismo*. USP, São Paulo. 23p.

Alvarez, E., Hernández, M. y Tort, A. (esperado 2016). Modelo morfológico de crecimiento urbano inducido por la infraestructura ferroviaria. Estudio de caso en 25 ciudades catalanas. *Scripta Nova: Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Aceptado. 36p.

Stanev, K., Alvarez, E. & Martí, J. (forth. 2015): Integration or Balkanization? The evolution of the railway network in South Eastern Europe: 1850-2000. *European Review of Economic History*. Submitted. 26p.

Alvarez, E., Franch, X. & Martí, J. (2013): Evolution of the Territorial Coverage of the Railway Network and its Influence on Population Growth: The Case of England and Wales, 1871-1931. *Historical Methods: A Journal of Quantitative and Interdisciplinary History*, 46:3, pp.175-191.

Alvarez, E. y Hernández, M. (2012a): Dos modelos, dos resultados para un mismo propósito: la colonización patagónica mediante infraestructuras ferroviarias públicas o en colaboración público - privadas. *Revista Internacional de Economía y Gestión de las Organizaciones*, 1:2, pp. 35-53.

Alvarez, E. (2012b): La colonización del Alto Valle del Río Negro y Neuquén en Argentina: ferrocarril, obras hidráulicas y electricidad para consolidar el poblamiento. En *I Simposio Internacional: Globalización, innovación y construcción de redes técnicas urbanas en América y Europa, 1890-1930. Brazilian Traction, Barcelona Traction y otros conglomerados financieros y técnicos*, UB, Barcelona. 20p.

Alvarez, E. i Martí-Henneberg, J. (esperat 2016): Ferrocarril i distribució de població: Dades SIGH i indicadors per a l'anàlisi espacial. A Gregory, I., DeBeats, D. & Lafreniere, D.: Routledge Handbook of Spatial History. Taylor & Francis. Enviat (1a revisió). Versió en català. 21p.

9.3 Referències cartogràfiques

Plano de Barcelona y sus alrededores, 1890. Serra, J.M. Barcelona: Thomas & Cia, 1891. 1 mapa. RM.41381.

Plano de Gerona, 1910. Barcelona: Editor digital: Institut Cartogràfic de Catalunya, 2007. 1 mapa. RM.41349

Plano de Tarragona, . Escala: 1:10.000. En Jürgens, O. y Giese, W.(1992). *Ciudades Españolas. Su desarrollo y configuración urbanística*. Madrid: Ministerio de Administraciones públicas. Pàg. 342.

10. TRADUCCIÓ DE CONTINGUTS

Segons normativa acadèmica, per tal de poder obtenir la Menció Internacional al títol convé “redactar una part de la tesi, i com a mínim el resum i les conclusions, en una de les llengües habituals per a la comunicació científica en el seu camp de coneixement i diferent de les que són oficials a Espanya”.

En aquest sentit, el redactat del doctorat s’ha fet en català però els articles que constitueixen el compendi no han estat traduïts de la llengua en que s’han publicat. D’aquesta forma s’hi observa un article en portuguès i dos en anglès.

En tot cas, i a efectes de donar compliment a la normativa, a continuació es tradueix el resum, les hipòtesis i les conclusions de la tesi a l’anglès.

10.1 Abstract

The relationship between the railway network and the city system has been the subject of numerous studies in recent decades. The railway has assumed great importance as a key element of transport infrastructure for the both regional organisation of the cities and associated territories that it connects. It has conditioned such different phenomena as urban morphology, socio-economic development and the regional hierarchy of settlements.

The proliferation of Historical Geographic Information Systems (HGIS) and the creation of territorial databases has opened the door to a series of new ways of analysing the possible effects associated with the railway. The current work proposes new methods and instruments which make it possible to model and quantify a number of new explanatory variables and to thereby provide a better understanding of the resulting correlations. Understanding that the use of macroscopic models does not always guarantee a sufficient degree of explanation, we have also proposed a series of case studies to establish the conditions under which these correlations are obtained.

Models that study the correlations between railway coverage and population growth, territorial accessibility and the distribution of population, and the impact of railways and strategies for territorial expansion are just a few of the tools presented here. Morphological analyses of cities in relation to the railway, rail colonisation based on the railway network, and the relationship between rail infrastructure and regional development are just a few of the themes that we have studied in detail with the aim of improving our understanding of the specific dynamics involved.

