

Policentrisme i Eficiència Territorial

Avenços Teòrics i Empírics

Jaume Masip-Tresserra





UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Policentrisme i eficiència territorial: avenços teòrics i empírics

Jaume Masip Tresserra

ADVERTIMENT La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del repositori institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) i el repositori cooperatiu TDX (<http://www.tdx.cat/>) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual **únicament per a usos privats** emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei UPCommons o TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a UPCommons (*framing*). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del repositorio institucional UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) y el repositorio cooperativo TDR (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=es>) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual **únicamente para usos privados enmarcados** en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio UPCommons No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a UPCommons (*framing*). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the institutional repository UPCommons (<http://upcommons.upc.edu/tesis>) and the cooperative repository TDX (<http://www.tdx.cat/?locale-attribute=en>) has been authorized by the titular of the intellectual property rights **only for private uses** placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading nor availability from a site foreign to the UPCommons service. Introducing its content in a window or frame foreign to the UPCommons service is not authorized (*framing*). These rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Policentrisme i Eficiència Territorial

Avenços Teòrics i Empírics

Jaume Masip-Tresserra

*Universitat Politècnica de Catalunya, Facultat de Matemàtiques i Estadística,
Departament d'Estadística i Investigació Operativa*

Maquetació: Jaume Masip-Tresserra

Imatge de portada: 'Tokyo Skyline Night - From Above - Japan', Vivienne Gucwa

Primera edició, 7 d'abril de 2017

ISBN 978-84-697-2535-1
DL B 10583-2017

© 2017 Jaume Masip-Tresserra

All rights reserved. No part of the material protected by this copyright notice may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without written permission from the author.

Tots els drets reservats. Cap part del material protegit per aquest avís de copyright pot ser reproduït o utilitzat en qualsevol forma o per qualsevol mitjà, electrònic o mecànic, incloent fotocòpies, gravació o per qualsevol sistema de recuperació i d'emmagatzematge d'informació, sense el permís per escrit de l'autor.

Policentrisme i Eficiència Territorial

Avenços Teòrics i Empírics

Tesi doctoral

presentada per Jaume MASIP-TRESSERRA
per obtenir el títol de Doctor
per la Universitat Politècnica de Catalunya
dins del programa de doctorat
en Estadística i Investigació Operativa.

Jaume MASIP-TRESSERRA

Doctorat en Estudis Urbans i Regionals,
Technische Universiteit Delft, Països Baixos;
Màster Universitari en Gestió i Valoració Urbana,
Grau i Màster en Arquitectura,
Universitat Politècnica de Catalunya, Catalunya;
nascut a Barcelona, Catalunya.

Aquesta tesi doctoral ha estat supervisada per

Director: Prof. dr. Josep Ginebra Molins
Co-director: Dr. Xavier Puig Oriol

Als meus pares , Jaume i Elionor, i al meu germà, Oriol.

Prefaci

Those who would give up essential Liberty, to purchase a little temporary Safety, deserve neither Liberty nor Safety.

[Benjamin Franklin, 1706-1790. Pare Fundador dels Estats Units]

Diuen que el viatge de realitzar recerca no és mai tal i com un se l'imagina quan el comença. Al llarg dels darrers anys, he pogut constatar que el savi a qui se li podria atribuir el descobriment d'aquest factor sorpresa inherent a la investigació dins de l'àmbit acadèmic tenia raó i, més encara, quan es tracte d'un dedicat i entusiasta (aprenent encara de) científic fonamental i aplicat, com ho és un servidor, que s'il·lusiona massa tossudament amb la possibilitat de millorar la societat a partir de traduir els resultats de recerca tant en canvis substancials en matèria docent universitària, per a un determinat àmbit de coneixement, com en polítiques públiques, que puguin ser d'utilitat per a l'administració.

Aquest viatge propi, sense renunciar a la llibertat de caràcter i individual, s'ha beneficiat del suport de persones en diverses situacions i rols. Voldria mostrar la meva gratitud a:

Josep Ginebra i Xavier Puig, el meu director i co-director de tesi, per, principalment, acceptar-me com a doctorand i donar-me, així, l'oportunitat d'escriure una segona tesi doctoral per a la Universitat Politècnica de Catalunya, cosa que em produeix una gran satisfacció moral. A més, els voldria agrair la seva proximitat en el tracte, fàcil disponibilitat i continuada dedicació, comentaris útils i pertinents, i excel·lent tutoria, que m'han ajudat a desenvolupar la tesi de manera constant.

Als altres membres del programa de doctorat d'Estadística i Investigació Operativa i, en particular, a la Carme Macias i al Jordi Castro, per ajudar-me en els processos administratius necessaris perquè una tesi doctoral pugui arribar a bon port.

Als membres de l'Escola de Doctorat i, per extensió, a la Universitat Politècnica de Catalunya, com a institució pública catalana, que m'han ajudat en la gestió dels meus estudis de doctorat. Sens dubte, la seva contribució ha estat més que important. Gràcies de nou.

Finalment, vull tenir un record especial a totes les persones, que durant la meva estada de recerca a Delft, Països Baixos, van ajudar-me i comprendre la meua manera d'investigar. Per a tots ells, aquesta tesi té la traducció del sumari en neerlandès.

Voldria aprofitar l'avinentsa d'escriure un prefaci per oferir al lector unes breus indicacions de lectura d'aquesta tesi doctoral, que us presentaré a continuació. Aquesta tesi doctoral es pot entendre com 'el segon llibre' d'una sèrie de volums futurs que tindran com a finalitat la divulgació d'una línia de recerca que advoqui per una major simbiosi entre recerca (teoria i evidència) i política pública (pràctica) en el camp de la planificació territorial i dels estudis urbans i regionals per millorar la viabilitat i eficiència dels plans territorials i que, en definitiva, també pugui renovar part de la docència universitària en l'àmbit de l'urbanisme.

No és necessari llegir el primer llibre presentat com a tesi doctoral a la Facultat d'Arquitectura i del Medi Construït (A+BE) de la Universitat Tècnica de Delft (TU Delft), per entendre el contingut d'aquesta tesi. Tot i que estableixo un fil conductor a través dels diferents volums, cada llibre tracta una temàtica

diferent i, per tant, és independent dels altres. De la mateixa manera, el plantejament d'aquesta tesi ha estat pensat perquè es poguessin llegir els seus capítols de forma independent i sense seguir, a més, un ordre establert. Cada capítol dota el lector d'una introducció, on se'l contextualitza en la problemàtica d'investigació pertinent per, posteriorment, acompanyar-lo, p .ex., des de la revisió de l'estat de l'art a la presentació dels resultats de recerca i conclusions passant per l'explicació detallada de les dades utilitzades i dels models estadístics ajustats en base a l'aproximació Bayesiana a l'estadística. En aquest sentit, un lector interessat en conèixer més sobre les emissions de CO₂ dels habitatges, podria començar a llegir aquesta tesi pel capítol 4, mentre que un altre lector, més inquiet per les condicions de vida de les persones, podria iniciar la seva lectura pel capítol 5.

Possiblement, l'únic consell de lectura que m'atreveria a donar amb seguretat va orientat a aquells lectors que no estiguin prou endinsats en l'àmbit dels estudis urbans i regionals, un àmbit resultat de la intersecció de coneixement provinent de l'economia urbana i regional, economia del comportament, estadística, geografia econòmica, geografia del transport, sociologia urbana, i urbanisme, entre altres. En aquest cas, crec que fóra convenient seguir un ordre més convencional, és a dir, iniciar la lectura d'aquesta tesi pel capítol 1 i 2, per després seguir segons el gust de cadascú.

Jaume Masip-Tresserra
Barcelona, Gener 2017.

Continguts

Llistat de taules	15
Llistat de figures	17
Sumari	21
Summary	29
Samenvatting	37

PART 1 Marc de recerca: policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial

1	Introducció	47
1.1	Obertura al debat sobre policentrisme	47
1.2	En l'àmbit de la recerca	48
1.3	En l'àmbit de la política de planificació territorial	52
1.4	Línia de recerca en policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial	56
1.5	Objectius generals i preguntes	62
1.6	Cas únic d'estudi: la regió metropolitana de Barcelona	62
1.7	Mètodes de recerca i dades	67
1.8	Organització de la tesi	68
2	Policentrisme i eficiència territorial: revisió i avenços teòrics	71
2.1	Introducció	71
2.2	Policentrisme i eficiència territorial: revisió de l'estat de l'art	72
2.2.1	Mecanismes i externalitats de les economies d'aglomeració	72
2.2.2	Abast industrial de les economies d'aglomeració	75
2.2.3	Abast geogràfic de les economies d'aglomeració	76
2.2.3.1	<i>Borrowed size</i>	76
2.2.3.2	<i>Agglomeration shadows</i>	78
2.2.4	Abast macroterritorial de les economies d'aglomeració	79
2.2.4.1	<i>Network externalities</i>	80
2.2.5	Policentrisme i eficiència territorial: evidència empírica	81

2.3	Policentrisme i eficiència territorial: avenços teòrics	84
.....		
2.3.1	Crítica a la literatura existent	84
2.3.1.1	Als estudis empírics entre policentrisme i eficiència territorial	84
2.3.1.2	A les revisions teòriques de <i>borrowed size</i> , <i>agglomeration shadows</i> i <i>network externalities</i>	87
2.3.2	Proposta d'un nou marc teòric	89
2.3.3	Il·lustració empírica del nou marc teòric	95
2.3.3.1	Cas d'estudi: àrees metropolitanes en països de l'OECD	96
2.3.3.2	Població, creixement de població i PIB per càpita	100
2.3.3.3	<i>Borrowed size</i> , mida local i policentrisme	103
2.3.3.4	<i>Borrowed size</i> , integració i policentrisme	105
2.3.3.5	<i>Borrowed size</i> , mida local, integració i policentrisme	106
2.4	Conclusions	107
.....		

PART 2 Policentrisme i Eficiència Territorial: tres avenços empírics

3	Policentrisme i patrons de mobilitat agregada	113
.....		
3.1	Introducció	113
.....		
3.1.1	Descripció del Problema d'investigació	113
3.1.2	Motivació i objectiu de la recerca	115
3.1.3	Contribucions	116
3.1.3.1	A la literatura	116
3.1.3.2	A les polítiques públiques	117
3.1.4	Organització del capítol	118
3.2	Model conceptual i hipòtesis	118
.....		
3.2.1	Atributs del medi construït	120
3.2.1.1	Vincles existents en la literatura	120
3.2.1.2	Reconciliació de la literatura	122
3.2.1.3	Proposta de seqüències causals	124
3.2.2	Policentrisme i patrons de mobilitat	124
3.2.2.1	Vincles existents en la literatura: distàncies i temps de viatge	125
3.2.2.2	Vincles existents en la literatura: mitjans de transport i impacte ambiental	129
3.2.2.3	Reconciliació de la literatura: conceptualització dels patrons de mobilitat policèntrics	131
3.2.2.4	Reconciliació de la literatura: definició i mesura del policentrisme	134
3.2.2.5	Proposta de seqüències causals	136
3.3	Plantejament de la recerca: bases de dades, variables i marc empíric	139
.....		
3.3.1	Dades i variables	139
3.3.1.1	Atributs sociodemogràfics i de l'habitatge	140
3.3.1.2	Atributs del medi construït	141

3.3.1.3	Policentrisme	142
3.3.1.4	Activitats i externalitats de la mobilitat agregada	143
3.3.1.5	Estadístiques descriptiva sobre les activitats i externalitats de la mobilitat agregada	144
3.3.2	Marc empíric	145
3.3.2.1	Modelatge d'equació estructural	145
3.3.2.2	Aproximació Bayesiana	148
3.3.2.3	Modelatge d'equació estructural: implementació	149
3.3.2.4	Modelatge d'equació estructural: estadístiques de bondat d'ajust	150
3.4	Policentrisme i patrons de mobilitat agregada	152
3.4.1	Bondat dels models d'equació estructural estimats	152
3.4.2	Els efectes totals dels determinants de les activitats i externalitats de la mobilitat	157
3.4.2.1	Els efectes de la proximitat als centres	157
3.4.2.2	Els efectes de la mida dels centres	163
3.4.2.3	Els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració	172
3.4.3	Els efectes directes i indirectes del policentrisme	173
3.4.3.1	Els efectes de la proximitat als centres	173
3.4.3.2	Els efectes de la mida dels centres	174
3.4.3.3	Els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració	175
3.4.4	Anàlisi de sensibilitat dels resultats	176
3.5	Conclusió i discussió	179
3.5.1	Implicacions per a polítiques de planificació territorial	181
4	Policentrisme i ús d'energia residencial	183
4.1	Introducció	183
4.1.1	Descripció del Problema d'investigació	183
4.1.2	Motivació i objectiu de la recerca	184
4.1.3	Contribucions	185
4.1.3.1	A la literatura	185
4.1.3.2	A les polítiques públiques	186
4.1.4	Organització del capítol	187
4.2	Model conceptual i hipòtesis	187
4.2.1	Atributs de la forma urbana, temperatures locals i característiques de l'habitatge	189
4.2.1.1	Vincles existents en la literatura	189
4.2.1.2	Reconciliació de la literatura	190
4.2.1.3	Proposta de seqüències casuais	191
4.2.2	Policentrisme, temperatures locals i característiques de l'habitatge	191
4.2.2.1	Vincles existents en la literatura	191
4.2.2.2	Reconciliació de la literatura	192
4.2.2.3	Proposta de seqüències casuais: mida dels centres	194
4.2.2.4	Proposta de seqüències casuais: proximitat als centres	195
4.2.2.5	Proposta de seqüències casuais: mida i integració dels centres	196

4.2.3	Atributs sociodemogràfics dels membres de la llar i característiques de l'habitatge	197
4.3	Plantejament de la recerca: bases de dades, variables i marc empíric	198
4.3.1	Dades i variables	198
4.3.1.1	Atributs sociodemogràfics de la llar	199
4.3.1.2	Característiques de l'habitatge	200
4.3.1.3	Atributs de la forma urbana	200
4.3.1.4	Policentrisme	200
4.3.1.5	Consum d'energia residencial	201
4.3.1.6	Estadístiques descriptiva sobre l'ús d'energia residencial	202
4.3.2	Marc empíric	204
4.3.2.1	Modelatge d'equació estructural multinivell	204
4.3.2.2	Aproximació Bayesiana	207
4.3.2.3	Modelatge d'equació estructural multinivell: implementació	208
4.3.2.4	Modelatge d'equació estructural multinivell: estadístiques de bondat d'ajust	209
4.4	Policentrisme i ús d'energia residencial	210
4.4.1	Bondat dels models d'equació estructural multinivell estimats	210
4.4.2	Els efectes totals dels determinants de l'ús d'energia residencial	214
4.4.2.1	Els efectes de la proximitat als centres	214
4.4.2.2	Els efectes de la mida dels centres	220
4.4.3	Els efectes directes i indirectes del policentrisme	220
4.4.3.1	Els efectes de la proximitat als centres	220
4.4.3.2	Els efectes de la mida dels centres	221
4.4.4	Policentrisme, mobilitat residencial i ús d'energia residencial	222
4.4.4.1	Mobilitat residencial des de i cap als centres i emissions de CO ₂	222
4.4.4.2	Els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració	223
4.4.5	Anàlisi de sensibilitat dels resultats	225
4.4.5.1	Prediccions Bayesiana Empírica	225
4.4.5.2	Simulació Monte Carlo	227
4.5	Conclusió i discussió	229
4.5.1	Implicacions per a polítiques de planificació territorial	231
5	Policentrisme, salaris i costos de l'habitatge	233
5.1	Introducció	233
5.1.1	Descripció del Problema d'investigació	233
5.1.2	Motivació i objectiu de la recerca	235
5.1.3	Contribucions	235
5.1.3.1	A la literatura	235
5.1.3.2	A les polítiques públiques	237
5.1.4	Organització del capítol	238
5.2	Model conceptual i hipòtesis	238

5.2.1	Policentrisme, salaris i costos de l'habitatge	241
5.2.1.1	Vincles existents en la literatura: gradients intraurbans	241
5.2.1.2	Vincles existents en la literatura: externalitats de l'aglomeració i mida de les ciutats	243
5.2.1.3	Vincles existents en la literatura: jerarquia del sistema de ciutats	246
5.2.1.4	Reconciliació de la literatura	247
5.2.1.5	Proposta de seqüències causals: mida dels centres	249
5.2.1.6	Proposta de seqüències causals: proximitat als centres	250
5.2.1.7	Proposta de seqüències causals: mida i integració dels centres	250
5.2.2	Atributs del medi construït, salaris i costos de l'habitatge	252
5.2.2.1	Vincles existents en la literatura	252
5.2.2.2	Reconciliació de la literatura	253
5.2.2.3	Proposta de seqüències causals	254
5.2.3	Atributs sociodemogràfics de l'individu i salaris	254
5.2.4	Característiques de l'habitatge, percepció subjectiva dels individus i costos de l'habitatge	255
<hr/>		
5.3	Plantejament de la recerca: bases de dades, variables i marc empíric	256
<hr/>		
5.3.1	Dades i variables	256
5.3.1.1	Atributs sociodemogràfics de la persona	256
5.3.1.2	Característiques de l'habitatge	258
5.3.1.3	Percepció subjectiva de les persones	258
5.3.1.4	Atributs del medi construït	258
5.3.1.5	Policentrisme	259
5.3.1.6	Beneficis i costos d'aglomeració: salaris i costos de l'habitatge	260
5.3.1.7	Estadístiques descriptiva sobre els salaris i els costos de l'habitatge	261
5.3.2	Marc empíric	263
5.3.2.1	Modelatge d'equació estructural multinivell	263
5.3.2.2	Aproximació Bayesiana	266
5.3.2.3	Modelatge d'equació estructural multinivell: implementació	267
5.3.2.4	Modelatge d'equació estructural multinivell: estadístiques de bondat d'ajust	268
<hr/>		
5.4	Policentrisme, salaris i costos de l'habitatge	269
<hr/>		
5.4.1	Bondat dels models d'equació estructural multinivell estimats	269
5.4.2	Els efectes totals dels determinants dels salaris i costos de l'habitatge	276
5.4.2.1	Els efectes de la proximitat als centres	276
5.4.2.2	Els efectes de la mida dels centres	286
5.4.3	Els efectes directes i indirectes del policentrisme	287
5.4.3.1	Els efectes de la proximitat als centres	287
5.4.3.2	Els efectes de la mida dels centres	288
5.4.4	Policentrisme, mobilitat residencial, salaris i costos de l'habitatge	290
5.4.4.1	Mobilitat residencial des de i cap als centres, salaris i costos de l'habitatge	290
5.4.4.2	Els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració	293
5.4.5	Anàlisi de sensibilitat dels resultats	294
5.4.5.1	Prediccions Bayesiana Empírica	294
5.4.5.2	Simulació Monte Carlo	295
<hr/>		
5.5	Conclusió i discussió	299
<hr/>		
5.5.1	Implicacions per a polítiques de planificació territorial	301

PART 3 Reflexions sobre Policentrisme i Eficiència Territorial

6	Conclusions i agenda per a la recerca i política territorial	307
6.1	Introducció	307
6.2	Resultats de recerca: policentrisme i eficiència territorial	309
6.2.1	Avenços teòrics	309
6.2.1.1	Revisió de l'estat de l'art i limitacions existents	309
6.2.1.2	Proposta d'un marc teòric	310
6.2.1.3	Il·lustració empírica: àrees metropolitanes en països de l'OECD	312
6.2.1.4	Conclusió	312
6.2.2	Avenços empírics	313
6.2.2.1	Beneficis en una estructura metropolitana policèntrica	315
6.2.2.2	Costos en una estructura metropolitana policèntrica	316
6.2.2.3	Conclusió	317
6.3	Directrius d'evidència informada per a polítiques de planificació territorial	318
6.3.1	Mida agregada dels centres mitjançant la seva integració: <i>borrowed size</i> entre centres	319
6.3.2	Mida dels centres: externalitats d'aglomeració desenvolupades localment	321
6.3.3	Proximitat als centres: <i>borrowed size</i> entre centres i el seu entorn	322
6.4	Agenda per a la recerca i política territorial	323
6.4.1	Policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial	323
6.4.2	Reflexions sobre necessitats futures de dades estadístiques	324
	Bibliografia	325

Llistat de taules

Capítol 1

Taula 1.1 Desenvolupament policèntric en la praxi de la planificació territorial: evidència de 50 plans per a regions metropolitanes d'arreu del món 56

Capítol 2

Taula 2.1 Evidència empírica de la relació entre policentrisme i eficiència territorial en la literatura 82

Capítol 3

Taula 3.1 Estadístiques de bondat d'ajust dels models ajustats 156

Taula 3.2 Efectes directes, indirectes i totals del model d'equació estructural Bayesià ajustat: model 1-P1 160

Taula 3.3 Efectes directes, indirectes i totals del model d'equació estructural Bayesià ajustat: model 2-P2 166

Taula 3.4 Efectes directes, indirectes i totals del model d'equació estructural Bayesià ajustat: model 3-P3 170

Taula 3.5 Anàlisi de sensibilitat dels efectes del policentrisme: simulació Monte Carlo dels models d'equació estructural ajustats 178

Capítol 4

Taula 4.1 Estadístiques de bondat d'ajust dels models ajustats 214

Taula 4.2 Efectes directes, indirectes i totals dels models d'equació estructural multinivell Bayesians ajustats: model 1-P1 i model 2-P2 218

Taula 4.3 Efectes totals dels models d'equació estructural multinivell Bayesians ajustats: model 3-P2, model 4-P2 i model 5-P3 224

Taula 4.4 Anàlisi de sensibilitat dels efectes del policentrisme: simulació Monte Carlo dels models d'equació estructural multinivell ajustats 228

Capítol 5

Taula 5.1 Estadístiques de bondat d'ajust dels models ajustats: salaris de les persones 275

Taula 5.2 Estadístiques de bondat d'ajust dels models ajustats: costos de l'habitatge 275

Taula 5.3 Models d'equació estructural multinivell Bayesians ajustats per l'estudi dels salaris de les persones: model 1-P1 i model 2-P2 280

Taula 5.4 Models d'equació estructural multinivell Bayesians ajustats per l'estudi dels costos de l'habitatge: model 1-P1 i model 2-P2 284

Taula 5.5 Efectes totals dels models d'equació estructural multinivell Bayesians ajustats per l'estudi dels salaris de les persones: model 3-P2, model 4-P2 i model 5-P3 291

Taula 5.6 Efectes totals dels models d'equació estructural multinivell Bayesians ajustats per l'estudi dels costos de l'habitatge: model 3-P2, model 4-P2 i model 5-P3 292

[Taula 5.7](#) Anàlisi de sensibilitat dels efectes del policentrisme: simulació Monte Carlo dels models d'equació estructural multinivell ajustats per l'estudi dels salaris de les persones [297](#)

[Taula 5.8](#) Anàlisi de sensibilitat dels efectes del policentrisme: simulació Monte Carlo dels models d'equació estructural multinivell ajustats per l'estudi dels costos de l'habitatge [298](#)

Llistat de figures

Capítol 1

Figura 1.1 Policentrisme i praxi de la planificació territorial: procés d'elaboració de plans territorials per a les regions metropolitanes 60

Figura 1.2 Regions metropolitanas d'arreu del món amb una importància cabdal per a l'estudi de les múltiples relacions recíproques entre policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial 64