This study also demonstrates the great potential of the railway to transform the city system. However, this a potential has not always been appropriately exploited by railway promoters nor by the inhabitants of the territories served by the railway network. It is essential to structure specific urban planning policies in order to maximise the benefits accruing to the local territory and to minimise the negative impact that the railway has on it. The current study proposes a number of indicators that could help to achieve both of these goals.

10.2 Research hypothesis

In a thesis proposed as a compendium of publications, it is difficult to establish an a priori hypothesis upon which to develop all of the subsequent work. In fact, during the research period of this doctorate programme the specific focus of the main subject of study has had to be slightly modified.

The present work begins with a general thesis and then goes on to propose additional hypotheses as the different chapters and publications contained within it are developed. It is important to consider that some of the work included here may have originated from coincidental hypotheses. Furthermore, some of the work carried out may not have been initially undertaken with the objective of proving a particular theory but, instead, of forming part of a collection of other academic contributions whose aim is to facilitate the diffusion of the knowledge subsequently obtained.

The general thesis proposed within the framework of the doctorate is as follows:

H0. Railway infrastructure has played a decisive role in the development of the city systems within the territories studied. It has also had an important influence on the interrelationships between the cities concerned.

The hypotheses on which the different works that form part of this compendium have been based are listed and explained below. It can be observed that there are fewer hypotheses than chapters in this thesis. This is explained by the existence of different approaches to the same hypothesis and has made it possible to obtain complementary results.

H1. There is a clear correlation between railway infrastructure and territorial development.

H1a. Territories served by railways have developed more than those lacking railway coverage.

H1b. The railway has enabled the integration of markets at different scales.

H2. The system for promoting the railway network has influenced the level of subsequent development in the territory that it serves.

H2a. The railway lines have been projected to meet specific objectives which do not always coincide with the best interests of transports or of the local territory.

H2b. The structure of the ownership of the railway network and the management system chosen have conditioned the relationship between the railway and the city.

H3. Railway infrastructure has had a strong impact on urban relations and on the development of cities.

H3a. There are specific patterns of urban evolution associated with railway infrastructure.

H3b. The railway has played a key role in the process of creating metropolitan areas.

The objectives of this research centre on proposing an approximation to the problem that is capable of demonstrating the complexity of the thesis proposed. At the same time, it tries to facilitate the comprehension of certain specific aspects that have yet to be developed. Put in another way, starting from an abundant biography on the relationship between railway infrastructure and the city, the aim is not that of obtaining a direct correlation between variables, but rather of proposing a system of relations that facilitate a global vision and complements the present conceptual framework.

The main objective here is therefore to make clear the importance that the effect of the railway has had on cities and the territories in which they are located. This importance could be considered global, even to the extent of understanding that some of the impacts that the railway has had on the city have been positive, while others have been negative. That said, focusing on the role of infrastructure as an instrument that supports territorial development, it is evident that the railway has been a key factor in the configuration of the system of cities that we know today. Understanding this relationship is of vital importance if we are to go on to analyse specific and well-defined cases.

These are specific objectives that focus on the development of the models and case studies presented here. Until now, research has been carried out on the macroscopic quantification of the effects of the railway, but it has so far failed to produce the expected results. Even so, the evolution of the databases and calculation systems may help to redress this dynamic. Similarly, the quantification of specific correlations through the use of microscopic modelling instruments is in a state of constant evolution. It therefore seems evident that the application of these techniques to historical data is simply a matter of time and that the results obtained may be powerful enough to justify this.

Finally, the need to summarise and contextualise the lessons learnt from historical studies of the relationship between the railway and the city must also be taken into consideration in order to be able to apply them within the current context. They not only help to understand the necessary dynamics and interactions in an appropriate way, but also make it possible to appropriately project future transport infrastructure in order to minimise its negative impact and maximise the beneficial effects that it offers our cities.

10.3 Conclusions

As a form of summary, the following section seeks to defend the arguments proposed in the thesis and also the hypotheses suggested by the ongoing research. Generally speaking, it would appear that transport infrastructure has played a significant role in territorial planning and in the development of cities around the world. The aim is thus to attempt to establish which aspects of the relationships between the different variables are the clearest, and which require the identification of subtle differences, or the outlining of specific properties.