Figura 1.3 Cas únic d'estudi: la regió metropolitana de Barcelona a Catalunya 66

Figura 1.4 Visió de conjunt esquemàtica de l'organització d'aquesta tesi 69

Capítol 2

Figura 2.1 Policentrisme, *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities* en aglomeracions metropolitanas 90

Figura 2.2 Policentrisme i economies d'aglomeració. Externalitats de les economies d'aglomeració a l'escala local: mida dels centres 91

Figura 2.3 Policentrisme i economies d'aglomeració. *Borrowed size* a l'escala local: proximitat (geogràfica) als centres 92

Figura 2.4 Policentrisme i economies d'aglomeració. *Borrowed size* a l'escala metropolitana: mida agregada dels centres mitjançant la seva integració 94

Figura 2.5 Policentrisme i economies d'aglomeració. *Borrowed size* a l'escala macroterritorial: *network externalities* entre centres d'aglomeracions metropolitanas distants 94

Figura 2.6 Àrees metropolitanas en països de l'OECD i la seva posició en la xarxa internacional de passatgers aeris 98

Figura 2.7 Desconnexió entre mida i eficiència territorial a l'escala metropolitana 101

Figura 2.8 Gràfic de prediccions Bayesiana Empírica amb intervals de credibilitat aproximats al 95% en comparació amb el rànquing de *borrowed size* entre països de l'OECD 102

Figura 2.9 *Borrowed size* i mida local: estimació de models logístics binomials [*borrowing size* ($\sigma=1$)] i d'efectes marginals de mitjana (AME) amb interval de confiança del 95% 104

Figura 2.10 *Borrowed size* i integració: estimació de models logístics binomials [*borrowing size* ($\sigma=1$)] i d'efectes marginals de mitjana (AME) amb interval de confiança del 95% 105

Figura 2.11 *Borrowed size*, mida local i integració: estimació de models logístics binomials [*borrowing size* ($\sigma=1$)] i d'efectes marginals de mitjana (AME) amb interval de confiança del 95% 106

Capítol 3

Figura 3.1 Model conceptual per avaluar les activitats i externalitats de la mobilitat agregada: relacions clau (amb hipòtesis plantejades) entre els principals determinants 119

Figura 3.2 Patrons de mobilitat i eficiència territorial de les àrees metropolitanas monocèntriques versus les policèntriques, estudiats en la literatura 125

- Figura 3.3 Patrons de mobilitat i eficiència territorial de les àrees metropolitanes policèntriques resultants de la trajectòria d'incorporació-fusió 133
- Figura 3.4 Plantejament de la recerca: anàlisi dels patrons de mobilitat agregada 140
- Figura 3.5 Activitats i externalitats de la mobilitat agregada segons atributs de l'estructura metropolitana policèntrica 144
- Figura 3.6 Relacions entre diferents indicadors d'activitats i externalitats de la mobilitat agregada i diversos factors referents al policentrisme 145
- Figura 3.7 Model d'equació estructural Bayesià: resultats considerant els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1) 153
- Figura 3.8 Model d'equació estructural Bayesià: resultats considerant els efectes del policentrisme via la mida dels centres (model 2-P2) 154
- Figura 3.9 Model d'equació estructural Bayesià: resultats considerant els efectes del policentrisme via la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (model 3-P3) 155

Capítol 4

- Figura 4.1 Model conceptual per avaluar el consum d'energia residencial: relacions clau (amb hipòtesis plantejades) entre els principals determinants 188
- Figura 4.2 Plantejament de la recerca: anàlisi de l'ús d'energia residencial 199
- Figura 4.3 Emissions de CO₂ del sector residencial segons característiques de l'habitatge i atributs de l'estructura metropolitana policèntrica 202
- Figura 4.4 Relacions entre les emissions de CO₂ del sector residencial i diversos factors referents al policentrisme i a la forma urbana 203
- Figura 4.5 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1) 212
- Figura 4.6 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els efectes del policentrisme via la mida dels centres (model 2-P2) 213
- Figura 4.7 Gràfic de prediccions Bayesiana Empírica amb intervals de credibilitat aproximats al 95% en comparació amb el ràncing d'emissions de CO₂ del sector residencial 226

Capítol 5

- Figura 5.1 Model conceptual per avaluar els salaris de les persones: relacions clau (amb hipòtesis plantejades) entre els principals determinants 239
- Figura 5.2 Model conceptual per avaluar els costos de l'habitatge: relacions clau (amb hipòtesis plantejades) entre els principals determinants 240
- Figura 5.3 Plantejament de la recerca: anàlisi dels salaris i costos de l'habitatge 257
- Figura 5.4 Relacions entre diversos factors referents al policentrisme i els salaris de les persones o els costos de l'habitatge 262
- Figura 5.5 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els salaris de les persones i els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1) 271

Figura 5.6 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els salaris de les persones i els efectes del policentrisme via la mida dels centres (model 2-P2) 272

Figura 5.7 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els costos de l'habitatge i els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1) 273

Figura 5.8 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els costos de l'habitatge i els efectes del policentrisme via la mida dels centres (model 2-P2) 274

Figura 5.9 Gràfic de prediccions Bayesiana Empírica amb intervals de credibilitat aproximats al 95% en comparació amb el rànquing de salaris de les persones i costos de l'habitatge 295

Capítol 6

Figura 6.1 Traducció dels efectes estimats del policentrisme en directrius d'evidència informada per a polítiques de planificació territorial 320

Sumari

Policentrisme i Eficiència Territorial: Avenços Teòrics i Empírics

Descripció del Problema d'investigació

Malgrat els grans esforços realitzats pels acadèmics per estudiar l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració en les àrees metropolitanes, encara no existeix un consens sobre la conceptualització (és a dir, la identificació i mesura) del policentrisme i dels seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals. A més, en l'àmbit de la política de planificació territorial, encara se sap poc sobre com es pot conceptualitzar el desenvolupament policèntric en els plans territorials i com els suposats beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial. Això ocórrer malgrat el fet que més del 75 per cent dels plans territorials recentment desenvolupats per a les grans àrees metropolitanes en països de l'OECD consideren el desenvolupament policèntric com la millor estratègia per gestionar el desenvolupament urbà. És crucial, doncs, adquirir més coneixement sobre les constel·lacions policèntriques i els seus efectes econòmics, socials i ambientals per a la praxi i la política de la planificació territorial. Un profund coneixement d'aquestes relacions ajudaria a fer front amb èxit els reptes econòmics, socials i ambientals imminents per a les persones que actualment viuen en aglomeracions metropolitanes; aquesta població representa aproximadament el 50 per cent de la població mundial, si considerem la població resident en països de l'OECD. Entre els reptes imminents més importants, s'hi troba la necessitat d'oferir un sistema de transport econòmic i eficient i un medi ambient sostenible, juntament amb estendre l'accés a l'educació, als llocs de treball, a les funcions urbanes i a un habitatge decent per a un gran nombre de gent.

Aquesta problemàtica ha motivat la definició d'una línia de recerca per part de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), que s'anomena 'Policentrisme, Eficiència Territorial i Planificació Territorial' (*Polycentricity, Performance i Planning*), i es basa en examinar les múltiples i recíproques relacions teòriques i empíriques entre l'estructura espacial policèntrica de les àrees metropolitanes; l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes en termes de competitivitat econòmica, benestar social, i sostenibilitat ambiental; i com les àrees metropolitanes es planifiquen a través de l'elaboració de plans territorials. Malgrat les aportacions teòriques i empíriques al coneixement de les relacions entre policentrisme, eficiència territorial i planificació, realitzades per [op. cit.](#), encara és necessari fer més investigació per continuar desenvolupant aquesta línia de recerca, tot abordant els reptes i llacunes de recerca que no s'han pogut cobrir en la seva totalitat.

Aquests reptes fan referència, principalment, a la relació teòrica i empírica entre policentrisme i eficiència territorial, on es poden detectar dues qüestions problemàtiques rellevants. En primer lloc, la necessitat d'ampliar l'anàlisi empírica sobre els (des)avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme, per tal d'assolir conclusions més àmplies sobre els seus efectes i directrius d'evidència informada, més exhaustives per a la política de planificació territorial. Una primera perspectiva podria produir avenços empírics en la relació entre policentrisme i eficiència territorial, a partir d'estendre l'objecte d'anàlisi des de les persones cap a les empreses i el seu comportament espacial. Una segona perspectiva seria considerar una gamma més àmplia d'indicadors d'eficiència territorial; p. ex., la productivitat laboral, la desocupació, els patrons de mobilitat agregada, els costos de l'habitatge, els preus del sòl, els salaris de les persones, les emissions de CO₂ dels habitatges, i el consum de sòl.

En segon lloc, la necessitat de refinar el marc conceptual sobre l'exploració de la relació entre policentrisme i eficiència territorial, per considerar la possibilitat que el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana cada cop sigui més dependent de les interaccions entre centres en xarxes a múltiples escales macroterritorials, és a dir, des de l'escala regional i estatal a l'escala internacional. Malgrat que un grup d'estudis afirma recentment que les xarxes entre ciutats a múltiples escales espacials, i les externalitats que es desenvolupen a partir d'aquestes, poden servir com un perfecte substitut dels beneficis de l'aglomeració en els sistemes urbans conduint, així, cap a una reconsideració de les bases geogràfiques de les economies d'aglomeració (Burger et al., 2015; Meijers i Burger, 2017; Meijers et al., 2016), altres estudis indiquen que el desenvolupament de les economies d'aglomeració i el seu impacte en l'eficiència territorial és una combinació de la mida de les ciutats, de la proximitat a altres llocs i de la interacció entre ciutats (Masip-Tresserra, 2016), o que les externalitats de xarxes de ciutats no són necessàriament un perfecte substitut de les economies d'aglomeració a nivell de la ciutat (Glaeser et al., 2016).

Abordar aquests dos grans problemes és la motivació principal d'aquesta tesi: és a dir, produir avenços teòrics i empírics en la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració en les àrees metropolitanes i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals.

Objectius generals i preguntes

L'objectiu general d'aquesta tesi és contribuir al debat actual amb relació al vincle entre policentrisme i eficiència territorial (àmpliament interpretada com a rendiment *performance*), tant des del punt de vista teòric com empíric, és a dir, considerant les dues qüestions problemàtiques citades més amunt. En primer lloc, aquesta tesi té l'objectiu de renovar l'aproximació teòrica de la relació entre policentrisme i eficiència territorial, reunint conceptes de les externalitats de les economies d'aglomeració arrelats en disciplines diferents; d'una banda, conceptes sobre l'abast geogràfic de les externalitats de les economies d'aglomeració, que han estat poc estudiats en la literatura actual sobre economia urbana i geografia econòmica, específicament el concepte d'*agglomeration shadows* i el de *borrowed size* i, d'altra banda, el concepte sobre l'abast macroterritorial de les externalitats de les economies d'aglomeració, desenvolupat per la literatura sobre economia de les xarxes, específicament el concepte de *network externalities*. En segon lloc, la tesi té l'objectiu de produir avenços empírics respecte a la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i l'eficiència territorial en les àrees metropolitanes, amb la finalitat posterior de traduir els efectes estimats d'aquesta relació en directrius d'evidència informada per a la política de planificació territorial. En concret, aquesta tesi s'enfoca en l'anàlisi empírica dels (des)avantatges del policentrisme respecte (1) a les activitats i externalitats de la mobilitat agregada de les persones, (2) a l'ús d'energia residencial, i (3) als salaris de les persones i costos de l'habitatge.

Per tal d'assolir aquests dos objectius, aquesta tesi desenvolupa part de la pregunta de recerca general '*En quina mesura el policentrisme fomenta una major eficiència territorial en una àrea metropolitana, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?*' a partir de respondre quatre preguntes de recerca específiques:

- 1 Com s'ha conceptualitzat la relació entre policentrisme i eficiència territorial en l'àmbit de la recerca, i com es pot renovar aquesta conceptualització per permetre una examinació més àmplia dels efectes del policentrisme?
- 2 En quina mesura el policentrisme fomenta un major ús del transport públic, un menor temps i distància de viatge, així com també menors emissions de CO₂ del transport, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?

- 3 En quina mesura el policentrisme redueix les emissions de CO₂ dels habitatges, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?
- 4 En quina mesura el policentrisme fomenta salaris de les persones més alts a la vegada que mitiga els costos de l'habitatge, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?

Cas únic d'estudi: la regió metropolitana de Barcelona

Aquesta tesi es centra en l'escala metropolitana i selecciona com a cas únic d'estudi la regió metropolitana de Barcelona. Amb aproximadament 5 milions d'habitants, la regió metropolitana de Barcelona és la principal aglomeració urbana de Catalunya, un territori de 7,5 milions d'habitants localitzat al sud-oest d'Europa. L'estudi de les múltiples i recíproques relacions entre policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial (*polycentricity*, *performance* i *planning*) en la regió metropolitana de Barcelona produeix un potencial aprenentatge per a altres regions metropolitanes a causa del seu alt grau de representativitat dins de la població de possibles casos d'estudis. En aquest sentit, la regió metropolitana de Barcelona és una de les regions més policèntriques d'arreu del món, en concret la setena, segons l'[OECD \(2012\)](#). A més, el pla territorial recentment elaborat per a aquesta regió per implantar una política territorial de desenvolupament policèntric, el Pla Territorial Metropolità de Barcelona del 2010, reflecteix una forta tradició històrica de planificació territorial a Catalunya, on les idees sobre el desenvolupament policèntric han existit durant dècades. Per exemple, el pla territorial citat més amunt està influenciat per la visió territorial del policentrisme, que va ser adoptada pel Pla Director de l'Àrea Metropolitana de Barcelona del 1966. Aquest últim pla territorial va ésser un dels primers a trencar el model concèntric, llavors popular, d'anells verds i ciutat satèl·lits, i proposar configuracions espacials policèntriques en xarxa, per tal de resoldre la pressió de la urbanització en les ciutats centrals de les regions metropolitanes.

Mètodes de recerca

Aquesta tesi doctoral utilitza diversos mètodes de recerca per explorar com la relació entre policentrisme i eficiència territorial es manifesta en la regió metropolitana de Barcelona. Els mètodes utilitzats inclouen mètodes qualitius, com l'anàlisi discursiu i la revisió teòrica, per respondre la primera pregunta de recerca. A més, aquesta tesi utilitza mètodes quantitius per abordar tant la segona com la tercera i quarta pregunta de recerca. En concret, aquesta tesi utilitza el modelatge d'equació estructural (multinivell) Bayesiana, les prediccions Bayesiana Empírica i la simulació Monte Carlo, entre altres mètodes quantitius. És important indicar que, a partir de l'aplicació d'aquests mètodes quantitius, aquesta tesi doctoral pot explicar els efectes estimats (p. ex., elasticitats directes, indirectes, i totals) de la relació entre policentrisme i eficiència territorial a arquitectes, urbanistes, i legisladors de política pública, a manera d'evidència informada. D'altra banda, l'ús d'aquests mètodes quantitius és inèdit en l'àmbit de recerca dels (des)avantatges econòmics, socials i ambientals de les possibles organitzacions espacials de l'aglomeració en àrees metropolitanes (p. ex., policentrisme), malgrat els seus avantatges. Per exemple, l'aplicació de models d'equació estructural multinivell Bayesians permet a aquesta tesi de prendre el pas innovador de conceptualitzar i identificar vincles causals omesos en la literatura existent sobre els (des)avantatges del policentrisme (p. ex., els efectes indirectes del policentrisme en els salaris, intercedit pel seu impacte en els atributs del medi construït), a la vegada que, d'una banda, permet l'ús de dades jeràrquiques, controlant adequadament les variacions micronivell i, d'altra banda, permet aprofitar millor el coneixement que es té sobre els paràmetres d'un model economètric, ja que simula les distribucions posteriors dels paràmetres en base a la seva distribució a priori i a la funció de versemblança avaluada, fent servir les dades observades, conduint, així, cap a una obtenció dels paràmetres més robusta i amb menys biaix.

Conclusions

Les dues següents subseccions, a continuació, presenten les principals conclusions respecte a les quatre preguntes de recerca. Mentre que la primera subsecció exposa les conclusions amb relació a la primera pregunta, la segona presenta les conclusions respecte a les altres tres preguntes.

Avenços teòrics

La conceptualització en la literatura actual sobre la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals, tant a l'escala intrametropolitana com a l'escala regional, presenten tres grans limitacions que obstaculitzen una examinació àmplia dels seus efectes i que, per tant, expliquen l'existència de resultats empírics no concloents sobre el rol del policentrisme envers l'eficiència territorial. En primer lloc, la manca de consideració de tots els àmbits de les economies d'aglomeració, en un marc empíric, per examinar-ne els seus efectes, específicament (1) l'abast industrial que fa referència principalment a les externalitats d'aglomeració desenvolupades a partir de les economies d'urbanització de les ciutats, (2) l'abast geogràfic que fa referència a la distància física (proximitat geogràfica) en què les economies d'aglomeració tenen la capacitat d'exercir els seus efectes, i (3) l'abast macroterritorial que fa referència a les externalitats d'aglomeració que es desenvolupen a partir d'explorar relacions i fluxos de complementarietat i cooperació, tant entre ciutats pròximes entre elles com distants. En segon lloc, l'existència d'aproximacions poc acurades per definir les estructures policèntriques, on no s'identifiquen empíricament els centres que les formen i que, per tant, dificulten l'exploració empírica dels (des)avantatges del policentrisme en base a les externalitats d'aglomeració de la co-existència de múltiples centres. En tercer lloc, les limitacions existents en les recents reinterpretacions teòriques en la literatura sobre els conceptes originals de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities* dificulten una interpretació adequada del desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana policèntrica des de l'òptica de l'abast geogràfic i macroterritorial de les economies d'aglomeració. Exemples rellevants d'aquestes limitacions inclouen, p. ex., la proposta de 'nous termes' (p. ex., el de *borrowed performance* i el de *borrowed function*) per descriure conceptes ja existents en la literatura (p. ex., els efectes de proximitat als centres) possiblement a causa de l'afany d'assolir, així, un major reconeixement i posicionament dins de la literatura.

La renovació d'aquesta conceptualització que es formula en una proposta d'un nou marc teòric que permeti una examinació més àmplia dels efectes del policentrisme, ha de considerar que el desenvolupament de les economies d'aglomeració i de les seves externalitats en una àrea metropolitana és una combinació de la mida dels centres, de la proximitat a altres llocs i de la interacció entre centres en xarxes a múltiples escales territorials, des de l'escala metropolitana a l'escala regional, estatal i internacional. Dit d'una altra manera, l'examinació empírica dels (des)avantatges de l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració ha d'explorar els efectes (1) de la mida dels centres, (2) de la proximitat geogràfica dels centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) dels patrons d'interacció entre centres a l'escala metropolitana (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial). Per tant, aquesta nova aproximació teòrica als (des)avantatges d'una estructura metropolitana policèntrica és més àmplia i acurada que l'existent en els estudis actuals en la literatura, a la vegada que defuig dels plantejaments que han afirmat que les xarxes de ciutats a múltiples escales espacials, i les externalitats que es desenvolupen a partir d'aquestes, poden servir com a perfecte substitut dels beneficis de l'aglomeració en els sistemes urbans conduint, així, cap a una reconsideració de les bases geogràfiques de les economies d'aglomeració. En aquest sentit, la importància, tant de la mida dels centres com de la seva integració a l'escala internacional pel desenvolupament d'externalitats (positives) de l'aglomeració, s'ha corroborat empíricament a partir de considerar les àrees metropolitanes en països de l'OECD, on s'ha emfatitzat,

p. ex., que els efectes de *borrowed size* es produeixen en major mesura en les àrees metropolitanes dels Estats Units i que, per tant, no són una particularitat única dels sistemes urbans Europeus.

Avenços empírics

Una estructura metropolitana policèntrica exerceix una influència considerable—tant activa com passiva—per augmentar l'eficiència territorial en una àrea metropolitana, a través de superar els reptes socials i ambientals que la mobilitat agregada de les persones origina, de mitigar i d'adaptar el canvi climàtic mitjançant la reducció del consum d'energia relacionat amb el transport i els habitatges, i de millorar les condicions de vida de les persones. Els efectes del policentrisme a partir de considerar (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica dels centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), i (3) la mida agregada dels centres, mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana)—i, per tant, examinant els efectes d'estar localitzat en els centres o orientat cap als centres, d'estar localitzat a prop dels centres, i dels patrons d'interacció entre els centres—són estadísticament significatius i de magnitud considerable per tal de fomentar (1) un patró de mobilitat agregada socialment i ambientalment més eficient (això és, temps i distàncies de mitjana de viatge més curts, menors emissions de mitjana de CO₂ del transport, i una major competitivitat relativa del transport públic); (2) menors emissions de CO₂ dels habitatges; i (3) majors salaris i menors costos de l'habitatge. A més, la magnitud d'aquests efectes del policentrisme és, generalment, més gran que la dels efectes de les característiques específiques de les persones—és a dir, característiques sociodemogràfiques i percepcions subjectives (p. ex., edat, nivell educatiu, i valoració percebuda al barri/entorn)—de les característiques dels habitatges (p. ex., mida, qualitat i tipus d'habitatge) i dels atributs del medi construït (p. ex., densitat de llocs de treball i presència de facilitats urbanes). Més específicament, la dimensió més important d'una estructura metropolitana policèntrica per a fomentar una eficiència territorial més gran és, generalment, el tipus d'interacció, seguit pel tipus de ciutat que, a la vegada, és més important que la proximitat als centres. Això indica que el procés de metropolitanització exerceix un impacte positiu en l'eficiència territorial d'una àrea metropolitana quan es tradueix en una major integració espacial (interacció)—i, per tant, també en una major mobilitat residencial—entre (1) els centres d'aquesta àrea, (2) des d'àrees perifèriques o ciutats veïnes als centres cap als centres, i (3) des d'àrees perifèriques cap a ciutats veïnes als centres.

Partint d'aquests efectes, el desenvolupament policèntric fomenta una eficiència territorial més gran en la regió metropolitana de Barcelona, perquè ha influït de forma significativa en (1) les activitats i externalitats de la mobilitat agregada de les persones, (2) l'ús d'energia residencial, i (2) els salaris i costos de l'habitatge. En primer lloc, les persones que resideixen en els centres, en comparació a les que no hi resideixen, disposen d'un major avantatge salarial que es compensa, en part, per costos de l'habitatge més alts, viuen en habitatges que generen menys emissions de CO₂, utilitzen el transport públic més freqüentment i els seus desplaçaments de mitjana són més curts, de menys durada, i causen menys emissions de CO₂ relacionades amb el transport. En segon lloc, les persones que resideixen en àrees o ciutats a prop dels centres, en lloc de fer-ho en àrees o ciutats més lluny d'aquests, gaudeixen més intensament de la dispersió (extensió) espacial de les externalitats positives (beneficis) de les economies d'aglomeració dels centres envers les àrees del seu entorn, a la vegada que eviten les seves externalitats negatives (costos) ja que aquestes es mantenen localment; confinades en els límits geogràfics dels centres. En aquest sentit, les persones que viuen a prop dels centres exhibeixen un patró de mobilitat agregada més sostenible, gaudeixen d'una major prima salarial i els seus habitatges són energèticament més eficients, però no necessàriament més costosos. En tercer lloc, les persones que es desplacen entre centres presenten un patró de mobilitat més sostenible i les persones que migren cap als centres des d'altres localitzacions són les que viuen en habitatges energèticament més eficients i gaudeixen d'un major augment salarial, mentre que les que ho fan des d'àrees perifèriques cap a ciutats veïnes als centres eludeixen un accés menys assequible a l'habitatge. En resum, el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una regió metropolitana policèntrica explica el perquè d'aquests tres resultats de recerca. Per tant, la traducció dels beneficis del policentrisme en polítiques de planificació

territorial requereix la consideració simultània (1) de la mida dels centres, (2) de la mida dels centres i la proximitat (geogràfica) als centres, i (3) de la mida dels centres i la integració entre centres.

Directrius d'evidència informada per a polítiques de planificació territorial

Els efectes estimats del policentrisme donen lloc a l'elaboració d'un conjunt de directrius per a la política de planificació territorial, pel que fa al desenvolupament urbà, al desenvolupament d'infraestructures de transport, i a la mobilitat residencial, que poden millorar l'eficiència territorial de la regió metropolitana de Barcelona. Aquestes polítiques de planificació territorial informen els autors dels plans territorials sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial i, per tant, els aporta un coneixement més acurat del desenvolupament policèntric, per tal de poder assolir amb més eficàcia els objectius econòmics, socials i ambientals dels plans territorials per a aglomeracions metropolitanes.

En essència, la traducció dels beneficis del policentrisme en directrius d'evidència informada per a les polítiques de planificació territorial, ha requerit la consideració de diverses dimensions d'una estructura espacial policèntrica, que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana: (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica dels centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), i (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana). S'han elaborat vuit directrius d'evidència informada, d'una banda, per millorar l'eficàcia dels objectius del Pla Territorial Metropolità de Barcelona del 2010, amb relació a promoure una mobilitat de costos socials reduïts que afavoreixi el transport públic, una major cohesió social del territori i una política de l'habitatge més efectiva i, d'altra banda, per incorporar a aquest pla territorial (a causa de la seva omisió) propostes d'actuació que mitiguin i adaptin el canvi climàtic a partir de reduir les emissions de CO₂ dels habitatges i del transport.

Mida agregada dels centres mitjançant la seva integració: *borrowed size* entre centres

- 1 Promoure noves i més eficients xarxes de transport públic entre els centres per fer possible que aquests centres *borrow* la seva mida urbana, fet que resulta en un desenvolupament més gran d'externalitats d'aglomeració que les que s'originarien si únicament explotessin la seva mida urbana per separat.
- 2 Augmentar la integració espacial i mobilitat residencial entre centres (metropolitanització), a través de promoure estratègies de 'ciutat compacta' i 'desenvolupament orientat al transport públic' que potenciïn la complementarietat entre els centres a l'escala metropolitana en termes de sectors econòmics, ocupacions i funcions urbanes.
- 3 Promoure noves i més eficients xarxes de transport públic entre els centres i les àrees del seu entorn, per tal d'estimular interaccions i migració residencial cap als centres i augmentar l'accés dels residents propers als centres als beneficis d'aglomeració dels centres que estan integrats amb el seu centre més proper.
- 4 Promoure noves i més eficients xarxes de carretera entre els centres secundaris, per tal de reduir la congestió al llarg dels eixos de transport radials orientats cap a la ciutat central de Barcelona i potenciar el desenvolupament d'efectes de *borrowed size* entre aquests centres secundaris.

Mida dels centres: externalitats d'aglomeració desenvolupades localment

- 5 Promoure estratègies de 'ciutat compacta' i 'desenvolupament orientat al transport públic' en els centres existents (ciutat central i centres secundaris), per estimular que més residents d'aquests centres puguin accedir als seus beneficis d'aglomeració.
- 6 Promoure la concentració de diferents tipus d'habitatge social en els centres existents, per tal de garantir l'accés dels grups de població amb menys ingressos als beneficis d'aglomeració dels centres, tot evitant els seus costos de l'aglomeració.

Proximitat als centres: *borrowed size* entre centres i el seu entorn

- 7 Promoure estratègies de 'ciutat compacta' i 'desenvolupament orientat al transport públic' en ciutats properes als centres per fer possible, d'una banda, que més residents d'aquestes àrees en els entorns dels centres puguin treure profit de la seva proximitat als beneficis d'aglomeració d'un o més centres i, d'altra banda, la potenciació d'efectes de *borrowed size* a partir que els centres explotin encara més la mida urbana de les àrees del seu entorn.
- 8 Promoure una major migració residencial des d'àrees localitzades a gran distància dels centres cap a les ciutats veïnes als centres o cap als centres, i limitar el creixement en àrees perifèriques, tant per reduir (el màxim possible) els alts costos de la mobilitat (distància i temps de desplaçament) que afecten els residents d'aquestes àrees perifèriques, com per disminuir les emissions de CO₂ relacionades amb el transport i l'habitatge.

Agenda per a la recerca i la política territorial

Malgrat que aquesta tesi produeix avenços teòrics i empírics en la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració en les àrees metropolitanes i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals, és necessari dur a terme més recerca per seguir desenvolupant la línia de recerca basada en l'examinació teòrica i empírica de les múltiples i recíproques relacions entre policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial en les aglomeracions metropolitanes. Dos passos futurs de recerca es poden identificar, en aquest sentit.

D'una banda, l'anàlisi empírica d'aquesta tesi s'ha d'estendre per continuar examinant els efectes del policentrisme en l'eficiència territorial de la regió metropolitana de Barcelona. A més, l'extensió d'aquesta anàlisi empírica pot facilitar l'elaboració de directrius més exhaustives d'evidència informada per a les polítiques de planificació territorial que abordin tots els objectius de planificació territorial (i en puguin d'incorporar de nous), respecte al Pla Territorial Metropolità del 2010. Una primera perspectiva d'investigació futura per abordar aquesta demanda, és considerar com a objecte d'anàlisi les empreses i el seu comportament espacial en aglomeracions metropolitanes. Una segona perspectiva tindria com a objecte d'anàlisi altres indicadors d'eficiència territorial, com ara la productivitat laboral, la desocupació, i els preus i el consum de sòl. D'altra banda, una de les contribucions principals d'aquesta tesi és la conceptualització (i posterior anàlisi empírica) del possible vincle entre la literatura sobre el policentrisme i les teories de l'aglomeració i la literatura sobre la mobilitat residencial de les persones. No obstant, aquesta tesi no ha abordat els determinants per motivar un desig, intenció, o decisió de les persones per realitzar un canvi de residència. Més recerca, doncs, és necessària per esbrinar quins són els determinants que promouen aquells tipus de mobilitat residencial que aquesta tesi mostra que milloren l'eficiència territorial d'una àrea metropolitana. La qüestió a plantejar, doncs, seria si la necessitat d'accés a les externalitats positives (i l'evasió de les externalitats negatives) de les economies d'aglomeració de les ciutats, per part de les persones, és un factor rellevant per explicar o no la seva migració residencial.

Summary

Polycentricity and Performance: Theoretical and Empirical Advances

Problem statement

Despite strong efforts made by scholars to study the polycentric spatial organization of agglomeration in metropolitan areas, there is still no consensus about the conceptualization (i.e., identification and measurement) of polycentricity and its economic, social, and environmental (dis)advantages. Additionally, little is known in the policy realm about how polycentric development can be conceptualized in spatial plans and how the assumed benefits of polycentricity can be realized in planning practice. This is despite the fact that more than 75 percent of recent spatial plans developed for large metropolitan areas in OECD countries consider polycentric development to be the best strategy for managing urban development. It is therefore crucial to gain more insights into the multiple and reciprocal relationships among the polycentric spatial structure of metropolitan areas; their economic, social, and environmental performance; and how these metropolitan areas are planned through the elaboration of spatial plans. A deep understanding of these relationships will help to successfully address impending economic, social, and environmental challenges for people who currently live in metropolitan agglomerations—this includes approximately 50 percent of the world’s population, considering only the population of OECD countries. Some of the key impending challenges that need to be addressed include offering an economical, efficient transportation system and a sustainable environment, along with extending access to education, jobs, amenities, and decent housing to a large number of people.

The need to address these aforementioned issues has brought [Masip-Tresserra \(2016\)](#) to define a line of research called ‘Polycentricity, Performance and Planning’. This line of research is based on examining the multiple (and reciprocal) theoretical and empirical relationships among the polycentric spatial structure of metropolitan areas; the performance of metropolitan areas in terms of economic competitiveness, environmental sustainability and social well-being; and how metropolitan areas are planned through the elaboration of spatial plans. Despite the theoretical and empirical contributions to knowledge about the relations among polycentricity, performance and planning undertaken by [op. cit.](#), further research is needed to continue developing this line of research, addressing those challenges and research gaps that have not been covered in their entirety.

These challenges mainly refer to the theoretical and empirical relationship between polycentricity and performance, where two main issues can be distinguished. First, the empirical analysis of the economic, social and environmental (dis)advantages of polycentricity needs to be extended to achieve broader conclusions about its effects and to elaborate more comprehensive evidence-informed guidelines for planning policies. A first research perspective could move forward in the empirical relationship between polycentricity and performance by extending the object of analysis from people to firms and their spatial behavior. A second research perspective could consider a wider range of performance indicators, e.g., labor productivity, unemployment, aggregate mobility patterns, housing costs, land prices, wages, residential CO₂ emissions, and land consumption.

Second, the conceptual framework for exploring the link between polycentricity and performance needs to be refined to consider that the development of agglomeration economies in a metropolitan area may be ever more dependent on interactions among centers in networks at multiple macroterritorial scales, i.e., from the regional and national scales to the international scale. Although some studies have recently

claimed that networks of cities across multiple spatial scales (and the externalities that are developed from these networks) can serve as a perfect substitute for the benefits of agglomeration in urban systems and thus demand a recasting of the geographical foundations of the agglomeration economies (Burger et al., 2015; Meijers and Burger, 2017; Meijers et al., 2016), other studies have highlighted that the development of agglomeration economies in a metropolitan area (and their influence on performance) is a mixture of the size of cities, the proximity to other places and the interactions among cities (Masip-Tresserra, 2016) or that city network externalities are not necessarily a perfect substitute for local agglomeration economies (Glaeser et al., 2016).

Addressing these two major issues is the key motivation for this thesis: to make theoretical and empirical contributions on the relationship between the polycentric spatial organization of agglomeration in metropolitan areas and its economic, social and environmental (dis)advantages.

General aims and questions

The overarching research goal of this dissertation is to contribute to the debate on the link between polycentricity and performance by taking both theoretical and empirical approaches and, thus, considering the two critical issues mentioned above. First, this thesis aims to renew the conceptualization of the relationship between polycentricity and performance by bringing together concepts of agglomeration externalities that are rooted in distinct literature. These include, on the one hand, concepts that refer to the geographic scope of agglomeration externalities that have received little attention in the existing literature on urban economics and economic geography, namely, the concept of agglomeration shadows and borrowed size, and on the other hand, the concept of network externalities, which refers to the macroterritorial scope of agglomeration externalities and has been developed by the literature on the economics of networks. Second, this dissertation aims to move forward in the empirical substantiation of the relationship between the polycentric spatial organization of agglomeration and performance in metropolitan areas to translate the estimated effects of this link into evidence-informed guidelines for planning policies. In particular, this thesis focuses on three dimensions of the relationship between polycentricity and performance to conduct its empirical analyses: (1) activities and externalities of aggregate human mobility, (2) residential energy use, and (3) wages and housing costs.

To accomplish these two goals, this thesis addresses part of the general research question *'To what extent does polycentricity foster better performance in a metropolitan area, and how can its effects be realized in planning practice'* by answering four specific research questions:

- 1 How has the relationship between polycentricity and performance been conceptualized in the literature, and how can this relationship be renewed to enable broader testing of the effects of polycentricity?
- 2 To what extent does polycentricity encourage the use of public transport and reduce trip distance, travel time and transportation-related CO₂ emissions, and how can its effects be realized in planning practice?
- 3 To what extent does polycentricity reduce residential CO₂ emissions, and how can its effects be realized in planning practice?
- 4 To what extent does polycentricity foster higher wages while mitigate housing costs, and how can its effects be realized in planning practice?

Single case study: the Barcelona metropolitan region

This thesis focuses on the metropolitan scale, and its case study is the Barcelona metropolitan region. With approximately 5 million people, the Barcelona metropolitan region is the primary urban agglomeration

of Catalonia, an autonomous region of 7.5 million inhabitants in Spain. Research on the multiple and reciprocal links among polycentricity, performance and planning within the Barcelona metropolitan region has learning potential for other metropolitan regions because of its high degree of representativeness within the population of possible case studies. Accordingly, the Barcelona metropolitan region is one of the most polycentric regions worldwide, namely, the seventh-most polycentric (OECD, 2012). Moreover, a recent spatial plan aimed at implementing a polycentric development policy for this region, the 2010 Barcelona Metropolitan Territorial Plan, reflects a strong historical planning tradition in Catalonia, a place where ideas on polycentric development have been around for many decades. For example, the spatial plan mentioned above is influenced by a planning vision of polycentricity that was coined by the 1966 Director Scheme of the Barcelona Metropolitan Area. This plan was one of the first to break with the then-popular concentric model of green belts and satellite cities and to propose networked, polycentric spatial configurations to resolve the pressure of urbanization on metropolitan regions' central cities.

Research methods

This dissertation employs several research methods to explore how the relationship between polycentricity and performance manifests itself in the Barcelona metropolitan region. The methods used include qualitative methods, such as discourse analysis and theoretical review, to answer the first research question. Moreover, this thesis employs quantitative methods to address the second, third and fourth research questions. In particular, this thesis uses Bayesian (multilevel) structural equation models, Empirical Bayes predictions and Monte Carlo simulation, among other quantitative methods. It is important to note that because of the use of these models, this dissertation can explain the estimated effects (e.g., total, direct and indirect elasticities) of the link between polycentricity and performance to architects, planners, and policymakers in an evidence-informed form. Moreover, the use of these quantitative methods is unprecedented in the research field of the economic, social and environmental (dis)advantages of different spatial organizations of agglomeration in metropolitan areas (e.g., polycentricity) despite their advantages. For instance, the application of Bayesian (multilevel) structural equation modeling allows this thesis to take the novel step to conceptualize and identify omitted causal relations from the existing literature on the (dis)advantages of polycentricity (e.g., the indirect effects of polycentricity on wages mediated through built environment attributes). Additionally, it enables an adequate control for microlevel variations when the research draws on hierarchical data and allows us to obtain more robust and reduced-bias model parameter estimates because more can be learned about parameter estimates and model fit. Compared to the frequentist approach to statistics, where parameters are fixed and parameters estimates have asymptotically normal distributions based on large-sample theory, the Bayesian view is that parameters are variables that have distributions. The posterior distributions, which produce the Bayesian parameters estimates, are derived from priors together with the data. Priors, in turn, are parameter distributions based on prior experience before data are collected and analyzed.

Conclusions

The following two subsections present the main conclusions regarding the four research questions. Whereas the first subsection sets forth the conclusions in relation to the first question, the second one presents the conclusions with respect to the three other research questions.

Theoretical advances

The conceptualization of the current literature on the relationship between the polycentric spatial organization of agglomeration and its economic, social and environmental (dis)advantages, at both the

intra-metropolitan and regional scales, has three major limitations that hamper a broad testing of the effects of polycentricity, explaining the discrepancies in research findings on the relationship between polycentricity and performance found in the literature. First, the existing studies in the literature have not empirically examined the effects of polycentricity on performance by considering all of the different scopes of agglomeration economies—namely, (1) the industrial scope, which mainly refers to the agglomeration externalities developed by urbanization economies in cities; (2) the geographic scope, which refers to the physical distance (geographic proximity) at which agglomeration economies have the ability to exert their effects; and (3) the macroterritorial scope, which refers to the agglomeration externalities developed by exploiting the relationships and flows of complementary and cooperation networks among both close-by and distant cities. Second, the existence of very broad (and inaccurate) definitions of a polycentric spatial structure, which do not empirically identify its centers, complicate a proper empirical analyses of the (dis)advantages of polycentricity based on considering the development of agglomeration economies in a polycentric metropolitan area. Third, the existing limitations in recent theoretical reinterpretations of the original concepts of borrowed size, agglomeration shadows and network externalities found in the literature complicate an adequate interpretation of the development of agglomeration economies in a metropolitan area by taking into account the geographic and macroterritorial scopes of agglomeration economies. Key examples of these limitations include the proposal of ‘new concepts’ (e.g., borrowed performance and borrowed function)—possibly because of the desire to achieve a greater recognition and positioning in the literature—that apparently are novel but they indeed are not because they are equivalent to already existing and well-founded concepts in the literature (e.g., the effects of proximity to centers).

The renewal of the conceptualization of the link between polycentricity and performance, which is translated into the proposal of a new conceptual framework aimed at enabling broader testing of the effects of polycentricity, must consider that the development of agglomeration economies and their externalities in a metropolitan area is a mixture of the size of centers, the proximity to other places and the interactions among centers in networks at multiple territorial scales, i.e., from the metropolitan scale to the regional, national and international scales. Put differently, the empirical examination of the (dis)advantages of the polycentric spatial organization of agglomeration must explore the effects of (1) the size of centers, (2) the geographic proximity to centers (borrowed size effects at the local scale), (3) the interaction patterns among centers at the metropolitan scale (borrowed size effects at the metropolitan scale) and if possible, (4) the interaction patterns among centers at the regional, national and international scales as well (borrowed size effects at the macroterritorial scale). Therefore, it can be argued that the new conceptual framework proposed in this dissertation for exploring the (dis)advantages of polycentricity is broader and more accurate than other existing theoretical approximations found in the literature to the link between polycentricity and performance. Additionally, it can be argued that this new conceptual framework avoids those approaches that have claimed that the networks of cities across multiple spatial scales (and the externalities that are developed from these networks) can serve as a perfect substitute for the benefits of agglomeration in urban systems, leading to a recasting of the geographic foundations of the agglomeration economies. In this respect, the importance of both the size of centers and their integration into international networks to the development of (positive) agglomeration externalities has been empirically substantiated by considering all of the metropolitan areas in OECD countries. Additionally, the empirical analysis performed in this thesis to test the proposed conceptual framework for the link between performance and performance has shown that the effects of borrowed size are greater in U.S. metropolitan areas, and therefore, they are not exclusive to the European urban systems.

Empirical advances

A polycentric metropolitan structure exerts a considerable influence—both active and passive—on enhancing performance in a metropolitan area, addressing the social and environmental challenges

posed by aggregate human mobility, mitigating and adapting to climate change by reducing the energy consumption related to transport and housing, and improving people's social well-being. The effects of polycentricity—i.e., considering (1) the size of centers, (2) the geographic proximity to centers (borrowed size effects at the local scale), and (3) the aggregate size of centers through their integration (borrowed size effects at the metropolitan scale), thereby examining the effects of being located in or oriented toward centers; of being located close to centers; and of interaction patterns among centers—are statistically significant and of considerable magnitude in promoting (1) the reorganization of aggregate human mobility patterns in a more socially and environmentally friendly manner (i.e., shorter trip distances and travel times, lower transportation-related CO₂ emissions, and greater relative competitiveness of public transport), (2) lower residential CO₂ emissions, and (3) higher wages and lower housing costs. In addition, the magnitude of the effects of polycentricity appear to be generally larger than the effects of individual-specific characteristics—i.e., people's sociodemographic characteristics and subjective perceptions (e.g., age, educational level and neighborhood perceived assessment)—housing characteristics (e.g., size, quality and type of housing) and built environment attributes (e.g., employment density and presence of urban amenities). More specifically, the most important dimension of a polycentric metropolitan structure in fostering better performance is generally the type of interaction, followed by the type of city, which in turn is more important than the proximity to centers. This indicates that the process of metropolitanization enhances performance in a metropolitan area when it is translated into greater integration (interaction)—and into greater residential mobility as well—(1) among centers' metropolitan area, (2) from peripheral areas or centers' neighboring cities to centers, and (3) from peripheral areas to centers' neighboring cities.

Based on these effects, polycentric development fosters better performance in the Barcelona metropolitan region because it has strongly influenced (1) the activities and externalities of aggregate human mobility, (2) the residential energy use, and (3) wages and housing costs. First, people living in centers enjoy a larger wage premium that compensates for the higher housing costs in centers, use public transit more frequently, cause fewer CO₂ emissions in their houses, and take trips that are shorter, take less time, and create fewer transportation-related CO₂ emissions than if they do not live in centers. Second, people living close to centers compared to those living farther away enjoy greater advantages from the dispersion (spatial extent) of the positive externalities (benefits) of agglomeration economies of centers over their surroundings, and can also avoid the centers' negative externalities (costs) because they remain localized, thereby confined to the centers' geographic boundaries. In this respect, people living close to centers exhibit a more sustainable aggregate mobility pattern, enjoy a larger wage premium and have houses that are more energetically efficient but not necessarily more costly. Third, people traveling among centers exhibit a more socially and environmentally friendly mobility pattern and people migrating to centers from other places enjoy larger wage premiums and have houses that cause fewer CO₂ emissions. Those who migrate from peripheral areas to centers' neighboring cities avoid less affordable housing. In short, the development of agglomeration economies in a polycentric metropolitan region explains these three aforementioned findings. Therefore, the translation of the benefits of polycentricity into planning policies requires the simultaneous consideration of (1) the size of centers, (2) the size and (geographic) proximity to centers, and (3) the size of and integration among centers.

Evidence-informed guidelines for planning policies

The estimated effects of polycentricity have led to a set of policy guidelines on urban and transportation developments and residential mobility that can enhance the performance of the Barcelona metropolitan region. These guidelines can inform plan-makers about how the benefits of polycentricity can be realized in planning practice and therefore provide them with an improved understanding of polycentric

development to more effectively fulfill the economic, social and environmental objectives of spatial plans for metropolitan agglomerations.

Essentially, the translation of the benefits of polycentricity into evidence-informed guidelines for planning policies has required the consideration of the various dimensions of a polycentric spatial structure that play a role in the development of agglomeration benefits in a metropolitan area: (1) the size of centers, (2) the geographic proximity to centers (borrowed size effects at the local scale), and (3) the aggregate size of centers through their integration (borrowed size effects at the metropolitan scale). Eight evidence-informed guidelines have been elaborated to improve the effectiveness of the planning objectives of the 2010 Barcelona Metropolitan Territorial Plan, which aimed to promote a mobility pattern that reduces trip distances and travel times and encourages the use of public transport, to foster greater social cohesion, and to develop a more effective housing policy. Additionally, these eight guidelines facilitate the integration of action proposals to mitigate and adapt to climate change by reducing the CO₂ emissions from housing and transportation into future spatial plans for the Barcelona metropolitan region. This integration is essential given the current omission from the spatial plan mentioned above to defining planning objectives regarding climate change.

Aggregate size of centers through their integration: borrowed size among centers

- 1 Support new, more efficient public transportation networks among centers to allow these centers to borrow their urban size, leading to a greater development of agglomeration externalities than if they exploit their urban size separately.
- 2 Increase spatial integration and residential mobility among centers (metropolitanization) by promoting compact-city/transit-oriented development, which enhances the complementarity among centers on the metropolitan scale in terms of economic sectors, occupations, and urban functions.
- 3 Support new, more efficient public transportation networks between centers and their neighboring areas to stimulate interactions and residential mobility toward centers and increase the access of residents in areas near centers to the agglomeration benefits of centers that are integrated with their nearest center.
- 4 Support new, more efficient road networks among secondary centers to mitigate congestion along the radial transportation axes toward the central city of Barcelona and enhance the development of borrowed size effects among these secondary centers.