H1a. Has development been greater in areas with a railway system than in those without coverage?

The opinions expressed in the literature on this topic vary quite notably. Most authors affirm that railway infrastructure promotes territorial development, thus confirming the most evident hypothesis.

There is, however, a line of criticism, led by Fogel (1964) and other economic historians, which maintains that railways have not, in fact, played such a key role, due to the existence of other types of transport infrastructure, such as inland waterways and roads, which have promoted similar levels of development. This has, in turn, been evaluated through a consideration of the social savings associated with railways. In Spain, authors such as Tortella (1973) believe that the establishment of a railway network was not strictly necessary and that the corresponding investments could, instead, have been directed towards the industrial economy and benefitting the existing transport system.

This work aims to contribute several points of interest to the debate.

The first paper (Alvarez 2013) outlines a model for the entire municipal railway network in England and Wales from 1871 and 1931, contrasting it with population growth, and reaching a clear conclusion. Growth in municipalities with two or more railway stations was greater than in municipalities with only a single station. These, in turn, registered greater growth than those without a railway station. The municipalities without a railway station were, in fact, the only ones to register negative rates of growth, with sections of their populations migrating to areas with better transport links.

It is therefore possible to affirm that railway networks influence population distribution and growth, regardless of the presence of well-developed road and canal networks and sea links. In effect, they produce a demographic phenomenon of territorial polarisation around this infrastructure and its stations.

Taking the population variable to reflect economic growth therefore allows us to confirm the hypothesis that railway networks tend to foster a region's economic development.

Could this be applied as a general rule?

Obviously not. The example provided here is for a particular area over a particular period of time in which the railway experienced practically no competition from other means of transport, such as a motorway or airport. It is only by understanding these phenomena that we can begin to understand the results; even so, the generalisation is far from trivial.

Papers 5 (Alvarez 2012a), 6 (Alvarez 2015b) and 7 (Alvarez 2012b) demonstrate that regions with railways may undergo significant development or fail to develop at all. Investment in economic activities and complementary infrastructure boosting the regional economy and facilitating the railway's insertion within the territory proved vital in areas with insufficient capacity to benefit from the effects of the infrastructure.

It would therefore appear that the historical correlation between railways and development could be upheld when speaking generally. Even so, we must be aware of the fact that this may not always be the case at the regional and local levels. Railways may ultimately be considered as a factor of production. If a region is characterised by competitive economic activities, its railway network may promote greater economic productivity and competitiveness than in other areas. However, in an area with marginal economic activities, a railway network will not in itself produce new activities. This role is reserved for the private sector, and therefore hinges on the subjectivity of the decisions made by landowners and entrepreneurs.

An attempt to outline the correlation between the variables of railway networks and development in present society would produce very different results. Nowadays, there are various types of transport infrastructure which can provide alternatives to railways. Although more expensive, air travel is much faster, while lorries are much more flexible in terms of movement and ships can transport large quantities of containers from one part of the world to another. In this context, the correlation would be much more complex, as transport systems cannot be effectively simplified in order to omit the other modes. We must therefore perform a multi-variable analysis, despite its potential to produce results lower than those expected.

H1b. Have railway lines promoted integration among markets?

As market integration has the potential to make products available at similar prices in areas that have no reason to produce these products, this is undoubtedly true. Railways and ships are the modes of transport to have played the most significant roles in this sense.

It is difficult to identify the extent of this effect, due to the complexity of the situation. The author has therefore worked on producing models simulating the various transport networks, in order to attempt to account for the evolution of prices in markets in different cities. The results are not however sufficiently consolidated for inclusion in this thesis and in order for conclusions to be drawn from them.

The contribution made by this thesis is to demonstrate that railways have reduced and homogenised average journey times. Paper 2 (Alvarez 2015a) discusses England and Wales during the 1871-1973 period, determining general accessibility and thus demonstrating how average journey times were reduced across the entire region under study. It also shows how the main urban conglomerations of London, Birmingham, Newcastle, Liverpool, Manchester, Leeds and Cardiff all register extremely

similar accessibility levels, suggesting that their central locations have been reinforced by the building of the railway network.