Size of centers: agglomeration externalities developed locally

- 5 Promote compact-city/transit-oriented development in existing centers (central city and secondary centers) to encourage more residents of centers to access their agglomeration benefits.
- 6 Promote the concentration of different types of social housing in existing centers to guarantee that low-household incomes have access to the agglomeration benefits of centers while avoiding their agglomeration costs.

Proximity to centers: borrowed size between centers and their surroundings

- 7 Promote compact-city/transit-oriented development in cities near centers to allow more residents of these centers' neighboring cities to benefit from their proximity to the agglomeration benefits of one or more centers and to enhance the borrowed size effects due to the capacity of centers to better exploit the local size of their surrounding areas.
- 8 Promote greater residential mobility from areas located farther away from centers to centers' neighboring cities or centers and limit growth in peripheral areas both to mitigate (as much as possible) the high travel costs (trip distance and time) incurred by residents of these peripheral areas and to decrease the CO₂ emissions from housing and transportation.

Agenda for research and policy

Although this dissertation provides theoretical and empirical advances in relation to the link between the polycentric spatial organization of agglomeration in metropolitan areas and its economic, social and environmental (dis)advantages, further research is needed to keep developing the line of research that revolves around the theoretical, empirical and multiple reciprocal relationships among polycentricity, performance and planning in metropolitan agglomerations. In this respect, two future research perspectives can be distinguished.

On the one hand, the empirical analysis of this thesis needs to be extended to continue exploring the effects of polycentricity on the performance of the Barcelona metropolitan region. Additionally, the extension of this empirical analysis can facilitate the elaboration of more comprehensive evidence-informed guidelines for planning policies that address all of the planning objectives of (and may incorporate new ones into) the 2010 Barcelona Metropolitan Territorial Plan. One further research step to address these demands is to consider firms and their spatial behavior within metropolitan agglomerations as an object of analysis. Another further research step would be to define other performance indicators such as labor productivity, unemployment, land prices, and land consumption as objects of analysis.

On the other hand, one of the main contributions of this dissertation is the conceptualization (and subsequent empirical analyses) of the potential link between the literature on polycentricity (and agglomeration theories) and the literature on people's residential mobility. However, this thesis has not addressed the determinants that stimulate the motivation of people to desire, to have an intention or to make the decision to finally change their place of residence. Therefore, further research is needed to explore the determinants that foster those types of residential mobility that this thesis has shown to enhance performance in a metropolitan area. The question to answer would be whether the need of people to have access to the positive externalities (and avoid the negative externalities) of agglomeration economies of cities is an important factor in explaining their residential mobility.

Samenvatting

Polycentriciteit en Prestaties: Theoretische en Empirische Voortgang

Probleemstelling

Hoewel er veel wetenschappelijk onderzoek is verricht naar de polycentrische ruimtelijke indeling van agglomeraties in metropoolgebieden, is er nog altijd geen consensus met betrekking tot de conceptualisatie (d.w.z. identificatie en meting) van polycentriciteit en de economische, maatschappelijke en milieutechnische voor- en nadelen ervan. Daarnaast is er op beleidsgebied weinig bekend over hoe polycentrische ontwikkeling in ruimtelijke plannen kan worden geconceptualiseerd en hoe de veronderstelde voordelen van polycentriciteit in de planologische praktijk kunnen worden gerealiseerd. Dit is in tegenspraak met het feit dat bij meer dan 75 procent van de recent ontwikkelde ruimtelijke plannen voor grote metropoolgebieden in OESO-landen een polycentrische ontwikkeling als beste strategie voor de beheersing van stadsontwikkeling wordt beschouwd. Daarom is het essentieel om meer inzicht te krijgen in de vele wederkerige verbanden binnen de polycentrische ruimtelijke structuur van metropoolgebieden, hun economische, maatschappelijke en milieutechnische prestaties en de manier waarop deze metropoolgebieden in uitgewerkte ruimtelijke plannen worden voorbereid. Diepgaand inzicht in deze verbanden kan een bijdrage leveren aan het oplossen van de dreigende economische, maatschappelijke en milieutechnische problemen voor de huidige bewoners van metropoolagglomeraties, oftewel zo'n 50 procent van de wereldbevolking als alleen wordt gekeken naar de inwonertallen van OESO-landen. Enkele van de belangrijkste uitdagingen waaraan op korte termijn moet worden gewerkt, zijn een economisch en efficiënt transportsysteem en een duurzaam milieu, naast betere toegang tot onderwijs, werkgelegenheid, voorzieningen en goede huisvesting voor velen.

Vanwege de noodzaak om voornoemde kwesties aan te pakken heeft [Masip-Tresserra \(2016\)](#) de onderzoekslijn 'Polycentricity, Performance and Planning' geformuleerd. Deze onderzoekslijn is gebaseerd op bestudering van de vele (en wederkerige) theoretische en empirische relaties binnen de polycentrische ruimtelijke structuur van metropoolgebieden, de prestaties van metropoolgebieden in termen van economisch concurrentievermogen, duurzaamheid van het milieu en sociaal welzijn, en de manier waarop metropoolgebieden in uitgewerkte ruimtelijke plannen worden voorbereid. Ondanks de theoretische en empirische bijdragen aan de kennis van de relaties tussen polycentriciteit, prestaties en planning die door [op. cit.](#) zijn geleverd, is nader onderzoek nodig om deze onderzoekslijn verder te ontwikkelen en in te gaan op die uitdagingen en deelgebieden die nog niet volledig zijn onderzocht.

Deze uitdagingen betreffen voornamelijk de theoretische en empirische relatie tussen polycentriciteit en prestaties, waarin twee belangrijke vraagstukken te onderscheiden zijn. Ten eerste moet de empirische analyse van de economische, sociale en milieutechnische voor- en nadelen van polycentriciteit worden uitgebreid om bredere conclusies te kunnen trekken over de effecten van polycentriciteit en meer omvattende wetenschappelijk onderbouwde richtlijnen voor het planningsbeleid uit te werken. Een eerste onderzoeksperspectief zou nader in kunnen gaan op de empirische relatie tussen polycentriciteit en prestaties door het analyseobject uit te breiden van mensen naar bedrijven en hun ruimtelijk gedrag. Een tweede onderzoeksperspectief zou zich bezig kunnen houden met een breder scala aan prestatie-indicatoren, bijvoorbeeld arbeidsproductiviteit, werkloosheid, mobiliteitspatronen, woonlasten, grondprijzen, lonen, huishoudelijke CO₂-emissies en landgebruik.

Ten tweede moet het conceptuele kader voor het uitdiepen van het verband tussen polycentriciteit en prestaties worden verfijnd zodat in aanmerking wordt genomen dat de ontwikkeling van agglomeratie-economieën in een metropoolgebied in toenemende mate afhankelijk kan worden van interacties tussen netwerkcentra op meerdere macroterritoriale schalen, dat wil zeggen van de regionale en nationale schaal tot de internationale schaal. Hoewel de laatste tijd in enkele studies is aangevoerd dat netwerken van steden op meerdere ruimtelijke schalen (en de externe effecten die door deze netwerken ontstaan) als perfect substituut voor de agglomeratievoordelen van stedelijke systemen kunnen dienen en daardoor tot een herziening van de geografische fundamenteën van agglomeratie-economieën nopen (Burger et al., 2015; Meijers and Burger, 2017; Meijers et al., 2016), wordt in andere onderzoeken benadrukt dat de ontwikkeling van agglomeratie-economieën in een metropoolgebied (en hun invloed op de prestaties) voortkomt uit een mix van de stadsgrootte, de nabijheid van andere plaatsen en de interacties tussen steden (Masip-Tresserra, 2016) of dat externe effecten van stadsnetwerken niet noodzakelijkerwijs een perfect substituut voor lokale agglomeratie-economieën vormen (Glaeser et al., 2016).

Ingaan op deze twee grote vraagstukken is de belangrijkste motivatie voor dit proefschrift, dat bedoeld is om theoretische en empirische bijdragen te leveren aan inzicht in de relatie tussen de polycentrische ruimtelijke ordening van de agglomeratie in metropoolgebieden en haar economische, sociale en milieutechnische voor- en nadelen.

Algemene onderzoeksdoelen en -vragen

Het overkoepelende onderzoeksdoel van dit proefschrift is een bijdrage te leveren aan het debat over het verband tussen polycentriciteit en prestaties met zowel theoretische als empirische benaderingen en zodoende de twee bovengenoemde kritieke vraagstukken te beschouwen. Allereerst is dit proefschrift gericht op een vernieuwde conceptualisering van de relatie tussen polycentriciteit en prestaties door in de afzonderlijke literatuur beschreven concepten betreffende de externe effecten van agglomeraties samen te brengen. Deze betreffen enerzijds concepten die verwijzen naar de geografische reikwijdte van externe agglomeratie-effecten waaraan weinig aandacht is besteed in de bestaande literatuur over stedelijke economie en economische geografie, zoals *agglomeration shadows* en *borrowed size*, en anderzijds het concept van externe netwerkeffecten, dat verwijst naar de macroterritoriale reikwijdte van externe agglomeratie-effecten en afkomstig is uit de economische literatuur over netwerken. Ten tweede wordt met dit proefschrift voortgang beoogd bij de empirische invulling van de relatie tussen de polycentrische ruimtelijke ordening van agglomeraties en hun prestaties in metropoolgebieden teneinde de berekende effecten van deze relatie om te zetten in wetenschappelijk onderbouwde richtlijnen voor het planingsbeleid. Voor de empirische analyses ligt de nadruk in dit proefschrift met name op drie dimensies van de relatie tussen polycentriciteit en prestaties: (1) activiteiten en externe effecten van de totale menselijke mobiliteit, (2) huishoudelijk energieverbruik en (3) lonen en woonlasten.

Om deze beide doelen te verwezenlijken, wordt in dit proefschrift ingegaan op een deel van de algemene onderzoeksvraag ('In hoeverre is polycentriciteit bevorderlijk voor betere prestaties in een metropoolgebied, en hoe kunnen de effecten ervan in de planingspraktijk worden gerealiseerd?') door antwoord te geven op vier specifieke onderzoeksvragen:

- 1 Hoe is de relatie tussen polycentriciteit en prestaties geconceptualiseerd in de literatuur en hoe kan deze relatie worden vernieuwd om een bredere beproeving van de effecten van polycentriciteit mogelijk te maken?
- 2 In hoeverre bevordert polycentriciteit het gebruik van openbaar vervoer en vermindering van reisafstanden, reistijd en transportgerelateerde CO₂-uitstoot, en hoe kunnen de effecten ervan in de planingspraktijk worden gerealiseerd?

- 3 In hoeverre vermindert polycentriciteit de huishoudelijke CO₂-uitstoot, en hoe kunnen de effecten ervan in de planningspraktijk worden gerealiseerd?
- 4 In hoeverre is polycentriciteit bevorderlijk voor hogere lonen en beheerste woonlasten, en hoe kunnen de effecten ervan in de planningspraktijk worden gerealiseerd?

Eén casestudy: metropoolregio Barcelona

Dit proefschrift concentreert zich op de metropolitane schaal en de gebruikte casestudy is die van de metropoolregio Barcelona. Met een bevolking van circa 5 miljoen is de metropoolregio Barcelona de grootste stedelijke agglomeratie van Catalonië, een autonome regio in Spanje met 7,5 miljoen inwoners. Onderzoek naar de vele en wederkerige verbanden tussen polycentriciteit, prestaties en planning in de metropoolregio Barcelona biedt leerzame mogelijkheden voor andere metropoolregio's vanwege de hoge mate van representativiteit binnen de populatie van potentiële casestudy's. De metropoolregio Barcelona staat dan ook zevende op de ranglijst van meest polycentrische regio's ter wereld (OECD, 2012). Bovendien is een recent ruimtelijk plan voor de uitvoering van een polycentrisch ontwikkelingsbeleid in deze regio, het *Pla Territorial Metropolitana de Barcelona* (PTMB) uit 2010, de afspiegeling van een sterke historische planningstraditie in Catalonië, een regio waar polycentrische ontwikkelingsideeën al tientallen jaren opgang doen. Zo is het PTMB ontstaan onder invloed van een visie op polycentriciteit die voor het eerst werd geformuleerd in het masterplan voor het metropoolgebied Barcelona uit 1966. Dit plan was een van de eerste waarin werd gebroken met het toentertijd populaire concentrische model van groene gordels en satellietsteden en waarin een netwerk van polycentrische ruimtelijke configuraties werd voorgesteld om de urbanisatiedruk op de centrale steden in de metropoolregio te verlichten.

Onderzoeksmethoden

Voor dit proefschrift zijn verschillende onderzoeksmethoden toegepast om na te gaan hoe de relatie tussen polycentriciteit en prestaties zich manifesteert in de metropoolregio Barcelona. Daartoe behoren kwalitatieve methoden, zoals discoursanalyse en theoretische beschouwingen, om de eerste onderzoeksvraag te beantwoorden. Er worden kwantitatieve methoden toegepast om in te gaan op de tweede, derde en vierde onderzoeksvraag. In dit proefschrift wordt in het bijzonder gebruikgemaakt van Bayesiaanse (multi-level) structurele-vergelijkingsmodellen, empirische Bayes-voorspellingen en Monte Carlo-simulaties, alsmede andere kwantitatieve methoden. Hierbij moet worden opgemerkt dat dankzij het gebruik van deze modellen de geschatte effecten van het verband tussen polycentriciteit en prestaties wetenschappelijk onderbouwd kunnen worden verklaard voor architecten, planners en beleidsmakers. Bovendien zijn deze kwantitatieve methoden, ondanks de voordelen die ze bieden, nooit eerder gebruikt in het onderzoek naar de economische, sociale en milieutechnische voor- en nadelen van verschillende ruimtelijke ordeningen van agglomeraties in metropoolgebieden (bijvoorbeeld polycentriciteit). Zo heeft de toepassing van Bayesiaanse (multi-level) structurele-vergelijkingsmodellen het mogelijk gemaakt om in dit proefschrift een nieuwe stap te zetten door veronachtzaamde oorzakelijke verbanden met betrekking tot de voor- en nadelen van polycentriciteit uit de bestaande literatuur te conceptualiseren en te identificeren (zoals de indirecte uitwerking van polycentriciteit op de lonen door middel van kenmerken van de gebouwde omgeving). Ook is hierdoor een afdoende controle op variaties op microniveau mogelijk gemaakt in gevallen waar het onderzoek is gebaseerd op hiërarchische gegevens, en kunnen we betrouwbaarder, minder vertekende schattingen van modelparameters maken omdat we meer te weten kunnen komen over parameterschattingen en geschiktheid van modellen. In vergelijking met de frequentistische statistische benadering, waarbij parameters vaststaan en parameterschattingen asymptotisch normale verdelingen hebben op basis van de large-sample-theorie, zijn parameters vanuit de Bayesiaanse visie variabelen met verdelingen. De a posteriori-verdelingen, die de Bayesiaanse parameterschattingen genereren, worden

afgeleid van a priori-verdelingen gecombineerd met gegevens. De a priori-verdelingen zijn op hun beurt gebaseerd op eerdere ervaringen voordat de gegevens werden verzameld en geanalyseerd.

Conclusies

In de volgende twee paragrafen worden de belangrijkste conclusies ten aanzien van de vier onderzoeksvragen gepresenteerd. In de eerste paragraaf komen de conclusies met betrekking tot de eerste onderzoeksvraag aan bod, in de tweede paragraaf die met betrekking tot de overige drie onderzoeksvragen.

Theoretische voortgang

De conceptualisering van de bestaande literatuur over de relatie tussen de polycentrische ruimtelijke ordening van de agglomeratie en haar economische, sociale en milieutechnische voor- en nadelen op intrametropolitane en regionale schaal heeft drie belangrijke beperkingen die brede beproeving van de effecten van polycentriciteit in de weg staan, en die de discrepanties in de onderzoeksresultaten ten aanzien van de relatie tussen polycentriciteit en prestaties in de literatuur verklaren. Ten eerste zijn in de bestaande literatuur de effecten van polycentriciteit op de prestaties niet empirisch onderzocht met inachtneming van alle verschillende reikwijdten van agglomeratie-economieën, namelijk (1) de industriële reikwijdte, die voornamelijk betrekking heeft op de externe agglomeratie-effecten van urbanisatie-economieën in steden, (2) de geografische reikwijdte, die betrekking heeft op de fysieke afstand (geografische proximiteit) waarop agglomeratie-economieën hun invloed kunnen doen gelden, en (3) de macroterritoriale reikwijdte, die betrekking heeft op de externe agglomeratie-effecten die ontstaan door benutting van relaties en interacties in complementaire en coöperatieve netwerken tussen zowel nabij als veraf gelegen steden. Ten tweede bemoeilijkt het gebruik van heel brede, onnauwkeurige definities van een polycentrische ruimtelijke structuur (waarin de centra van deze structuren niet empirisch worden aangetoond) goede empirische analyses van de voor- en nadelen van polycentriciteit op basis van bestudering van de ontwikkeling van agglomeratie-economieën in een polycentrisch metropoolgebied. Ten derde bemoeilijken de bestaande beperkingen van recente theoretische herinterpretaties in de literatuur van de oorspronkelijke concepten van *borrowed size*, *agglomeration shadows* en externe netwerkeffecten een adequate interpretatie van de ontwikkeling van agglomeratie-economieën in een metropoolgebied, rekening houdend met de geografische en macroterritoriale reikwijdte van agglomeratie-economieën. Belangrijke voorbeelden van deze beperkingen zijn de voorgestelde 'nieuwe concepten' (bijvoorbeeld *borrowed performance* en *borrowed function*), wellicht voortgekomen uit een streven naar meer erkenning en betere positionering in de literatuur, die nieuw lijken maar dat in feite niet zijn omdat ze gelijk zijn aan bestaande, goed verankerde concepten in de literatuur (bijvoorbeeld de effecten van de nabijheid van centra).

De vernieuwing van de conceptualisering van het verband tussen polycentriciteit en prestaties, vertaald in het voorstel voor een nieuw conceptueel kader dat bredere beproeving van de effecten van polycentriciteit mogelijk moet maken, dient in aanmerking te nemen dat de ontwikkeling van agglomeratie-economieën en hun externe effecten in een metropoolgebied wordt veroorzaakt door een mix van de grootte van de centra, de nabijheid van andere plaatsen en de interacties tussen centra in netwerken op verschillende territoriale schalen, dat wil zeggen van de metropolitane tot en met de regionale, nationale en internationale schaal. Anders geformuleerd, het empirische onderzoek naar de voor- en nadelen van de polycentrische ruimtelijke ordening van de agglomeratie moet gericht zijn op de effecten van (1) de omvang van de centra, (2) de geografische nabijheid van de centra (*borrowed size*-effecten op lokale schaal), (3) de interactiepatronen tussen de centra op metropolitane schaal (*borrowed size*-effecten op metropolitane schaal) en indien mogelijk (4) ook de interactiepatronen tussen de centra op regionale, nationale en internationale schaal (*borrowed size*-effecten op macroterritoriale schaal). Derhalve kan worden gesteld dat het nieuwe conceptuele kader

dat in dit proefschrift wordt voorgesteld voor het onderzoek naar de voor- en nadelen van polycentriciteit, breder en nauwkeuriger is dan andere theoretische benaderingen van het verband tussen polycentriciteit en prestaties die in de literatuur worden aangetroffen. Daarnaast kan worden aangevoerd dat dit nieuwe conceptuele kader benaderingen vermijdt die ervan uitgaan dat stedennetwerken op meerdere ruimtelijke schalen (met de uit die netwerken voortkomende externe effecten) als perfect substituut voor de voordelen van agglomeratievorming in stedelijke systemen kunnen dienen en leiden tot een herformulering van de geografische fundamenten van agglomeratie-economieën. In dit opzicht is het belang van zowel de grootte van de centra als hun integratie in internationale netwerken voor de ontwikkeling van (positieve) externe agglomeratie-effecten empirisch gestaafd door bestudering van alle metropoolgebieden in OESO-landen. Bovendien blijkt uit de empirische analyse die hier is uitgevoerd om het voorgestelde conceptuele kader voor het verband tussen polycentriciteit en prestaties te testen, dat de effecten van *borrowed size* groter zijn in metropoolgebieden in de VS en dus niet zijn voorbehouden aan Europese stedelijke systemen.

Empirische voortgang

Een polycentrische metropolitane structuur oefent aanzienlijke invloed uit, passief en actief, op de prestaties van een metropoolgebied, op het oplossen van sociale en milieutechnische problemen als gevolg van de totale menselijke mobiliteit, op de beheersing van en aanpassing aan de klimaatverandering door vermindering van het energieverbruik in verband met vervoer en huisvesting, en op de verbetering van het sociale welzijn. De effecten van polycentriciteit—als wordt gekeken naar (1) de omvang van de centra, (2) de geografische nabijheid van de centra (*borrowed size*-effecten op lokale schaal) en (3) de totale omvang van de geïntegreerde centra (*borrowed size*-effecten op metropolitane schaal), dat wil zeggen bij bestudering van de gevolgen van aanwezigheid in of gerichtheid op centra, van de aanwezigheid in de nabijheid van centra en van interactiepatronen tussen centra—zijn statistisch significant en van aanmerkelijke omvang voor de bevordering van (1) een maatschappelijk wenselijke en milieuvriendelijke herordening van menselijke mobiliteitspatronen (kortere reisafstanden en -tijden, lagere transportgerelateerde CO₂-uitstoot en een relatief betere concurrentiepositie voor het openbaar vervoer), (2) een lagere huishoudelijke CO₂-uitstoot en (3) hogere lonen en lagere woonlasten. Verder lijken de effecten van polycentriciteit in het algemeen groter te zijn dan de effecten van specifiek individuele kenmerken, zoals sociaal-demografische kenmerken en subjectieve percepties van mensen (bijvoorbeeld leeftijd, onderwijsniveau en waardering van de buurt), huisvestingskenmerken (bijvoorbeeld de woninggrootte, -kwaliteit en -soort) en eigenschappen van de gebouwde omgeving (bijvoorbeeld de hoeveelheid arbeidsplaatsen en stedelijke voorzieningen). Meer specifiek is de belangrijkste dimensie van een polycentrische metropoolstructuur bij het stimuleren van betere prestaties in het algemeen het type interactie, gevolgd door het type stad, dat op zijn beurt weer belangrijker is dan de nabijheid van de centra. Dit duidt erop dat het proces van metropoolvorming de prestaties in een metropoolgebied bevordert wanneer het zich vertaalt in meer integratie (interactie)—en ook in meer woonmobiliteit—(1) tussen de metropoolgebieden van centra, (2) vanuit perifere gebieden of naburige steden naar de centra en (3) vanuit perifere gebieden naar naburige steden van centra.

Op basis van deze effecten bevordert de polycentrische ontwikkeling betere prestaties in de metropoolregio Barcelona omdat zij een sterke invloed heeft op (1) de activiteiten en externe effecten van de totale menselijke mobiliteit, (2) het huishoudelijke energieverbruik en (3) lonen en woonlasten. Ten eerste ontvangen mensen die in centra wonen een hoger loon dat de hogere woonlasten aldaar compenseert, maken zij vaker gebruik van openbaar vervoer, veroorzaken hun huizen minder CO₂-uitstoot en reizen ze kortere afstanden in minder tijd met minder transportgerelateerde CO₂-uitstoot dan als ze buiten de centra wonen. Ten tweede hebben mensen die dicht bij centra wonen in vergelijking met hen die verderaf wonen meer voordelen van de verspreiding (ruimtelijke omvang) van positieve externe effecten van agglomeratie-economieën van centra naar hun omgeving, en kunnen ze ook de negatieve externe effecten van centra vermijden omdat ze lokaal blijven, binnen de geografische grenzen van de centra. Mensen die nabij centra wonen, vertonen in dit verband een duurzamer totaal mobiliteitspatroon, ontvangen

een hoger loon en hebben woningen die energiezuiniger maar niet noodzakelijkerwijs duurder zijn. Ten derde vertonen mensen die tussen centra reizen een maatschappelijk wenselijker en milieuvriendelijker mobiliteitspatroon en ontvangen mensen die vanuit andere plaatsen naar centra migreren hogere lonen terwijl hun huizen minder CO₂ uitstoten. Degenen die van perifere gebieden naar steden in de buurt van centra migreren, vermijden minder betaalbare huisvesting. Om kort te gaan worden de drie bovengenoemde bevindingen verklaard door de ontwikkeling van agglomeratie-economieën in een polycentrische metropoolregio. Daarom moet bij de vertaling van de voordelen van polycentriciteit in het planningsbeleid gelijktijdig rekening worden gehouden met (1) de omvang van de centra, (2) de omvang en (geografische) nabijheid van de centra en (3) de omvang en integratie van de centra.

Wetenschappelijk onderbouwde richtlijnen voor het planningsbeleid

De berekende effecten van polycentriciteit hebben geleid tot een aantal beleidsrichtlijnen met betrekking tot stads- en vervoersontwikkelingen en woonmobiliteit die de prestaties van de metropoolregio Barcelona kunnen verbeteren. Met deze richtlijnen kunnen de plannenmakers weten hoe de voordelen van polycentriciteit in de planningspraktijk kunnen worden gerealiseerd en krijgen ze dus een beter inzicht in de manier waarop polycentrische ontwikkeling de economische, sociale en milieutechnische doelstellingen van ruimtelijke plannen voor metropoolagglomeraties effectiever kan helpen realiseren.

In essentie moet bij de vertaling van de voordelen van polycentriciteit in wetenschappelijk onderbouwde richtlijnen voor het planningsbeleid rekening worden gehouden met de verschillende dimensies van een polycentrische ruimtelijke structuur die een rol spelen bij de ontwikkeling van agglomeratievoordelen in een metropoolgebied: (1) de omvang van de centra, (2) de geografische nabijheid van de centra (*borrowed size*-effecten op lokale schaal) en (3) de totale omvang van de geïntegreerde centra (*borrowed size*-effecten op metropolitane schaal). Er zijn acht wetenschappelijk onderbouwde beleidsaanbevelingen uitgewerkt ter vergroting van de effectiviteit van de doelstellingen in het PTMB uit 2010, die zijn gericht op bevordering van een mobiliteitspatroon waarin reisafstanden en -tijden worden verminderd en het gebruik van openbaar vervoer wordt gestimuleerd. Ze moeten leiden tot grotere sociale cohesie en een effectiever huisvestingsbeleid. Daarnaast bevorderen deze acht richtlijnen de integratie van actievoorstellen voor beheersing van en aanpassing aan de klimaatverandering door vermindering van de CO₂-uitstoot uit huisvesting en transport in toekomstige ruimtelijke plannen voor de metropoolregio Barcelona. Deze integratie is essentieel gezien het ontbreken in het PTMB van gedefinieerde plannen ten aanzien van klimaatverandering.

Totale omvang van geïntegreerde centra: *borrowed size* tussen centra

- 1 Steun nieuwe, efficiëntere openbaarvervoernetwerken tussen centra, waardoor deze centra hun stedelijke omvang aan elkaar kunnen ontlenuen zodat de externe agglomeratie-effecten zich sterker ontwikkelen dan wanneer ze hun omvang afzonderlijk benutten.
- 2 Vergroot de ruimtelijke integratie en woonmobiliteit tussen centra (metropoolvorming) door op vervoer gerichte, compacte stadsontwikkeling te bevorderen, waardoor de complementariteit tussen centra op metropolitane schaal wordt versterkt in termen van economische sectoren, beroepen en stedelijke functies.
- 3 Steun nieuwe, efficiëntere openbaarvervoernetwerken tussen centra en hun omgeving om interacties en woonmobiliteit richting centra te stimuleren en bewoners in wijken nabij centra meer toegang te geven tot de agglomeratievoordelen van centra die zijn geïntegreerd met hun dichtstbijzijnde centrum.
- 4 Steun nieuwe, efficiëntere wegennetten tussen secundaire centra om de congestie te verminderen op de radiale verkeersassen naar het centrum van de stad Barcelona en versterk de ontwikkeling van *borrowed size*-effecten tussen deze secundaire centra.

Omvang van centra: lokaal ontwikkelde externe agglomeratie-effecten

- 5 Stimuleer op vervoer gerichte, compacte stadsontwikkeling in bestaande centra (centrale stad en secundaire centra) om meer centrumbewoners aan te moedigen gebruik te maken van hun agglomeratievoordelen.
- 6 Stimuleer de concentratie van verschillende soorten sociale huisvesting in bestaande centra om te waarborgen dat huishoudens met lage inkomens gebruik kunnen maken van agglomeratievoordelen terwijl ze de hogere agglomeratiekosten vermijden.

Nabijheid van centra: *borrowed size* tussen centra en hun omgeving

- 7 Stimuleer op vervoer gerichte, compacte stadsontwikkeling in steden nabij centra om meer inwoners van de buursteden van deze centra te laten profiteren van de nabijheid van de agglomeratievoordelen van een of meer centra en de *borrowed size*-effecten te vergroten doordat de centra de lokale omvang van hun omgeving beter kunnen benutten.
- 8 Stimuleer de woonmobiliteit van verder van de centra gelegen gebieden naar centra of hun buursteden en beperk de groei in perifere gebieden om de hoge reiskosten (afstand en tijd) van bewoners van deze afgelegen gebieden zoveel mogelijk te verminderen en de CO₂-uitstoot als gevolg van transport en huisvesting te verlagen.

Onderzoeks- en beleidsagenda

Hoewel met dit proefschrift theoretische en empirische voortgang wordt geboekt met betrekking tot het verband tussen de polycentrische ruimtelijke ordening van agglomeraties in metropoolgebieden en de economische, sociale en milieutechnische voor- en nadelen daarvan, is meer onderzoek nodig om de onderzoekslijn rond de theoretische, empirische en wederkerige relaties tussen polycentriciteit, prestaties en planning in metropoolagglomeraties verder te ontwikkelen. In dit verband zijn twee toekomstige onderzoeksperspectieven te onderscheiden.

Eenzijds zal de empirische analyse van dit proefschrift moeten worden uitgebreid om nader onderzoek te doen naar de effecten van polycentriciteit op de prestaties van de metropoolregio Barcelona. Verder kan deze uitbreiding van de empirische analyse worden gebruikt om meer omvattende wetenschappelijk onderbouwde richtlijnen voor het planningsbeleid uit te werken, die ingaan op alle doelstellingen (en eventuele nieuwe doelstellingen) van het ruimtelijke plan voor de metropoolregio Barcelona uit 2010 (PTMB). Een vervolgstap in het onderzoek die aan deze eisen beantwoordt, is de opname van bedrijven en hun ruimtelijk gedrag in metropoolagglomeraties als object van analyse. Een andere vervolgstap kan bestaan uit het definiëren van andere prestatie-indicatoren als analyseobjecten, zoals arbeidsproductiviteit, werkloosheid, grondprijzen en landgebruik.

Anderzijds is een van de belangrijkste bijdragen van dit proefschrift de conceptualisering (met daaropvolgende empirische analyses) van het mogelijke verband tussen de literatuur over polycentriciteit (en agglomeratietheorieën) en de literatuur over woonmobiliteit. Dit proefschrift gaat echter niet in op de determinanten van de motivatie van mensen om het verlangen te hebben, van plan te zijn of de beslissing te nemen te verhuizen. Daarom is nader onderzoek nodig naar de bepalende factoren van deze soorten woonmobiliteit, waarvan dit proefschrift heeft laten zien dat ze de prestaties in een metropoolgebied versterken. De vraag die moet worden beantwoord, is of de behoefte van mensen om gebruik te maken van de positieve externe effecten van agglomeratie-economieën in steden (en de negatieve externe effecten te vermijden) een belangrijke factor is voor de verklaring van hun woonmobiliteit.

PART 1 **Marc de recerca: policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial**



1 Introducció¹

§ 1.1 Obertura al debat sobre policentrisme

Més de la meitat de la població mundial resideix actualment en assentaments urbans, una proporció que s'espera que s'incrementi fins a més d'un 65 per cent a l'any 2050 (UN, 2014). Les grans aglomeracions s'entenen avui en dia com una configuració espacial complexa de ciutats i fluxos, de naturalesa policèntrica o, com a mínim, d'una certa estructura multicèntrica en desenvolupament. Recentment, l'estructura policèntrica de les aglomeracions ha atret un gran interès tant per part dels acadèmics com dels legisladors de política pública, per tal de gestionar els reptes econòmics, socials i ambientals que la població d'aquestes aglomeracions metropolitanes afrontaran en les properes dècades.

En l'àmbit de la recerca, una part considerable de l'estudi de les aglomeracions policèntriques s'ha centrat en la conceptualització del policentrisme a diferents escales territorials i en l'anàlisi empírica dels seus (des)avantatges econòmics, socials, i ambientals. La majoria d'aquest esforç s'ha publicat en edicions especials de revistes com ara *European Planning Studies* (1998, 6.4; 2004, 12.4; 2015, 23.6), *Urban Studies* (2001, 38.4), *Built Environment* (2005, 31.2; 2006, 32.2), *Regional Studies* (2008, 42.8; 2014, 48.12), i *Papers in Regional Science* (2016, 95.1) o llibres com ara Lee (2006a), Limtanakool (2006), Meijers (2007), Lambregts (2009), Burger (2011), Delage (2012), i Masip-Tresserra (2016).

En l'àmbit de la política de planificació territorial, el desenvolupament policèntric apareix com el principal segell dels plans territorials per a les àrees metropolitanes d'arreu del món. De fet, més del 75 per cent dels plans territorials recentment desenvolupats per a les grans àrees metropolitanes en països de l'Organització de Cooperació i Desenvolupament Econòmic (OECD, per les sigles en anglès) consideren el desenvolupament policèntric com la millor estratègia per gestionar el desenvolupament urbà. Alguns dels objectius claus en política de planificació territorial que s'espera que el desenvolupament policèntric assolixi inclouen oferir un sistema de transport econòmic i eficient i un medi ambient sostenible, juntament amb estendre l'accés a l'educació, als llocs de treball, a les funcions urbanes i a un habitatge decent per a un gran nombre de gent.

Aquesta tesi doctoral intenta ampliar l'interès de les aglomeracions metropolitanes i del policentrisme, tant en l'àmbit de la recerca com en el de la planificació territorial, mitjançant la realització d'una investigació que vincula el coneixement de les constel·lacions policèntriques i els seus efectes econòmics, socials i ambientals per a la praxi i la política de la planificació territorial en les àrees metropolitanes. Més específicament, aquesta tesi doctoral estén la investigació recent de Masip-Tresserra (2016)—on s'ha articulada una línia de recerca basada en l'examinació de les múltiples relacions recíproques entre el policentrisme, l'eficiència territorial i la planificació territorial— a partir de produir avenços teòrics i empírics respecte al vincle entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i l'eficiència territorial en les àrees metropolitanes, tot considerant també la regió metropolitana de Barcelona com

1

Aquest capítol considera i amplia el contingut de la introducció d'una primera tesi doctoral (vegeu Masip-Tresserra, 2016) realitzada amb anterioritat pel mateix autor d'aquesta tesi. Es justifica la consideració i l'ampliació de part d'aquest contingut citat ja que aquesta tesi continua la línia de recerca definida pel Dr. Jaume Masip-Tresserra en la seva primera tesi.

a cas d'estudi. Amb aproximadament 5 milions de persones, la regió metropolitana de Barcelona és la principal aglomeració urbana de Catalunya, un país de 7,5 milions d'habitants que es troba localitzat en el sud-oest del continent europeu.

La resta de la introducció s'organitza de la següent manera. La [secció 1.2](#) descriu les arrels històriques del debat del policentrisme en l'àmbit de la recerca, mentre que la [secció 1.3](#) es centra en explicar com s'aborda el policentrisme en l'àmbit de la planificació territorial. La [secció 1.4](#) explica els avenços recents en relació a les aglomeracions metropolitanes policèntriques, mentre que la [secció 1.5](#) estableix els objectius generals i preguntes d'aquesta tesi amb la finalitat d'abordar els principals problemes que cal resoldre per contribuir a la relació teòrica i empírica entre el policentrisme i l'eficiència territorial. Finalment, la [secció 1.6](#) descriu el cas únic d'estudi d'aquesta tesi, la [secció 1.7](#) resumeix breument els mètodes de recerca i dades utilitzades en aquesta tesi, i la [secció 1.8](#) presenta la seva organització.

§ 1.2 En l'àmbit de la recerca

L'interès actual dels urbanistes, geògrafs, i economistes per a les aglomeracions metropolitanes i les configuracions espacials policèntriques no és nou. Aquest s'arrela en diverses idees sobre la conceptualització de l'extensió de les àrees urbanes i de les formes multi-cèntriques que varen ésser introduïdes fa més de 50 anys. Va ésser [Jean Gottmann \(1957, 1961\)](#), un geògraf francès, qui va identificar de manera precursora el sorgiment d'una realitat urbana extensa, sense límits clars, i contínua de zones centrals i suburbanes al llarg de la costa nord-est dels Estats Units; causada per les creixents interdependències entre les àrees urbanes com a resultat dels canvis tecnològics (p. ex, telèfons i automòbils). Gottmann va anomenar aquesta nova escala urbana, la 'megalòpolis' i va indicar que reflectia el canvi d'una aglomeració metropolitana amb un únic centre principal a una aglomeració metropolitana amb múltiples centres que funcionen com una sola entitat integrada. Les idees de Gottmann sobre la transformació de l'organització espacial de les regions urbanes varen ésser àmpliament aclamades durant la dècada dels 1960 i, en el transcurs del temps, varen ésser desenvolupades altres aproximacions conceptuals per definir les característiques físiques i funcionals d'aquestes escales extenses de la urbanitat; exemples rellevants han inclòs els conceptes de la 'ciutat dispersa' ([Burton, 1963](#)), de la 'ciutat regional' ([Stein, 1964](#)), dels 'àmbits urbans' ([Friedmann i Miller, 1965](#)), i l' 'àrea funcional econòmica' ([Berry et al., 1968](#)).

Els urbanistes també van abraçar aquestes idees sobre la transformació de les àrees urbanes. [Peter Hall \(1966\)](#) va emfatitzar que els centres especialitzats de mida mitjana en les regions del Randstad-Holland i del Rhine-Ruhr, qualificades com a 'Ciutats Globals', podrien definir un 'tipus policèntric de metròpolis' a causa d'una estructura urbana marcadament diferent amb l'estructura de les regions monocèntriques com Londres i Nova York. D'aquesta manera, en la dècada dels 1960, el canvi relativament radical en la percepció de l'organització espacial de les regions urbanes, des d'una percepció de forma monocèntrica a una de policèntrica en xarxa, desencadena el sorgiment d'una varietat de plans territorials innovadors que trenquen amb les estratègies espacials, llavors dominants, basades en idees de zones urbanes concèntriques, anells verds, ciutats satèl·lit, i relacions jeràrquiques d'acord amb els treballs dels urbanistes (p. ex., [Mumford, 1938](#)) i geògrafs (p. ex., [Christaller, 1933](#); [Harris i Ullman, 1945](#)) de la primera meitat del segle XX. Entre aquests plans innovadors, es troben el *Piano Intercomunale Milanese* del 1963, el *Schéma Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région de Paris* del 1965, i el Pla Director de l'Àrea Metropolitana de Barcelona del 1966. Aquests plans territorials van emfatitzar particularment la necessitat d'un model policèntric per abordar la pressió de la urbanització en el centre

principal de l'aglomeració. L'establiment d'un model tangencial de les infraestructures del transport per connectar els centres existents amb les àrees de nou creixement, i la prevalença de relacions no jeràrquiques entre els centres van erigir-se com els principals conceptes espacials dels plans citats més amunt per desenvolupar aquesta visió territorial d'una àrea metropolitana policèntrica en xarxa.

Malgrat que les formes urbanes policèntriques ja s'havien identificat i conceptualitzat, el concepte de policentrisme no va rebre molta atenció durant la dècada dels 1970 i a principis dels anys 80; conseqüentment, poc es va avançar en l'estudi de les aglomeracions policèntriques. Possiblement, aquest desinterès va anar lligat a l'emergent perspectiva neoliberal d'aquella època, que posava l'accent en l'organització nacional de l'Estat en la qual la integració dels Estats en el mercat econòmic global i la necessitat d'abordar qüestions problemàtiques com ara l'atur i la desindustrialització van absorbir tota l'atenció política, passant per alt, d'aquesta manera, les regions i el seu paper com a actors del desenvolupament econòmic (Burger, 2011; Lambregts, 2009). Per tant, la majoria dels estudis acadèmics van estar lligats a l'escala global i en l'estudi dels reptes de la reestructuració econòmica en curs d'aquell temps (Coffey et al., 1998). Dit això, a finals de la dècada dels 1980 i a principis dels anys 90 es denota un interès acadèmic renovat per a les grans aglomeracions urbanes. Diversos estudis de disciplines acadèmiques diferents van observar una creixent desconexió entre la realitat urbana i les aproximacions teòriques existents d'aquell temps als sistemes urbans; principalment com a conseqüència de la ràpida suburbanització dels llocs de treball, de la població i de funcions urbanes, així com també dels avenços en el transport, en les tecnologies de la comunicació i de la informació, i en els canvis en l'estructura familiar i en l'estil de vida de les persones. Específicament, tant els economistes, els geògrafs, i els urbanistes van denotar que aquesta desconexió demanava una major recerca a una escala netament territorial (p. ex., l'escala metropolitana o la regional) per fer front a la realitat urbana canviant.

Aquest interès renovat dels acadèmics per a les aglomeracions a l'escala metropolitana i regional va entroncar en tres eixos principals de literatura ben diferenciats entre si. La literatura de la 'Nova Economia Urbana' ('New Urban Economics' en anglès) va desenvolupar models teòrics formals per explicar la nova realitat urbana. Inicialment, aquests models van incloure patrons de creixement de suburbanització per abordar les dinàmiques urbanes de la dècada dels 1970. Més tard, aquest àmbit de recerca va desenvolupar models per predir l'aparició d'una configuració espacial policèntrica en les àrees metropolitanes a causa de les relacions canviants entre i dins de les empreses i la creixent importància de les economies d'aglomeració en la distribució espacial dels llocs de treball, de la població, i de les funcions urbanes (Fujita, 1988; Fujita i Owaga, 1982). Nous conceptes com ara les *edge cities* (Garreau, 1991), els 'centres suburbans' (Stanback, 1991) i els 'subcentres' (Gordon i Richardson, 1996) varen ésser introduïts per explicar la creixent concentració espacial d'oficines, de funcions comercials i sovint també de residencials en múltiples zones suburbanes, majoritàriament vinculades a les xarxes de transport, formant un tipus d'aglomeració metropolitana policèntrica (Erickson, 1983; Gordon et al., 1986; Greene, 1980). Aquests nous conceptes varen incorporar prediccions i contribucions teòriques d'altres conceptes que havien intentat explicar les dinàmiques urbanes de les aglomeracions metropolitanes durant la dècada dels anys 70, però que havien passat desapercebuts a causa de l'interès generalitzat d'aquell temps, tal i com s'ha esmentat més amunt, per a l'escala global.

L'exemple més clar és la utilització del concepte de *borrowed size* ('mida prestada'), desenvolupat per l'economista William Alonso (vegeu Alonso, 1973) per explicar i comprendre les bases econòmiques del desenvolupament suburbà en les aglomeracions metropolitanes, formant *edge cities* (Phelps 1998; Phelps et al., 2001). Segons Alonso (1973:200) "el concepte d'un sistema de ciutats té moltes facetes, però una de particular interès...és el concepte de mida prestada, pel qual una ciutat o àrea metropolitana petita exhibeix algunes de les característiques d'una de més gran si està pròxima a altres centres de població" [traducció pròpia]. Alonso pensava que la tensió entre les característiques individuals dels assentaments urbans i les interaccions entre aquests assentaments urbans podria

resultar en una tendència de certs assentaments de retenir els avantatges de disposar d'una menor mida (p. ex., menor congestió i rendes del sòl i de l'habitatge més baixes) i ésser capaços d'aprofitar els avantatges dels assentaments urbans de més mida (p. ex., accés a mercats de treball més diversos i a facilitats urbanes de caire cultural). En aquest sentit, la centralitat del concepte de *borrowed size* en el creixent desenvolupament de zones suburbanes vinculades a les xarxes de transport i formant *edge cities* és evident: la proximitat i interacció existent entre les *edge cities* i la ciutat central de les àrees metropolitanes (vegeu [Garreau, 1991:42](#)) explicaria els avantatges de localització d'aquestes *edge cities* (nous centres suburbans de mida petita) per a les empreses i les persones, no tant per les seves característiques individuals, sinó per la seva capacitat 'd'agafar prestat' les economies d'aglomeració de la ciutat central (centre de més mida).

A més, aquest àmbit de recerca de la 'Nova Economia Urbana' va destinar grans esforços a partir de la dècada dels 1980 i en particular durant l'últim quinquenni dels anys 90 i començaments del segle XXI, per explorar l'estructura interna de les àrees metropolitanes, per corroborar empíricament les prediccions teòriques dels seus models policèntrics, és a dir, l'existència de 'subcentres' o *edge cities* i per tant, d'àrees metropolitanes policèntriques. Aquests esforços s'han traduït en el sorgiment d'un conjunt d'estudis que han desenvolupat diversos mètodes empírics d'identificació de 'subcentres' considerant generalment diverses formes de funcions de la densitat de llocs de treball per examinar la dispersió/concentració de les economies d'aglomeració (vegeu, p. ex., [McDonald i Prather 1994](#); [McMillen 2001b](#)) i l'aparició d'un altre conjunt d'estudis que s'han centrat en mesurar el nivell de policentrisme de les aglomeracions metropolitanes a partir de considerar únicament els atributs morfològics (p. ex., llocs de treball i població) dels 'subcentres' prèviament identificats i les dinàmiques de concentració-descentralització (vegeu p. ex., [Anas et al., 1998](#); [McMillen i Lester, 2003](#)).

D'altra banda, els economistes també van concentrar els seus esforços cap a la reformulació del paradigma dels sistemes urbans jeràrquics (vegeu [Christaller, 1933](#)) per explicar la trajectòria cap a la forma policèntrica. En particular, la 'Nova Geografia Econòmica' ('New Economic Geography' en anglès), que aparegué durant la dècada dels 1990 (vegeu, p. ex., [Fujita i Mori, 1997](#); [Fujita et al, 1999a, 1999b](#)), va desenvolupar un conjunt de models teòrics per explicar la transició monocentrisme-policentrisme a través de considerar els canvis en la jerarquia urbana i la localització espacial de les ciutats causats per la interacció entre les economies d'aglomeració i les deseconomies d'aglomeració. Més específicament, aquests models formalitzaven la formació de configuracions espacials policèntriques a partir de la creixent interacció entre centres i les àrees de mercat sota la seva influència, que el seu torn conduïa cap a la integració funcional de centres de rang similar o diferent en una regió metropolitana, ja sigui per la incorporació o per la coalescència de centres diferents. La formació d'aquesta integració funcional de centres de rang similar o diferent es formalitzava en els models teòrics policèntrics de la 'Nova Geografia Econòmica' a partir de considerar les ombres d'aglomeració. Aquestes ombres són una de les principals prediccions d'aquests models (vegeu [Fujita et al., 1999a, 1999b](#); [Krugman, 1993](#)) i fan referència a la distància geogràfica en la qual es produeixen les economies d'aglomeració. En essència, el concepte d'*agglomeration shadows* ('ombres d'aglomeració') es referia als 'efectes de l'ombra sobre el creixement' (*growth shadow effects*) que els centres de més mida exercien sobre les àrees del seu entorn, això volia dir que la concentració d'activitat econòmica (empreses) i la quantitat de desenvolupament urbà (creixement) en àrees properes als centres de més mida serien limitades a causa d'efectes de competència ([Dobkins i Ioannides, 2001](#); [Partridge et al., 2007, 2008b, 2009a](#)). D'altra banda, l'existència d'ombres d'aglomeració, i per tant d'efectes de competència, evitarien el sorgiment de centres de rang (mida) similar en una proximitat massa estreta entre ells ([Krugman, 1993](#)).