In any case, we must however remember that while railways once served as the only means of land transport, river and maritime transport have also played an essential role in integrating markets on a global scale. Paper 7 demonstrates how an isolated region in Argentina's Patagonian desert became an important agricultural and livestock hub able to supply European and international markets. Railways, ships and complementary infrastructure for storage, transport and distribution under good conditions and with refrigeration systems, help to better account for this scenario.

H1. Is there a clear correlation between railway infrastructure and territorial development?

In summary of the previous sections, it would appear that an observation may indeed be made in this respect.

Over a specific period of time, with a lack of competition from other modes of transports, and in regions with a certain degree of prior development subject to complementary investments, the answer would be yes: railways have notably contributed to territorial development.

However, it would be wrong to pronounce this as a general rule for any time period and any region. Relatively undeveloped regions in which railways are built due to political pressure or public funding provide a clear example. Railways in themselves are merely forms of transport infrastructure, and any associated development is not immediate. Without public and/or private investments that reverse the production model and regenerate the regional economic system, it is extremely unlikely that a railway will foster development.

H2a. Have railway lines been planned for areas in order to incentivise transport and regional interests?

Specialist literature on this subject refers to a variety of situations, including railway lines intended to boost different economic sectors, lines intended to structure a specific region and lines that are strategic from a political-military perspective.

The strategy followed when a railway network and its lines are under development will logically be key to the contrasting of the effects it goes on to produce. This may seem obvious, however certain railway lines were not built with the intention to improve transport from a global perspective, but instead from a more narrow perspective.

It is in this context that the present thesis offers several interesting considerations.

Paper 4 (Stanev, Alvarez and Marti 2015) outlines three different strategies adopted in the approach to constructing a railway network in the Balkans. The first planned an international network that would allow direct links to central European countries, Mediterranean ports and Asia. The lines forming the network were directly related to international trade, and also to long-distance passenger transport. This meant that the lines were planned in a direct fashion, connecting the main capitals but not all of the cities located along the lines. The second strategy reflected a period of mistrust of neighbouring countries in the aftermath of the Balkan Wars, resulting in the construction of lines only on a national scale, and even involving railways at which operations were abandoned at borders, reflecting a clear political will for segregation. The final strategy adopted years later saw a renewed desire for integration with an international network, interestingly once again due to supranational interests: in this case those of the USSR.

A second contribution to the discussion is developed in Paper 7. In the immediate aftermath of the so-called Conquest of the Desert military campaign in which Argentina established dominance over

land inhabited by indigenous peoples, the construction of a railway line was planned for the Alto Valle del Río Negro y Neuquén, with the potential to transport troops to the Chilean border in an outbreak of war. A line of over 700 kilometres was designed, linking the port of Bahía Blanca with the Andes mountain range.

To conclude, whether or not a transport system is the main beneficiary of the construction of a new railway line depends on the initial aim underpinning the network concept. Therefore, if a line is planned for a region that will not benefit from it, the consequences for the system of connected cities may obviously be negligible.

H2b. Have the structure of the ownership of the network and the system of management selected conditioned the relationship between railways and cities?

The answer to this question is complex, and probably requires engagement with ideological discussions. In any case, several considerations may be made based upon the conclusions reached from the works presented here.

Paper 4 offers an initial approach to the subject. The first stage of railway construction in the region, which the previous section links to international trade, was determined by private capital. The developers' aim was to be able to transport the maximum amount of products across the region at the lowest possible cost. This determined the length of the line, the routes covered, and most importantly, any international connections. The second stage, involving the national construction of the network, saw public authorities heading most of the initiatives, conditioning them at least in terms of permitted routes and transborder connections, which effectively hampered the main aims of possible investors. An infrastructure designed for transport could not connect a region's main network nodes if they were separated by a national border. One of the most immediate effects of these decisions may have been the lack of interest among private investors, as they did not consider regional lines in underdeveloped areas to be profitable. Public authorities thus had to create policies to make these investments more profitable, which is why public investment and guarantees on annual income or subsidies became very common in the promotion of infrastructure.