El segon eix principal de literatura va ser dut a terme principalment per geògrafs, que van reformular el paradigma dels sistemes urbans jeràrquics i, per tant, van ressaltar les limitacions de la 'Teoria del Lloc Central' ('Central Place Theory' en anglès) ([Christaller, 1933](#)) per explicar la realitat dels sistemes urbans

des de finals de 1980. En particular, els geògrafs van desenvolupar el paradigma del 'Sistema en Xarxa' ('Network System' en anglès) (vegeu, p. ex., [Batten, 1995](#); [Camagni, 1993](#); [Camagni i Salone, 1993](#)) que essencialment va contribuir a una comprensió de l'organització espacial de les regions urbanes com una xarxa policèntrica de centres. Això significava que els sistemes urbans estaven representats, cada cop més, tant per la presència de vincles bidireccionals com de relacions complementàries i de cooperació entre centres de mida similar i diferent—a diferència de la 'Teoria del Lloc Central', que essencialment formulava els sistemes urbans en termes de fluxos unidireccionals cap als centres de rang més alt i en termes d'absència de relacions complementàries. Posteriorment, aquest paradigma del 'Sistema en Xarxa' s'ha utilitzat per explicar com l'aglomeració també proporciona externalitats positives a les empreses i a les persones a partir d'explorar xarxes de complementaritat i cooperació entre centres localitzats en la mateixa aglomeració urbana, però també entre centres de diverses ciutats-regions globals ([Camagni i Capello, 2004, 2015](#)). El desenvolupament d'externalitats positives de les economies d'aglomeració, quan aquestes són compartides en xarxes de centres, tant a nivell regional, estatal com internacional, s'han definit en aquest àmbit de la literatura com a 'externalitats de xarxa urbana' ([Capello, 2000](#)) o 'externalitats de xarxa de ciutats' ([Camagni i Capello, 2004](#); [Camagni et al., 2015, 2016](#); [Johansson i Quigley, 2004](#)).

El tercer eix principal de literatura ha estat relacionat amb l'emergència de varis conceptes de planificació territorial des dels 1990 per tal d'explorar i identificar el potencial d'estructures policèntriques a escales territorials més grans que la definida per una regió metropolitana (vegeu [Davoudi, 2003](#)). Exemples d'aquests conceptes van inicialment incloure el concepte de la 'ciutat en xarxa' ([Batten, 1995](#)) i de la 'regió metropolitana polinuclear' ([Dieleman i Faludi, 1998](#)), fins que el terme 'regió urbana policèntrica' va ser arrelat, en particular, degut a l'estudi realitzat per [Kloosterman i Musterd \(2001\)](#). Aquest últim terme va ser definit com una xarxa densa de històricament diferents (però adjacents) ciutats-regió que estableix importants interaccions funcionals a partir dels seus centres principals ([Kloosterman i Musterd, 2001](#); [Parr, 2004](#)). Posteriorment, amb el pas del temps, altres conceptes com ara la 'mega ciutat-regió' ([Hall i Pain, 2006](#)) i la 'regió megapolitana' ([Lang i Knox, 2009](#)) s'han desenvolupat en la literatura acadèmica per explorar el desenvolupament regional de regions urbanes adjacents connectades per fluxos complexos de persones, de béns, i d'informació.

D'altra banda, aquest tercer eix de literatura també ha explorat el nivell de policentrisme d'aquestes 'regions urbanes policèntriques' tot considerant tant els aspectes morfològics com els funcionals dels centres principals que les formen (vegeu, p. ex., [Burger i Meijers, 2012](#); [Champion, 2001](#); [Parr, 2004](#)). Mentre que el grau de policentrisme morfològic a l'escala regional s'ha analitzat a partir de l'existència (o falta de) de jerarquia entre els centres principals; p. ex., en termes de població i llocs de treball, (p. ex., [Burger i Meijers, 2012](#); [Hall i Pain, 2006](#)), la mesura del grau de policentrisme funcional s'ha centrat en l'anàlisi del balanç de la distribució de fluxos entre els centres principals i del seu nivell d'integració espacial (p. ex., [Burger i Meijers, 2012](#); [Burger et al., 2011, 2014b, 2014c](#); [De Goei et al., 2010](#)).

El principal punt d'interès és que aquestes constel·lacions policèntriques a diferents escales territorials s'han considerat sovint en la literatura acadèmica com més eficients que les aglomeracions monocèntriques, tant des del punt de vista econòmic com social i ambiental. Mentre que els economistes han explorat freqüentment la relació entre policentrisme i eficiència territorial (àmpliament interpretada com a rendiment *performance*) a l'escala metropolitana, els geògrafs i els urbanistes han examinat sovint aquesta relació a l'escala regional definida per una 'regió urbana policèntrica', és a dir, per diverses ciutats-regions separades. Per exemple, els economistes han suggerit que l'aparició de múltiples centres en una àrea metropolitana resulta en importants avantatges competitiu a causa de les deseconomies d'aglomeració que emergeixen en una àrea metropolitana monocèntrica amb un sol centre—p. ex., pol·lució, congestió, rendes del sòl i costos de viatge més alts—es mitiguen, mentre que les empreses i les persones poden continuar beneficiant-se de les externalitats positives

de l'aglomeració—p. ex., una major productivitat, més oportunitats d'innovació per a les empreses i més oportunitats per a les persones d'aprendre i adquirir habilitats (vegeu, p. ex., [Fujita i Owaga, 1982](#); [Fujita et al., 1997](#); [Sasaki i Mun, 1996](#); [White, 1999](#))—que sorgeixen de la presència de diversos centres, i en concret dels efectes de proximitat geogràfica als centres, és a dir, de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns.

Similarment, els urbanistes i geògrafs han posat de manifest que les 'regions urbanes policèntriques' poden ser més competitives que les seves regions homòlogues monocèntriques gràcies a la proporció d'un major balanç entre els aspectes positius de l'aglomeració (p. ex., accés a amplis mercats de treball) i els aspectes negatius de l'aglomeració (p. ex., majors nivells de delinqüència, de pol·lució i de congestió) (vegeu, p. ex., [Faludi, 2004](#); [Meijers, 2007](#); [Parr, 2004](#)). Aquest major balanç de l'aglomeració en les regions policèntriques s'ha conceptualitzat per part dels geògrafs i urbanistes assumint l'existència de 'camps d'externalitat' (*externality fields*) ([Phelps et al., 2001](#)) o 'd'externalitats regionals' (*regional externalities*) ([Parr, 2004](#)), és a dir, plantejant que les externalitats positives de les economies d'aglomeració es regionalitzen més considerablement en les regions policèntriques, mentre que les seves externalitats negatives romanen localitzades dins dels límits dels centres d'aquestes regions policèntriques.

§ 1.3 En l'àmbit de la política de planificació territorial

L'interès actual dels experts en política territorial pel policentrisme té origen a principi dels anys 1990 quan, després de dues dècades de centrar-se en projectes de desenvolupament urbà local i regulacions d'usos de sòl, la praxi de la planificació territorial va reorientar la seva atenció en la producció de marcs estratègics i visions de desenvolupament territorial per a les ciutats i regions metropolitanes, posant un gran èmfasi en les seves relacions amb el *desenvolupament sostenible* ([Albrechts et al., 2003](#)). El desenvolupament policèntric va ressorgir doncs en la praxi de la planificació territorial com un concepte pont entre el *desenvolupament sostenible* (àmpliament interpretat com l'assoliment d'objectius econòmics, socials i ambientals) i el *desenvolupament territorial*. L'exemple europeu més important d'aquest fenomen és el document de política territorial anomenat 'Perspectiva de Desenvolupament Espacial Europea (ESDP, per les sigles en anglès), que va ser adoptat per 15 Estats Membres de la Unió Europea i per la Comissió Europea a l'any 1999. Aquest document de política territorial va percebre el desenvolupament policèntric com una eina normativa per promoure la competitivitat econòmica, la cohesió territorial, i el *desenvolupament sostenible* dins i entre les regions i els estats europeus. Per exemple, la 'Perspectiva de Desenvolupament Espacial Europea' argumentava que el desenvolupament policèntric conduiria cap una distribució espacial més equilibrada a través dels nodes urbans i habilitaria diferents nodes urbans no només a beneficiar-se de les economies d'escala, sinó també a especialitzar-se en determinades activitats econòmiques i funcions urbanes ([EC, 1999](#)).

Actualment, el desenvolupament policèntric també apareix com el principal segell dels plans territorials per a les àrees metropolitanes d'arreu del món, tal i com la [Taula 1.1](#) mostra. De fet, més del 75 per cent dels plans territorials recentment desenvolupats per a les grans àrees metropolitanes (en acord a la identificació proposada per [OECD \(2012\)](#)) o per 'Ciutats Globals' (com ara Pequín, Rio de Janeiro, Hong Kong, Singapur, i Xangai) consideren el desenvolupament policèntric com la millor estratègia de *desenvolupament territorial* per assolir un *desenvolupament sostenible*, definit aquest en termes d'objectius econòmics, socials i ambientals. Entre els objectius claus que s'espera que el desenvolupament policèntric assoleixi hi ha, p. ex., oferir un sistema de transport econòmic i eficient

i un medi ambient sostenible, juntament amb estendre l'accés a l'educació, als llocs de treball, a les funcions urbanes i a un habitatge decent per a un gran nombre de gent.

No obstant, el que s'entén per desenvolupament policèntric en les polítiques actuals de planificació territorial està en gran mesura desconectat del debat actual sobre policentrisme en l'àmbit acadèmic explicat en l'anterior [secció 1.2](#). Aquesta manca de connexió entre la visió del policentrisme en el camp de la recerca (evidència empírica) i en el camp de la política pública (plans territorials) es posa de manifest, tal i com la [Taula 1.1](#) emfatitza, quan es consideren els problemes de com es pot conceptualitzar el desenvolupament policèntric en els plans territorials i com els suposats beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial. Ambdós problemes proporcionen raons per motivar que els plans territorials considerin el coneixement basat en l'evidència informada per millorar l'eficàcia i la viabilitat del seu desenvolupament policèntric. Òbviament, aquesta motivació no argumenta que l'evidència empírica hagi de ser l'únic factor que influencii la política pública, doncs els plans territorials estan, en part, polititzats, i altres factors com ara la ideologia i els interessos també juguen un paper important (vegeu, p. ex., [Davoudi, 2006](#); [Faludi i Waterhout, 2006](#); [Weiss, 2001](#)). No obstant, s'argumenta que l'ús d'un millor coneixement del que s'entén per policentrisme en les polítiques de planificació territorial, resultat d'una major atenció al debat en curs sobre policentrisme en l'àmbit de la recerca, podria contribuir a millorar la viabilitat i l'eficàcia dels objectius econòmics, socials i ambientals dels plans territorials.

En termes de com es pot interpretar el desenvolupament policèntric en les polítiques de planificació territorial, la primera qüestió problemàtica fa referència a les diferents aproximacions existents per identificar i definir el model policèntric dels plans territorials doncs, en general, gairebé no s'ha considerat la utilització d'un mètode empíric per definir els centres que formen l'estructura policèntrica d'una àrea metropolitana (vegeu columnes 4-6 de la [Taula 1.1](#)). Mentre que la gran majoria dels plans territorials han proposat un model territorial policèntric a partir d'identificar centres 'sobre el territori' en acord a la proposta d'un concepte urbanístic determinat, pocs plans territorials han definit el seu model territorial, ja sigui mitjançant la identificació empírica de centres utilitzant un mètode derivat, p. ex., de la literatura de l'economia urbana (Chicago-2010 i Montreal-2012), o bé a través de considerar l'opinió dels actors (p. ex., privats) que intervenen en la seva elaboració (Houston-Galveston, en curs). Possiblement això explica la raó per la qual diversos conceptes urbanístics han aparegut per definir el que es podria entendre per model territorial policèntric. Per exemple, el model territorial policèntric s'ha definit com a 'estructura megalòpolis circular' (Tokyo-2004), 'estructura multi-nuclear o policèntrica amb eixos de desenvolupament' (p. ex., Seoul-2013 o Singapore-2014), 'estructura policèntrica en dos eixos i dos cinturons' (Beijing-2004), 'xarxa policèntrica de ciutats o de centres de ciutats' (p. ex., Barcelona-2010 o London-2011), 'ciutat policèntrica amb centres especialitzats' (p. ex., Melbourne-2014) o, fins i tot, com a 'sistema de llocs centrals' (p. ex., Berlin-Brandenburg-2009).

D'altra banda, una segona qüestió problemàtica fa referència a la manca d'atenció dels plans territorials respecte a la mesura del nivell de policentrisme de l'aglomeració metropolitana (vegeu columna 7 de la [Taula 1.1](#)). Examinar fins a quin cert punt una estratègia de desenvolupament policèntrica està deslligada de l'evidència respecte si l'àrea metropolitana ja és policèntrica pot aportar nova llum en la viabilitat de l'estratègia d'aquest tipus de desenvolupament territorial. Per exemple, l'establiment d'un sistema de transport públic eficaç entre els centres d'una àrea metropolitana per tal de millorar la sostenibilitat ambiental és més viable si aquests centres presenten un alt nivell d'integració espacial i de complementarietat entre ells en termes tant de sectors econòmics i d'ocupacions com de funcions urbanes.

ÀREA METROPOLITANA	NOM DEL PLA / ANY D'APROVACIÓ	ESCENARIS DE PRONÒSTIC (PROJECCIONS)	ESTRATÈGIA PRINCIPAL DE DESENVOLUPAMENT ESPACIAL
Tokyo	Master Plan for City Planning / 2004 & Planning Vision for Tokyo / 2009	Població, mercat de treball, i habitatge (2011-2020)	Estructura megalòpolis circular
Seoul	2030 Seoul Plan (Seoul's Master Plan) / 2013	Població, mercat de treball, i habitatge (2013-2030)	Estructura multi-nuclear amb eixos de desenvolupament
Shanghai	Shanghai Master Plan / 2001	Població, mercat de treball, i habitatge (1999-2020)	Estructura multicèntrica de múltiples eixos
Mexico city	Plan of the Metropolitan Area of Mexico city—POZMVM / 2012	No	Xarxa policèntrica de ciutats
Osaka-Kansai	Future Vision of Osaka / finalització programada pel 2025	No	Estructura multi-nuclear amb eixos de desenvolupament
Los Angeles	Los Angeles County 2035 General Plan / esborrany del 2014	Població, mercat de treball, i habitatge (2008-2035)	Estratègia 'TOD' i estructura multi-nuclear
New York	Pla NYC / 2007	Població, habitatge, mercat de treball, i ambient (2007-2030)	Estratègia de 'TOD'
Beijing	Beijing Urban Master Plan / 2004	Població, mercat de treball, i assignació de sòl (2004-2020)	Estructura policèntrica en 'dos eixos i dos cinturons'
Rio de Janeiro	Metropolitan urban and housing development policy loan—DPL / 2011	No	Integració entre transport i desenvolupament
London	The London Plan: A Spatial Development Strategy for Greater London / 2011	Població, habitatge, mercat de treball, i ambient (2011-2031)	Xarxa policèntrica de centres de ciutats
Paris	Schéma Directeur Région Île-de-France—SDRIF / 2013	Població, habitatge, mercat de treball, i ambient (2013-2030)	Desenvolupament policèntric, compacte i intens
Sao Paulo	SP2040 A Cidade que queremos / 2012	No	Desenvolupament policèntric i compacte
Chicago	Go to 2040 Comprehensive Regional Plan / 2010	Població, habitatge, mercat de treball, i canvi climàtic (2000-2040)	Xarxa policèntrica d'àrees urbanes
San Francisco	Plan Bay Area / 2013	Població, habitatge, mercat de treball, i ambient (2013-2040)	Estructura policèntrica organitzada a través del 'TOD'
Hong Kong	Hong Kong 2030: Planning Vision and Strategy / 2007	Població, habitatge, mercat de treball, i ambient (2003-2030)	Estructura multicèntrica amb eixos de desenvolupament
Toronto	Toronto Official Plan / 2010	Població, mercat de treball, i sòl (2011-2041)	Estructura policèntrica: comunitats d'ús mixt
Santiago de Chile	Regional Development Strategy of Santiago Metropolitan Region / 2012	No	Estructura policèntrica amb eixos de desenvolupament
Houston	Houston-Galveston Regional Plan / en procés des del 2014	Encara no s'ha finalitzat	Estructura policèntrica organitzada a través del 'TOD'
Miami	Comprehensive Development Plan for Miami-Dade County / 2013	Població i mercat de treball (2010-2030)	Xarxa policèntrica d'àrees urbanes
Singapore	Master Plan 2014 / 2011 and Concept Plan 2011 / 2014	Població, habitatge, sòl, ambient i mercat de treball (2010-2030)	Estructura policèntrica amb eixos de desenvolupament
Washington	Region Forward / 2010	Població, habitatge, sòl, ambient i mercat de treball (2010-2040)	Xarxa policèntrica d'àrees urbanes
Johannesburg	Integrated Development Plan: Joburg 2040 Strategy / 2012	No	Estructura policèntrica amb eixos de desenvolupament
Atlanta	Atlanta Region Plan 2040 / 2010	Població, habitatge, sòl, ambient i mercat de treball (2010-2040)	Estructura policèntrica amb eixos de desenvolupament
Berlin	State Development Plan Berlin-Brandenburg—LEP B-B / 2009	Població, mercat de treball, i habitatge (2009-2030)	Estructura policèntrica ('Sistema de Llocs Centrals')
Sydney	A Plan for Growing Sydney / 2014	Població, habitatge, sòl, ambient i mercat de treball (2016-2031)	Estructura policèntrica organitzada a través del 'TOD'
Melbourne	Plan Melbourne: Metropolitan Planning Strategy / 2014	Població, mercat de treball, habitatge i sòl (2014-2050)	Ciutat policèntrica amb centres especialitzats
Montreal	Metropolitan Land Use and Development Plan—PMAD / 2012	Població, mercat de treball, i habitatge (2011-2031)	Estructura policèntrica amb centres especialitzats
Monterrey	Metropolitan Vision: Monterrey 2030 / 2007	No	Xarxa policèntrica de ciutats
Milan	Territorial Plan of Province Coordination—PTCP. Province of Milan / 2013	Població, mercat de treball, i habitatge (2013-2020)	Xarxa policèntrica de ciutats
Philadelphia	Connection 2040. Plan for Greater Philadelphia / 2009	Població, mercat de treball, i inversions (2010-2040)	Xarxa policèntrica d'àrees urbanes
Rome	Provincial General Territorial Plan—PTPG. Province of Rome / 2010	Població, mercat de treball, i habitatge (2001-2015)	Xarxa policèntrica de ciutats
Phoenix	Phoenix General Plan (planPHX) / 2015	Població, mercat de treball, i habitatge (2015-2030)	Estructura policèntrica organitzada a través del 'TOD'
Barcelona	Barcelona Metropolitan Territorial Plan—BMTP / 2010	Població, mercat de treball, i habitatge (2001-2026)	Xarxa policèntrica de ciutats

	DESENVOLUPAMENT POLICÈNTRIC / NOMBRE DE CENTRES	MÈTODE D'IDENTIFICACIÓ DE CENTRES	MESURA DEL POLICENTRISME	POLICENTRISME I EFICIÈNCIA TERRITORIAL
	Si / Nucli central i 4 centres axials (p. ex., Saitama)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / 3 centres principals, 7 centres regionals, i 12 centres locals	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / 1-9-6-6 model (nucli, noves-ciutats petites, i pobles)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / 12 centres (5 primaris i 7 complementaris)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Nucli central i 7 centres secundaris (p. ex., Saito àrea)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Centres veïnals orientats al transport públic i centres rurals	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	No / àrees de 'TOD' (p. ex., Downtown Jamaica)	No s'identifiquen centres	No	No
	Si / Ciutat central i 14 centres secundaris (p. ex., BDA)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	No	No s'identifiquen centres	No	No
	Si / Inner London i 12 centres secundaris (p. ex., Kingston)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Inner Paris i 21 centres regionals (p. ex., Évry)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Centres econòmics, tecnològics i institucionals	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / Ciutat central i 31 centres secundaris (p. ex., Schaumburg)	McMillen (2003b): llistars de llocs de treball	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / 10 tipus de centres (p. ex., ciutat, regional, suburbà)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / Centre de la ciutat i un conjunt de centres (p. ex., Fanling North)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / Ciutat central i 5 centres secundaris (p. ex., Etobicoke)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / Santiago i 9 centres secundaris (p. ex., Talagante)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Ciutat central i 12 centres secundaris (p. ex., Uptown)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / Centre de la ciutat i 13 centres regionals (p. ex., FIU)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Àrea central i 19 centres secundaris (p. ex., Tampines RC)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Àrea central i 140 centres secundaris (p. ex., St. Elizabeth's)	Llistars de llocs de treball i d'habitatge	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / Ciutat central i 22 centres secundaris (p. ex., Midrand)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Nucli regional i 15 centres secundaris (p. ex., Cumberland)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / Berlín i 4 centres regionals (p. ex., Potsdam)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / 2 ciutats centrals (Sydney, Parramatta) i 3 centres secundaris	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / Ciutat central i 6 centres secundaris (p. ex., Monash)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / Ciutat central i 5 pols primaris (p. ex., Longueuil)	Shearmur (2006): llistars de llocs de treball	No	No
	Si / Ciutat central i 10 centres secundaris (p. ex., Santa Caterina)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Ciutat central i 10 centres secundaris (p. ex., Abbiategrosso)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Ciutat central i 6 centres secundaris (p. ex., Trenton)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Només es defineixen indicadors d'eficiència territorial
	Si / Ciutat central i 20 centres secundaris (p. ex., Pomezia)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Ciutat central i 21 centres secundaris (p. ex., Deer Valley)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
	Si / Barcelona i 7 centres secundaris (p. ex., Sabadell)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No

>>>

ÀREA METROPOLITANA	NOM DEL PLA / ANY D'APROVACIÓ	ESCENARIS DE PRONÒSTIC (PROJECCIONS)	ESTRATÈGIA PRINCIPAL DE DESENVOLUPAMENT ESPACIAL
Boston	Metro Future. Making a Greater Boston region / 2008	Població, mercat de treball, i habitatge (2008-2030)	Xarxa policèntrica de ciutats
Athens	Regulatory (Master) Plan for Athens-Attiki—2021 / 2011 (finalitzat)	No	Xarxa urbana 'jeràrquica' amb tres tipus de centres
Curitiba	Director Plan of Curitiba / 2014	No	Estructura policèntrica organitzada a través del 'TOD'
München	Regional Plan of München / 2001	No	Estructura policèntrica ('Sistema de Llocs Centrals')
Lisboa	Regional Action Plan of Lisboa / 2014	No	Xarxa de ciutats que componen la regió
Vienna	Step 2025. Urban Development Plan Vienna / 2014	Població, habitatge i projectes de mobilitat (2013-2025)	Enfortiment de l'estructura urbana policèntrica
Frankfurt-RheinMain	The Regional Preparatory Land Use Plan of Frankfurt-RheinMain / 2011	No	Xarxa de centres de mida mitjana amb eixos de desenvolupament
Bruxelles	Plan Régional de Développement Durable—PRDD / 2013	No	Estructura multicèntrica i mosaic del territori
Amsterdam	Structural Vision: Amsterdam 2040 / 2011	Població i habitatge (2010-2040)	Estructura policèntrica amb un nucli de ciutat dens
Rotterdam Den Haag	Strategic Agenda Rotterdam-Den Haag metropolitan region / 2013	No	Estructura policèntrica organitzada a través del 'TOD'
Portland	The Portland Plan / 2012	Habitatge (2015-2035)	Xarxa policèntrica d'àrees urbanes
Copenhagen	Fingerplan (Copenhagen) / 2013	Població i habitatge (2011-2030)	Estratègia de 'TOD' basada en 5 eixos de desenvolupament ('fingers')
Stockholm	Regional Development Plan for Stockholm Region—RUF5 / 2010	Població i habitatge (2010-2030)	Xarxa policèntrica de ciutats
Lyon	SCOT 2030. Projet d'Aménagement et de Développement Durable / 2010	Població, mercat de treball, i habitatge (2010-2030)	Xarxa policèntrica d'àrees urbanes amb eixos de desenvolupament
Manchester	2013 Stronger Together / 2009 & Greater Manchester Growth Plan / 2014	Mercat de treball, població i GVA (valor afegit brut) (2008-2024)	Xarxa policèntrica de ciutats
Dublin	Regional Planning Guidelines for the Greater Dublin Area / 2010	Població i habitatge (2010-2022)	Estructura policèntrica amb eixos de desenvolupament
Zurich	Zurich Strategies 2025 / 2011	No	Integració de les àrees centrals amb les suburbanes

TAULA 1.1 Desenvolupament policèntric en la praxi de la planificació territorial: evidència de 50 plans per a regions metropolitanes d'arreu del món

Nota(es): les àrees metropolitanes estan ordenades segons el nombre d'habitants del 2010 en acord a la delimitació proposada per OECD (2012). No obstant, poden existir algunes discrepàncies en aquest rànquing a causa de la inclusió d'algunes àrees metropolitanes que no han estat considerades en l'estudi de 281 àrees metropolitanes de l'OECD (vegeu OECD, 2012). Les àrees metropolitanes relacionades amb aquests 50 plans territorials analitzats estan representades amb cercles blaus a la Figura 1.2. Els noms dels plans territorials per a aquestes 50 àrees metropolitanes estan en anglès quan s'ha trobat un document d'aquest pla en llengua anglesa. L'acrònim 'TOD' significa 'Transit-Oriented Development', que es pot traduir al català com a 'desenvolupament orientat al transport públic'. Font: Masip-Tresserra (2016).

En relació a com els suposats beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial, la principal qüestió problemàtica fa referència a la manca d'una anàlisi empírica *ex ante* i una avaluació d'impacte *ex post* per tal d'examinar els efectes econòmics, socials i ambientals i les conseqüències que es deriven del model territorial policèntric proposat pels plans territorials (vegeu columna 8 de la Taula 1.1). Malgrat que la praxi de la planificació territorial ha concentrat els seus esforços en proporcionar pronòstics a llarg termini (fins a un any horitzó) en termes de població, mercat de treball, habitatge i ocasionalment respecte als usos de sòl i al medi ambient, no ha intentat fonamentar empíricament la relació entre el policentrisme i l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes. Només un petit nombre de plans territorials—p. ex., el *Toronto Official Plan* del 2010, el *Plan Bay Area* (San Francisco) del 2013, i el *Plan for Growing Sydney* del 2014—han desenvolupat un conjunt d'indicadors d'eficiència territorial per avaluar *ex post* fins a quin cert punt els seus objectius s'assoleixen.

§ 1.4 Línia de recerca en policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial

Per avançar en l'interès mostrat pels urbanistes, geògrafs, economistes i legisladors de política pública per a les aglomeracions metropolitanes i el policentrisme, és necessari atendre un nombre important

DESENVOLUPAMENT POLICÈNTRIC / NOMBRE DE CENTRES	MÈTODE D'IDENTIFICACIÓ DE CENTRES	MESURA DEL POLICENTRISME	POLICENTRISME I EFICIÈNCIA TERRITORIAL
Si / Centre de la ciutat i 21 centres secundaris	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / 2 centres metropolitans, 17 inter-municipals i 43 municipals	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / 6 àrees de centralitat o centres	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / München i 11 centres regionals (p. ex., Freising)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / Lisboa i 17 municipis (p. ex., Cascais)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / Ciutat central i 19 centres secundaris (p. ex., Stadlau)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / Frankfurt i centres en els altres 74 municipis	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / 7 centres regionals (p. ex., Le pôle Josaphat)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / Amsterdam i 12 centres econòmics alternatius	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / 3 centres internacionals i 10 metropolitans (p. ex., Delft)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / 2 centres regionals, 9 de ciutat, i 19 veïnals	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Normés es defineixen indicadors d'eficiència territorial
No / 5 àrees 'TOD' (p. ex., Køge, Hillerød, Helsingør, Roskilde)	No s'identifiquen centres	No	No
Si / Stockholm i 8 centres secundaris (p. ex., Flemingsberg)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Normés es defineixen indicadors d'eficiència territorial
Si / Lyon i 33 centres secundaris (p. ex., l'àrea urbana de Chassieu i Genas)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / Manchester i 11 centres regionals (p. ex., Bury)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	No
Si / Dublín i 8 centres secundaris (p. ex., Tallaght)	No fonamentat en l'evidència empírica	No	Normés es defineixen indicadors d'eficiència territorial
No	No s'identifiquen centres	No	No

de qüestions problemàtiques relacionades entre si. En particular, aquestes qüestions fan referència (1) a la conceptualització (identificació i mesura) del policentrisme, (2) a l'anàlisi empírica dels (des)avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme, i (3) a com es pot entendre la relació entre el policentrisme abordat en l'àmbit acadèmic i el policentrisme abordat en l'àmbit de la política de planificació territorial.

En primer lloc, coexisteixen diferents maneres d'abordar el policentrisme i per això hi ha certa fragmentació en la seva conceptualització. Una manera d'abordar-lo fa referència a entendre el policentrisme a l'escala territorial intraurbana (Davoudi, 2003) o intrametropolitana (Brezzi i Veneri, 2015; Limtanakool, 2006), mentre que l'altra aborda el policentrisme a l'escala territorial interurbana (Davoudi, 2003) o regional (Brezzi i Veneri, 2015; Veneri i Burgalassi, 2012). A més, quan s'han intentat integrar aquestes conceptualitzacions, s'ha fet de manera confusa (Van Meeteren et al., 2015). Això s'explica a causa d'aproximacions teòriques divergents, arrelades en diferents disciplines, a més de les múltiples interpretacions conceptuals i aproximacions empíriques per identificar i mesurar el policentrisme; totes competint entre si per al seu reconeixement en l'estudi del policentrisme, una situació que es suma a la ja existent fragmentació del concepte. Per tant, es pot argumentar que és essencial reconciliar les diferents maneres d'abordar el policentrisme per avançar en el debat sobre la conceptualització del policentrisme i posterior aplicabilitat en la praxi de la planificació territorial.

En segon lloc, tot i que s'han fet moltes afirmacions sobre els avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme tant a l'escala territorial intraurbana com a l'escala territorial interurbana, la realitat és que poc s'ha demostrat fins avui dia, és a dir, els resultats empírics dels pocs estudis existents al respecte no han conduït encara cap a conclusions clares sobre els efectes del policentrisme (vegeu, p. ex., Burger, 2011; Lee, 2006a; Meijers, 2007). Mentre que Meijers i Burger (2010) il·lustren, p. ex., que les

constel·lacions policèntriques (en comparació a les monocèntriques) estan associades amb un major nivell de productivitat laboral, [Meijers \(2008\)](#) i [Burger et al. \(2014a\)](#) mostren que aquestes constel·lacions policèntriques disposen d'una concentració menor de facilitats culturals i comercials. Part de l'existència de discrepàncies sobre els efectes del policentrisme s'expliquen un altre cop per la manca d'integració adequada entre estudis diferents, específicament entre la literatura sobre el policentrisme i els seus (des)avantatges a l'escala intraurbana i la que explora aquest vincle a l'escala interurbana, doncs cap de les dues ha examinat els (des)avantatges del policentrisme mitjançant, p. ex., la consideració de tots els diferents mecanismes que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració. Per tant, es pot argumentar que la manca de resultats concloents sobre el rol del policentrisme envers l'eficiència territorial emfatitza el repte d'establir un marc conceptual i empíric més ampli i sistemàtic amb la finalitat d'unificar l'existent recerca empírica fragmentada sobre els avantatges del policentrisme.

En tercer lloc, un millor coneixement del que s'entén per policentrisme en l'àmbit acadèmic, per abordar com es pot conceptualitzar el desenvolupament policèntric en els plans territorials i com els suposats beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial, és encara inexistent en la praxi actual de la planificació territorial (vegeu [Taula 1.1](#)). Aquesta qüestió problemàtica és de gran importància a l'hora de facilitar una planificació territorial més informada per l'evidència empírica, en la qual el policentrisme apareix, tal i com mostra la [Figura 1.1](#), com una eina per construir el pont d'unió entre la recerca (evidència empírica) i la política pública (plans territorials) amb l'objectiu de millorar la viabilitat i l'eficàcia dels objectius econòmics, socials i ambientals dels plans territorials. És a dir, d'una banda, aquesta visió de la planificació territorial més informada per l'evidència empírica podria millorar la viabilitat i l'eficàcia en el procés d'elaboració i implementació dels plans territorials des de la perspectiva basada en la conformitat ('conformance-based' en anglès) del pla, cosa que vol dir que seria menys probable que els resultats del pla territorial, incloent els seus efectes no desitjats, divergissin significativament dels seus objectius conduint així cap al fracàs del pla (vegeu, p. ex., [Baer, 1997](#); [Laurian et al., 2004, 2010](#); [Loh, 2011](#) per a una explicació detallada de la 'conformitat' dels plans territorials). D'altra banda, aquesta visió de la planificació territorial més informada per l'evidència empírica podria augmentar també la viabilitat i l'eficàcia en el procés d'elaboració i implementació dels plans territorials des de la perspectiva basada en l'eficiència ('performance-based' en anglès) del pla—p. ex., els resultats empírics de la mesura del nivell de policentrisme i dels seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals podria atendre problemàtiques en termes de governament derivats de la competició horitzontal entre governs locals (p. ex., tendència dels municipis a demanar duplicat de funcions urbanes)—cosa que significaria que el pla esdevindria una eina útil de consulta pels actors públics (i sovint privats) al llarg de tot el procés, conduint així cap a l'èxit del pla (vegeu, p. ex., [Faludi, 2000, 2006](#); [Mastop i Faludi, 1997](#) per a una descripció detallada de 'l'eficiència' dels plans territorials).

Per tant, aquestes tres qüestions problemàtiques interrelacionades entre si poden estimular investigacions que vinculin el coneixement de les constel·lacions policèntriques i els seus efectes econòmics, socials i ambientals per a la praxi i la política de la planificació territorial en les aglomeracions metropolitanes. Aquesta ha estat la motivació clau de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), on s'ha definit una línia de recerca en aquest sentit i s'ha desenvolupat part d'aquesta. Aquesta línia de recerca es basa en examinar les múltiples i recíproques relacions entre l'estructura espacial policèntrica de les àrees metropolitanes; l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes en termes de competitivitat econòmica, sostenibilitat ambiental, i benestar social; i com les àrees metropolitanes es planifiquen a través de l'elaboració de plans territorials. És a dir, gira al voltant de les relacions teòriques i empíriques entre tres conceptes clau: *polycentricity* (policentrisme), *performance* (eficiència territorial) i *planning* (planificació territorial).

La part d'aquesta línia de recerca que [op. cit.](#) ha tractat fa referència al desenvolupament d'una anàlisi discursiva per examinar com els autors dels plans territorials han abordat el desenvolupament policèntric al llarg del temps. A més, aquest estudi ha contribuït a la literatura proposant marcs conceptuals i empírics

per identificar i mesurar el policentrisme a l'escala metropolitana, i permetre una anàlisi empírica més àmplia dels seus efectes econòmics, socials i ambientals; p. ex., l'exploració empírica dels seus (des)avantatges s'ha basat en la consideració que el desenvolupament de les externalitats de l'aglomeració en les àrees metropolitanes és una combinació de la mida de les ciutats, de la proximitat a altres llocs, i de la interacció entre ciutats a l'escala metropolitana. Ulteriorment, [op. cit.](#) ha aportat directrius d'evidència informada per a estratègies de desenvolupament territorial. Aquestes directrius s'han elaborat a partir de l'evidència empírica que els centres que formen una estructura metropolitana policèntrica fomenten una major eficiència territorial, considerant la variació micronivell del comportament de la mobilitat de les persones (p. ex., selecció del mitjà de transport per part dels individus) quan s'augmenta la integració espacial entre ells, la seva mida i la proximitat a les ciutats veïnes més petites.

Malgrat aquestes aportacions teòriques i empíriques al coneixement de les relacions entre policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial encara és necessari fer més investigació per continuar desenvolupant aquesta línia de recerca tot abordant els reptes i llacunes de recerca que no s'han pogut cobrir en la seva totalitat en una sola tesi doctoral. Aquests fan referència principalment a la relació teòrica i empírica entre policentrisme i eficiència territorial. Dues qüestions problemàtiques o llacunes de recerca es poden identificar en aquest sentit.

En primer lloc, és necessari ampliar l'anàlisi empírica sobre la variació micronivell del comportament de la mobilitat de les persones realitzat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), per tal d'assolir conclusions més àmplies sobre els efectes del policentrisme i directrius d'evidència informada més exhaustives per a la política de planificació territorial. Una primera perspectiva podria produir avenços empírics en la relació entre policentrisme i eficiència territorial a partir d'estendre l'objecte d'anàlisi des de les persones cap a les empreses i el seu comportament espacial. Una segona perspectiva seria considerar una gama més àmplia d'indicadors de (des)avantatges econòmics, socials i ambientals; p. ex., considerant la productivitat laboral, la desocupació, els patrons de mobilitat agregada, els costos de l'habitatge, els preus del sòl, els salaris de les persones, les emissions de CO₂ dels habitatges, i el consum de sòl.

En segon lloc, és necessari refinar el marc conceptual sobre l'exploració de la relació entre policentrisme i eficiència territorial a l'escala intrametropolitana per considerar la possibilitat que el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana cada cop sigui més dependent a les interaccions entre centres en xarxes a múltiples escales macroterritorials, és a dir, des de l'escala regional i estatal a l'escala internacional. Malgrat que un grup d'estudis afirma recentment que les xarxes entre ciutats a múltiples escales espacials i les externalitats que es desenvolupen a partir d'aquestes poden servir com un perfecte substitut dels beneficis de l'aglomeració en els sistemes urbans conduint així cap a una reconsideració de les bases geogràfiques de les economies d'aglomeració ([Burger et al., 2015](#); [Meijers i Burger, 2017](#); [Meijers et al., 2016](#)), altres estudis indiquen que el desenvolupament de les economies d'aglomeració i el seu impacte en l'eficiència territorial és una combinació de la mida de les ciutats, de la proximitat a altres llocs i de la interacció entre ciutats ([Masip-Tresserra, 2016](#)), o que les externalitats de xarxes de ciutats no són necessàriament un perfecte substitut de les economies d'aglomeració a nivell de la ciutat ([Glaeser et al., 2016](#)). Per tant, renovar el marc conceptual entre policentrisme i eficiència territorial a partir d'integrar els conceptes d'*agglomeration shadows* ('ombres d'aglomeració') i el de *borrowed size* ('mida prestada'), que han rebut poca atenció en la literatura malgrat que aborden l'abast geogràfic de les economies d'aglomeració amb el concepte de *network externalities* ('externalitats de xarxa'), que fa referència a l'abast macroterritorial de les economies d'aglomeració, pot ser un bon punt de partida per fer avenços teòrics en relació als efectes del policentrisme.

Abordar aquests dos grans problemes o llacunes de recerca és la motivació principal d'aquesta tesi: és a dir, produir avenços teòrics i empírics en la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració en les àrees metropolitanes i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals.

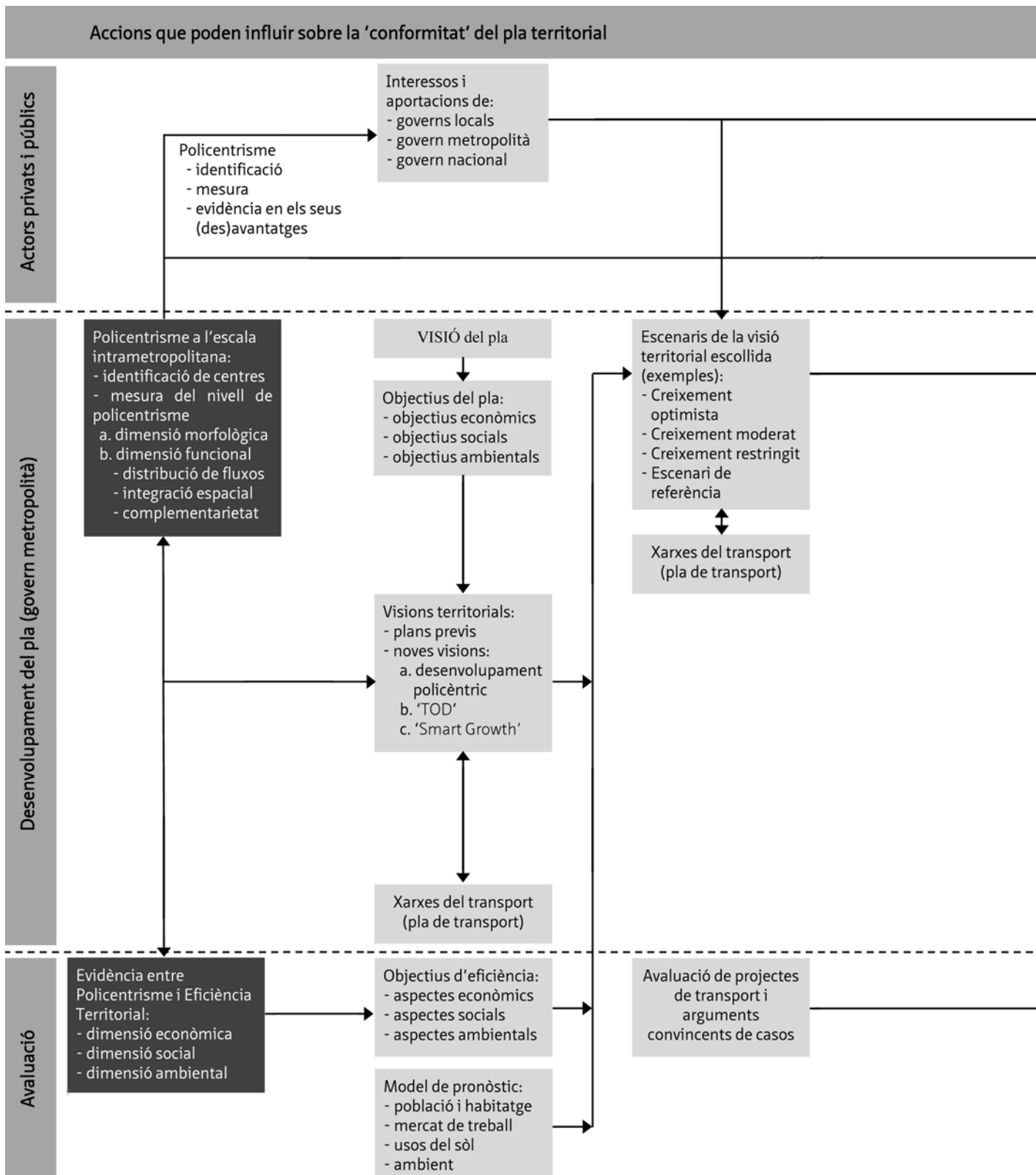
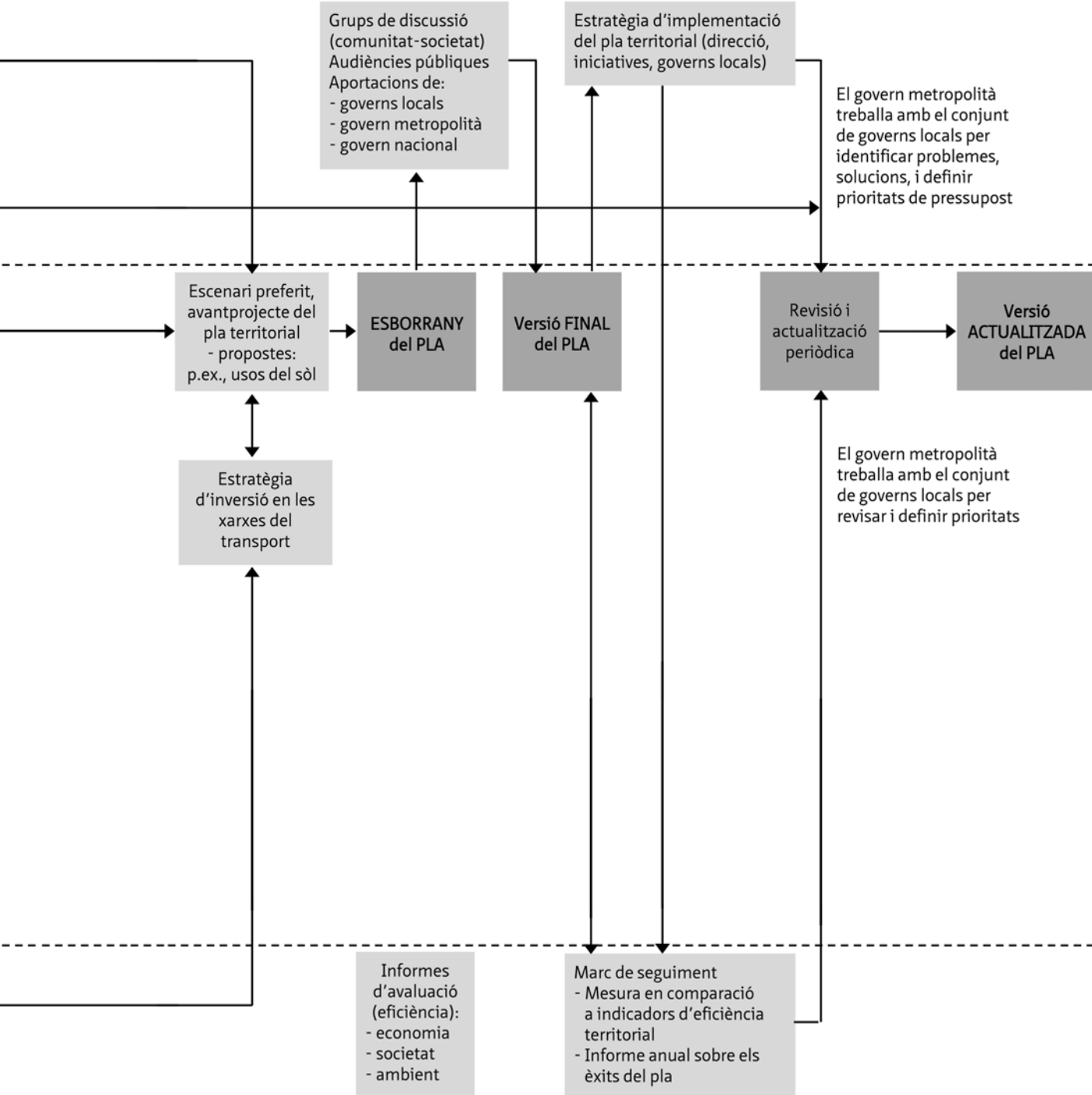


FIGURA 1.1 Policentrisme i praxi de la planificació territorial: procés d'elaboració de plans territorials per a les regions metropolitanes

Nota(es): aquest esquema sintetitza la relació entre policentrisme i praxi de la planificació territorial mitjançant l'estudi del procés d'elaboració dels 50 plans territorials per a regions metropolitanes analitzats (vegeu Taula 1.1).