Paper 5 is particularly revealing in this respect. The Argentine state, which wanted to build a railway line to a practically uninhabited region in northern Patagonia, appealed to a privately-owned company with British capital: Gran Ferrocarril Sud. Given the company's refusal to help, the Argentine government was forced to subsidise part of the route, provide guarantees to the company, grant certain concessions such as the company's right to construct its own port, offer customs and tax exemptions and hand over land around the railway line and its stations. The company used government aid to compensate for part of the investment's lack of profitability. As for the other part of the investment, the company headed a series of interventions into infrastructural matters to ensure that the railway would be profitable, just like any good railway operator would. Paper 7 reveals how it assisted the state in building dikes and dams, forming a dense network of canals around the railway, urbanising and selling off lands around stations to small-scale producers, constructing silos and warehouses near stations, planning farm roads and, above all, establishing a company for the international trade and distribution of agricultural products.

The government saw how well the line worked and decided to instigate a similar project without support from the private sector. Work was begun on the Ferrocarril Patagonico to be abandoned shortly afterwards. The planned network was unfinished, with no complementary investments made and the land around the stations sold, allowing large estates to form.

These reflections are not made in order to suggest that private investment is better than public investment, but rather that building a railway line and knowing how to correctly exploit it are two very different things. Depending on the aims determined during its planning stages – whether related to trade, territorial structuring or specific strategies – a project may be said to be viable from an economic, territorial or political standpoint. Private investors only propose the construction of railways involving risks when confident that they will be able to transport a large amount of goods or passengers. Railways planned in order to structure the land in a region and those that defend political-military strategies do not tend to be cost effective, and can only be judged therefore on the established aims. This is why private investors only agree to their construction when they have received government funding, and normally back away from their future management in the knowledge that it will not be cost effective, handing it over to a construction company contracted with the sole purpose of providing infrastructure.

H2. Have promoters of a railway network influenced future development levels in the region served?

I do not believe that a casual relationship may be established in this respect, although there does appear to be a connection. When a railway line has been planned with trade in mind, development of the region is normally palpable. However such lines are normally planned for regions with relatively developed economic activities. When a railway line has been planned in the aim of reorganising the land, the region also undergoes changes. However these do not always promote further development. Finally, when a railway line has been planned according to other interests, normally the land becomes disassociated from the infrastructure and effects are minimal.

H3a. Can certain patterns of urban evolution be related to railway infrastructure?

The interaction between railways and cities has been extensively studied by a wide variety of authors, suggesting that this infrastructure serves not only as a factor of production, but also conditions spatial growth.

In large cities, such as those exhibiting state-of-the-art development, great morphological differences can indeed be noted, leading us to the conclusion that each city is a unique and exceptional case. Cities' initial locations, their surrounding geography, the number of railway lines reaching them, their precedence and type of station are just some of the factors rendering each situation unique. It therefore may be affirmed that large cities do not have a particular urban growth pattern that may be applied to railways.

The situation for medium-sized cities is different. As Paper 3 (Alvares 2016) states, medium-sized nineteenth-century Catalan cities tended to share the same characteristics, as the majority were small, situated in slightly elevated locations and yet to expand beyond the borders of the historical city. The arrival of railway lines – normally with tangentially located, by-pass stations – meant that the cities underwent an urban growth dynamic that may be categorised in the form of a model of evolution by stages.

Such railway lines were normally planned to feature tangent tracks and to be set outside the cities, in order to minimise interference with the pre-existing urban structure. This meant that cities had to develop expansion or growth plans in order to organise construction in the direction of the station. After decades of significant population growth, these areas began to expand further, filling all of the urban land. The infrastructure then began to exert an edge effect, leading to axial growth around the line, rather than on the other side of it. The fourth stage was characterised by a rise in certain low-income industrial and residential activities on the other side of the line. These sectors would later be connected to the main city through the construction of crossing points, initially at the same level as

the line, though later at a different level. The last step saw the railway's urban integration within the city, by burying it under the ground, modifying its margins and/or implementing specific urban projects.

The model was obviously not fully developed for all of the cities analysed, however it did provide a general idea of the interaction between the two elements of the land.

Paper 7 also outlines another relationship between the railway and the city. The railways built as part of the colonisation of the land in Argentina's Patagonia region involved the ex-novo planning of cities around the stations. These areas were planned according to very similar guidelines. The urban concept took the form of a grid, aligned with the railway and the direction running perpendicular to it. Public buildings and shops were located around the station, as was the main square, with residential buildings later built to fill the urban fabric. There was practically no construction on the other side of the tracks, however, with low-income homes and marginal activities characterising the land. The growth of these cities was extremely limited, meaning that the initial structure was retained in many cases. Larger cities obviously do not entirely fit this pattern, given their specific development plans, but railways remained a central feature.

It therefore seems that there are clear models marking the relationship between the railway and the city. Of course these tend to apply only to certain regions and may not be used as a general model. They do however allow us to at least predict certain urban dynamics involved with the growth of cities in light of their infrastructure.

H3b. Have railways significantly affected the process by which cities take shape?

Just as the relationship between railways and cities has been subject to extensive study, railways' role in consolidating urban and metropolitan areas has also been key.

Paper 2 discusses this trend by analysing the relationship between railway accessibility and distance from the centre in medium-sized cities in England and Wales. Calculating this indicator on a municipal scale serves to explain the phenomenon of urban dispersion that occurred in these cities from 1871 to 1931. This means that even if the variable determining the distribution of the population density was initially distance from the centre, the introduction of the railway changed this variable to accessibility. The metropolitan areas substituted their initial compact, oil-spill, pattern of growth for anisotropic and discontinuous growth around the railway infrastructure and its stations, with connectivity becoming more important than proximity.

Papers 5 and 7 also discuss territorial expansion dynamics in the area of influence of various cities. In southern Argentina, port cities witnessed an expansion of their areas of influence towards the interior of the country by means of the creation of areas around the railway structure. There are many examples of this that help to demonstrate how the infrastructure analysed went on to structure the region.

H3. Has railway infrastructure exerted a significant impact on urban relationships and the development of cities?

This is undoubtedly true. Whether positive or negative, cities have had to live with railways for over a century, with interactions both constant and intensive.

In their early stages, cities underwent intense periods of growth spurred by possibilities for transport, and the consequent integration of markets on a regional scale. The next period may be characterised by the way in which railways conditioned cities' morphologies, which also produced significant

positive and negative effects. The possibilities for urban adaptation and the resources employed in modernising infrastructure are key to improving this relationship over the years.

Nowadays, railways are no longer the main method of transporting goods or people; they have been overtaken by lorries and cars, respectively. Their role in large metropolitan areas does however remain indispensable to the movement of people. Their potential for such mass transport allows them to displace large numbers of people at a reasonable speed, low cost and without excessive environmental pollution, which is why they continue to be relevant.

ÍNDIX GENERAL

AGRAÏMENTS	3
RESUM.....	5
RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓ	9
2. ESTRUCTURA DE LA TESI	13
3. ESTAT DE L'ART	17
3.1 La complexa relació entre ferrocarril i sistema de ciutats.....	18
3.1.1 L'arribada del ferrocarril sobre territori preexistent	18
3.1.2 L'adaptació territorial i urbana vers el nou mode de transport	22
3.1.3 Exemplificació dels conceptes per a una millor comprensió: casos particulars	28
3.1.4 Principals impactes causats pel ferrocarril en el sistema de ciutats.....	43
3.1.5 Actuacions d'integració urbana, noves línies i àrees d'oportunitat	45
3.2 Esquema resum de les interrelacions entre ferrocarril i sistema de ciutats	49
3.3 Instruments per quantificar els efectes del ferrocarril sobre el territori	51
3.3.1 Principals conceptes necessaris per entendre la teoria de xarxes	51
3.3.2 Eines de càlcul i principals indicadors per modelitzar xarxes de transport	54
3.3.3 Aplicacions per quantificar els efectes del ferrocarril en el desenvolupament regional	59
4. HIPÒTESIS DE LA INVESTIGACIÓ.....	63
5. COMPENDI DE PUBLICACIONS	65
Article 1: Evolution of the Territorial Coverage of the Railway Network and its Influence on Population Growth: The Case of England and Wales, 1871–1931. (pp. 175-191)	67
Article 2: Cálculo de la accesibilidad territorial ferroviaria mediante instrumentos de análisis de redes. Aplicación en Inglaterra y Gales, 1871–1931. (pp. 75-104)	87
Article 3: Modelo morfológico de crecimiento urbano inducido por la infraestructura ferroviaria. Estudio de caso en 25 ciudades catalanes. (pp. 1-36)	119
Article 4: Integration or Balkanization? The evolution of the railway network in South Eastern Europe: 1850-2000. (pp. 1-26)	157
Article 5: Dos modelos, dos resultados para un mismo propósito: la colonización patagónica mediante infraestructuras ferroviarias públicas o en colaboración público – privada. (pp. 35-53)	185
Article 6: A difícil inserção territorial das linhas elétricas de alta tensão: ferrovias, eletricidade e sistema de cidades no corredor fluvial do Noguera Pallaresa (Lleida). (pp. 1-23).....	207
Article 7: La colonización del Alto Valle del Río Negro y Neuquén en Argentina: ferrocarril, obras hidráulicas y electricidad para consolidar el poblamiento. (pp. 1-20)	233

Article 8: Ferrocarril i distribució de població: Dades SIGH i indicadors per a l'anàlisi espacial. (pp. 1-21).....	255
6. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS	279
6.1 Esquema de les principals aportacions de la tesi	279
6.2 Conclusions	279
6.3 Síntesis	286
7. APRENTATGES ADQUIRITS I APLICACIÓ AL CONTEXT ACTUAL.....	289
7.1 Lectura dels efectes del ferrocarril en el sistema de ciutats en perspectiva històrica.....	289
7.2 Especificitats pròpies del cas espanyol que han limitat el potencial transformador del ferrocarril sobre el territori.....	294
7.3 La necessitat de redefinir el sistema de planificació i gestió infraestructural.....	297
8. NOVES LÍNIES DE RECERCA	301
9. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	303
9.1 Bibliografia general	303
9.2 Articles que conformen el compendi.....	314
9.3 Referències cartogràfiques	315
10. TRADUCCIÓ DE CONTINGUTS	317
10.1 Abstract.....	317
10.2 Research hypothesis	317
10.3 Conclusions	319
ÍNDEX GENERAL	327
ÍNDEX DE FIGURES DE LA TESI.....	329
ÍNDEX DE TAULES DE LA TESI	331

ÍNDIX DE FIGURES DE LA TESI

Figura 01: Mapes urbans de Girona i Tarragona on s'aprecia l'eixample urbà projectat en relació a la ciutat històrica i la infraestructura ferroviària.	.....23
Figura 02: Plano de Barcelona de 1890 on s'hi observa clarament l'encaix entre ferrocarrils i trama urbana construïda.	.....23
Figura 03. Xarxa ferroviària europea al 1860 i 1910.	.....29
Figura 04. Esquema de la xarxa de tramvies de Barcelona l'any 1888 i 1936, que permet apreciar l'articulació de la ciutat central amb els pobles del pla.	.....32
Figura 05. Evolució de la Regió Metropolitana de Barcelona entorn la xarxa ferroviària entre 1860 i 1957.	.....33
Figura 06. Localització de les principals indústries a Madrid en relació al traçat ferroviari, l'any 1972.	.....35
Figura 07. Esquema de la xarxa ferroviària de Sevilla al 1987 i 1992.	.....38
Figura 08. Xarxa ferroviària portuguesa el 1926 i detall urbà de Lisboa de 1892.	.....40
Figura 09. Xarxa ferroviària a l'àrea metropolitana de París.	.....42
Figura 10: Principals efectes del ferrocarril i interaccions amb el sistema de ciutats.	.....50
Figura 11: Problema de rutes entre dos punts.	.....53
Figura 12: Diferents alternatives al problema de formació de xarxes.	.....53
Figura 13: Procés evolutiu de formació d'una xarxa.	.....54
Figura 14. Xarxa ferroviària europea d'ample convencional l'any 1910.	.....55
Figura 15: Esquema de connexions entre les interrelacions ferrocarril – ciutat i les principals aportacions de cada article del compendi.	.....279

ÍNDEX DE TAULES DE LA TESI

Taula 01. Costos econòmics, socials i ambientals del transport.	.....44
Taula 02: Rang de variació d'externalitats (€/1000 pax-km).	.....45
Taula 03. Compilació de les darrers estudis que tracten la relació ferrocarril – població de forma quantitativa. Font: Pròpia.	.....59
Taula 04. Compilació de les darrers estudis que tracten la relació ferrocarril – desenvolupament de forma quantitativa. Font: Pròpia.	.....61
Taula 05. Publicacions realitzades per l'autor i que formen part del present compendi.	.....66