Accions que poden influir en 'l'eficiència' del pla territorial



§ 1.5 Objectius generals i preguntes

L'objectiu general d'aquesta tesi és contribuir al debat actual en relació al vincle entre policentrisme i eficiència territorial (àmpliament interpretada com a rendiment *performance*), tant des del punt de vista teòric com empíric, és a dir, considerant les dues qüestions problemàtiques citades més amunt. En primer lloc, aquesta tesi té l'objectiu de renovar l'aproximació teòrica de la relació entre policentrisme i eficiència territorial, reunint conceptes de les externalitats de les economies d'aglomeració arrelats en disciplines diferents; d'una banda, conceptes sobre l'abast geogràfic de les externalitats de les economies d'aglomeració que han estat poc estudiats en la literatura actual sobre economia urbana i geografia econòmica, específicament el concepte d'*agglomeration shadows* i el de *borrowed size* i, d'altra banda, el concepte sobre l'abast macroterritorial de les externalitats de les economies d'aglomeració desenvolupat per la literatura sobre economia de les xarxes, específicament el concepte de *network externalities*. En segon lloc, la tesi té l'objectiu de produir avenços empírics respecte a la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i l'eficiència territorial en les àrees metropolitanes, amb la finalitat posterior de traduir els efectes estimats d'aquesta relació en directrius d'evidència informada per a la política de planificació territorial. En concret, aquesta tesi s'enfoca en l'anàlisi empírica dels (des)avantatges del policentrisme respecte (1) a les activitats i externalitats de la mobilitat agregada de les persones, (2) a l'ús d'energia residencial, i (3) als salaris de les persones i costos de l'habitatge.

Per tal d'assolir aquests dos objectius, aquesta tesi desenvolupa part de la pregunta de recerca general '*En quina mesura el policentrisme fomenta una major eficiència territorial en una àrea metropolitana, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?*', a partir de respondre quatre preguntes de recerca específiques:

- 1 Com s'ha conceptualitzat la relació entre policentrisme i eficiència territorial en l'àmbit de la recerca, i com es pot renovar aquesta conceptualització per permetre una examinació més àmplia dels efectes del policentrisme?
- 2 En quina mesura el policentrisme fomenta un major ús del transport públic, un menor temps i distància de viatge, així com també menors emissions de CO₂ del transport, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?
- 3 En quina mesura el policentrisme redueix les emissions de CO₂ dels habitatges, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?
- 4 En quina mesura el policentrisme fomenta salaris de les persones més alts a la vegada que mitiga els costos de l'habitatge, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?

§ 1.6 Cas únic d'estudi: la regió metropolitana de Barcelona

Aquesta tesi doctoral es centra en l'escala metropolitana. En teoria, dos tipus d'exploracions es podrien definir a aquesta escala territorial per abordar les preguntes de recerca formulades més amunt. Un tipus d'exploració tindria una naturalesa 'entre casos' i obtindria conclusions en base a l'evidència dels atributs a través d'aquests casos. Un altre tipus d'exploració tindria una naturalesa 'dins del cas' i obtindria conclusions en base a l'evidència d'un cas únic d'estudi. Aquesta tesi doctoral adopta el segon tipus d'exploració, un cas únic d'estudi, doncs la temàtica general d'estudi (això és, les múltiples relacions entre policentrisme, eficiència territorial, i planificació territorial) és altament depenent a les condicions de context de les regions metropolitanes i requereix una examinació detallada que a la vegada demana l'ús de diferents tipus de mètodes de recerca i dades.

Conseqüentment, un argument clau en la selecció del cas únic d'estudi és el grau de representativitat del cas dins de la població de possibles casos d'estudis. Una població rellevant per a aquesta tesi, tal i com la [Figura 1.2](#) mostra, és el conjunt d'àrees metropolitanas d'arreu del món amb una importància cabdal per explorar la triple relació entre policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial. En termes de policentrisme, casos crítics i influents poden ser representats per aquelles regions metropolitanas que ja presenten un alt grau de policentrisme doncs, en relació al debat sobre policentrisme, aquestes regions disposen d'un gran potencial per avançar en l'aprenentatge sobre les qüestions problemàtiques mencionades anteriorment. En relació a l'eficiència territorial, casos crítics i influents poden ser detectats a partir del grau d'integració de les regions metropolitanas en xarxes globals externes (p. ex., corporacions multinacionals i xarxes de passatgers aeris). La raó és que els vincles externs entre regions metropolitanas distants, segons la literatura acadèmica (vegeu, p. ex., [Burger, 2011](#); [Wall, 2009](#)), contribueixen de forma significativa a l'eficiència territorial a causa del seu paper com a nodes principals, p. ex., en relació a les activitats intenses del coneixement. En termes de planificació territorial, casos crítics i influents poden ser representats per aquelles regions metropolitanas (vegeu cercles blaus en la [Figura 1.2](#)), en les quals s'ha elaborat recentment un pla territorial amb la finalitat d'implementar una estratègia de desenvolupament policèntric, tal i com s'ha analitzat en la [Taula 1.1](#).

El cas d'estudi d'aquesta tesi és la regió metropolitana de Barcelona perquè disposa d'aquestes característiques claus i es podria considerar, per tant, com un cas d'estudi crític i influent. Barcelona és una de les regions metropolitanas més policèntriques d'arreu del món. Més específicament, la regió metropolitana de Barcelona és la setena regió més policèntrica segons l'estudi realitzat per l'[OECD \(2012\)](#). A més, el pla territorial recentment elaborat per a aquesta regió per implementar una política territorial de desenvolupament policèntric, el Pla Territorial Metropolità de Barcelona ('PTMB' d'ara en endavant) de l'any 2010, reflecteix la forta tradició històrica de Catalunya en el camp de la planificació territorial per promoure estratègies de desenvolupament territorial que parteixen d'aproximacions diferents al policentrisme, doncs el model territorial policèntric del PTMB està influenciat per la visió territorial del policentrisme que va ser adoptada pel Pla Director de l'Àrea Metropolitana de Barcelona del 1966 ([Masip-Tresserra, 2016](#)). Aquest pla territorial del 1966—conjuntament amb el Pla de Washington del 1961 (conegut com el pla 'Any 2000'), el Pla Intermunicipal de Milà del 1963, el Pla Director de Planificació i Desenvolupament de la Regió de París del 1965, i el Pla per a la Regió d'Estocolm—va ésser un dels primers en trencar el model concèntric, llavors popular, d'anells verds i ciutats satèl·lits, i proposar configuracions espacials policèntriques en xarxa per tal de resoldre la pressió de la urbanització en les ciutats centrals de les regions metropolitanas.

D'altra banda, la regió metropolitana de Barcelona pot desenvolupar un rol central envers els processos de globalització, per exemple, a causa del seu alt grau de centralitat respecte a la xarxa internacional de passatgers aeris. En concret, tal i com es mostra en la [Figura 1.2](#), la regió metropolitana de Barcelona a l'any 2012 era la dinovena regió més central d'arreu del món en termes de fluxos de passatgers aeris entre aeroports. Malgrat que aquest tipus de centralitat no proporciona suficient base per concloure que la regió metropolitana de Barcelona és un cas crític i influent per l'exploració dels determinants d'eficiència territorial, pot emfatitzar que podria ocupar una bona posició en altres xarxes globals externes. Per tant, es pot argumentar que el cas d'estudi únic de la regió metropolitana de Barcelona podria servir d'exemple per a altres regions metropolitanas a causa del seu potencial d'aprenentatge en termes de policentrisme, planificació territorial i, en certa mesura, d'eficiència territorial.

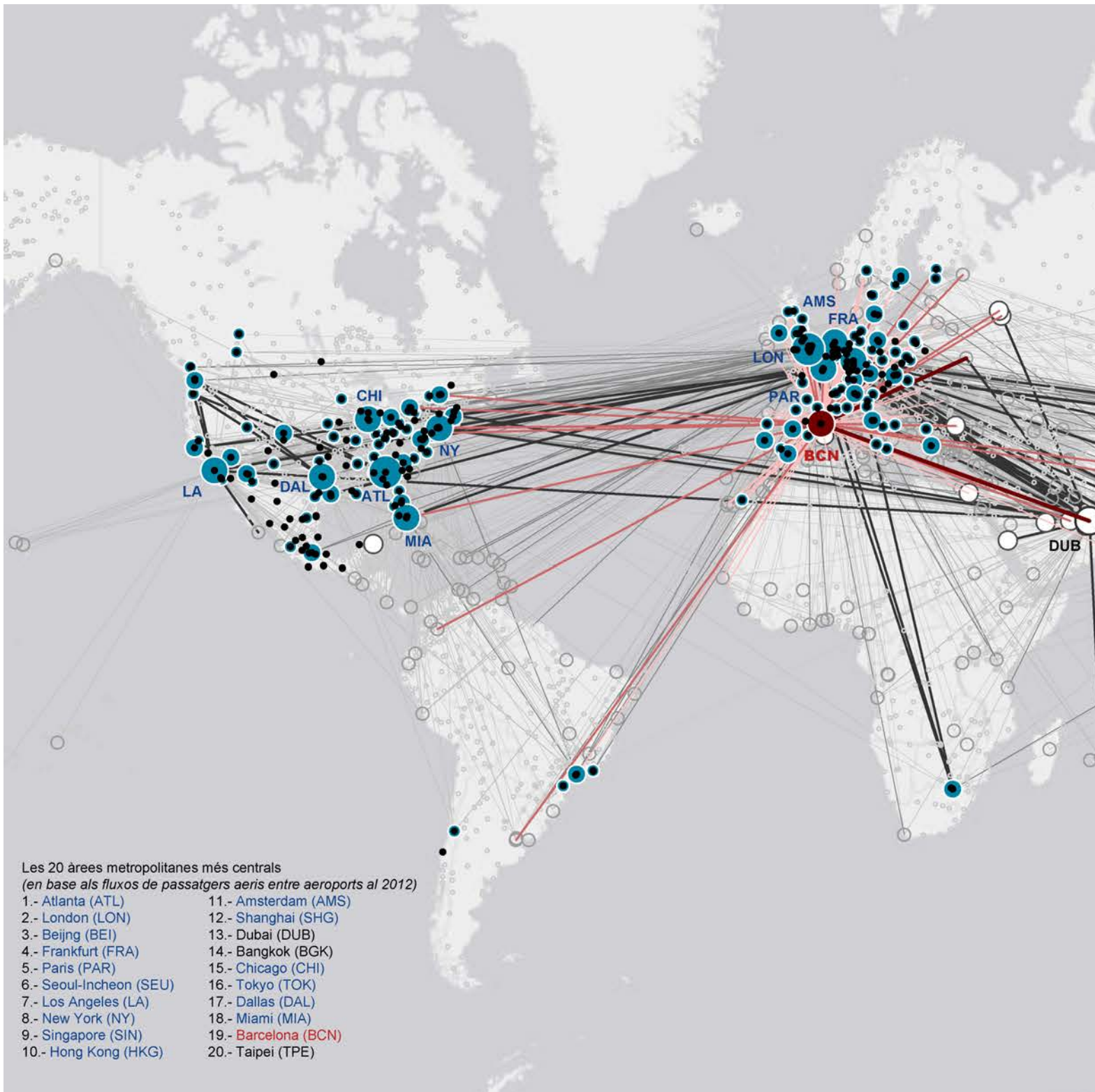
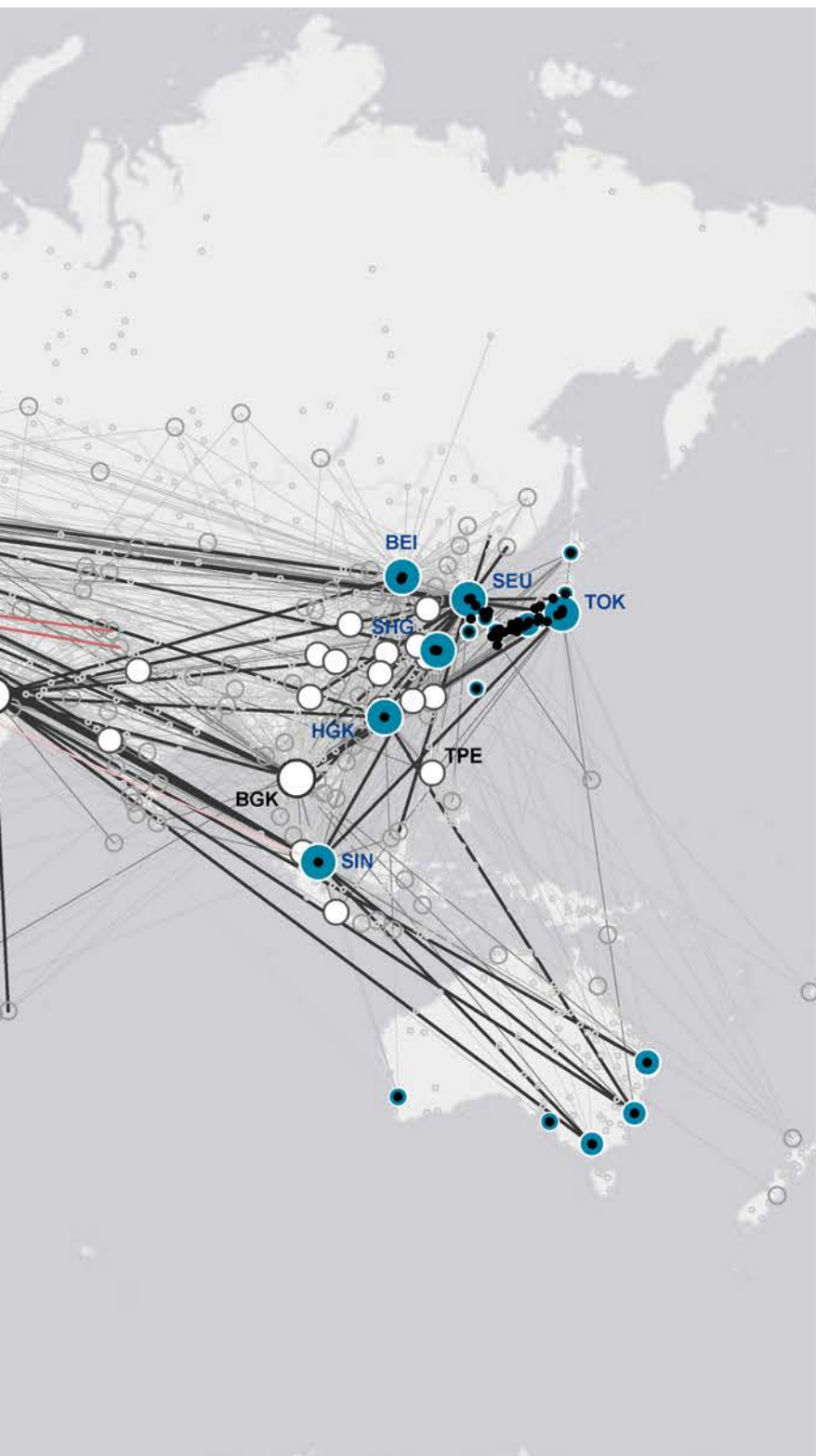


FIGURA 1.2 Regions metropolitanas d'arreu del món amb una importància cabdal per a l'estudi de les múltiples relacions recíproques entre policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial

Nota(es): la mida dels nodes indica el grau de centralitat de les àrees metropolitanas dins de la xarxa internacional de passatgers aeris, mentre que el punt fosc representa les 281 àrees metropolitanas identificades per l'OECD (2012) o aquelles àrees metropolitanas que disposen d'un pla territorial (p. ex., Singapur i Hong Kong) que advoca per una política de desenvolupament policèntric en acord amb la Taula 1.1. Barcelona, el cas estudiat en aquesta tesi, es representa en vermell. El gruix del flux representa la intensitat de la interacció entre les àrees metropolitanas en termes de fluxos de passatgers. Només es presenten els fluxos generats pels 20 aeroports més centrals per tal de facilitar la visualització i interpretació de les xarxes de passatgers aeris.
Font: Masip-Tresserra (2016).





Llegenda

Localitzacions

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| 1.- Barcelona | 16.- Sant Sadurn d'Anoia |
| 2.- Santa Coloma de Gramanet | 17.- Martorell |
| 3.- Montcada I Reixac | 18.- Rubí |
| 4.- Ripollet | 19.- Terrassa |
| 5.- Cerdanyola del Vallès | 20.- Sabadell |
| 6.- Sant Cugat del Vallès | 21.- Barberà del Vallès |
| 7.- El Papiol | 22.- Mollet del Vallès |
| 8.- Molins de Rei | 23.- Paret del Vallès |
| 9.- Sant Feliu de Llobregat | 24.- Granollers |
| 10.- Sant Joan Despi | 25.- Cardedeu |
| 11.- L'Hospitalet de Llobregat | 26.- Llinars del Vallès |
| 12.- El Prat de Llobregat | 27.- Montseny |
| 13.- Sitges | 28.- Sant Celoni |
| 14.- Vilanova I la Geltrú | 29.- Arenys de Mar |
| 15.- Vilafranca del Penedès | 30.- Mataró |

Infraestructures

- a.- AP-2 (autopista)
- b.- AP-7 (autopista)
- c.- B-30 (autopista)
- d.- Aeroport

Ambient

- e.- Collserola
- f.- Riu Llobregat
- g.- Riu Besòs
- h.- Planes del Vallès

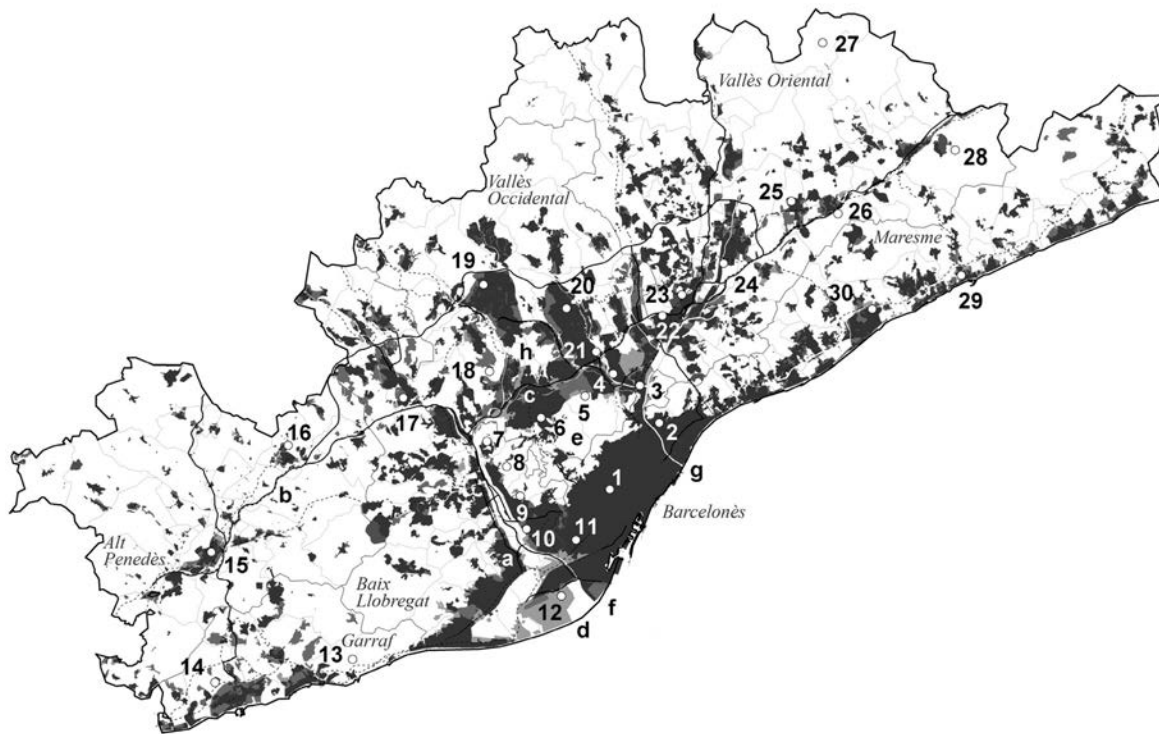


FIGURA 1.3 Cas únic d'estudi: la regió metropolitana de Barcelona a Catalunya

Font: Masip-Tresserra (2016).

La regió metropolitana de Barcelona és l'aglomeració urbana principal de Catalunya, que és un territori d'uns 7,5 milions d'habitants localitzat al sud-oest d'Europa. El Producte Interior Brut (GDP, per les sigles en anglès) de Catalunya (314\$ bilions) excedeix el de Portugal i Hong Kong, i el seu GDP per càpita de 35.000\$ és superior, per exemple, al de Corea del Sud i al d'Itàlia (Harvard Political Review, 2014). En vista d'aquests indicadors econòmics, no és sorprenent que Catalunya sigui un dels motors econòmics d'Espanya: representa un 20 per cent del total de GDP d'Espanya, contribueix al voltant d'un 25 per cent dels ingressos fiscals del govern central, i és responsable del 35 per cent de totes les exportacions espanyoles, incloent un 45 per cent de les exportacions en sectors d'alta tecnologia (op. cit.).

La regió metropolitana de Barcelona, tal i com es mostra en la Figura 1.3, inclou el territori prèviament delimitat pel Pla Director de l'Àrea Metropolitana de Barcelona del 1966. No obstant, no ha estat fins al

2010, amb l'aprovació del PTMB, que aquesta delimitació metropolitana ha estat dotada amb un marc competencial i jurídic per a la planificació territorial. La regió està formada per 164 municipis agrupats en 7 comarques: Alt Penedès, Baix Llobregat, Barcelonès, Garraf, Maresme, Vallès Occidental, i Vallès Oriental. En l'actualitat, la regió metropolitana de Barcelona comptabilitza aproximadament 5 milions d'habitants, representant així més del 65 per cent de la població total de Catalunya. A més, la regió metropolitana de Barcelona, considerant les aglomeracions metropolitanes europees, és la segona en densitat de població, la sisena en nombre d'habitants, i la desena en GDP (OECD, 2012). La resta d'informació que podria ésser d'interès sobre la regió metropolitana de Barcelona, tot considerant, per exemple, noms de ciutats i de xarxes d'infraestructures, apareix representada en la [Figura 1.3](#).

§ 1.7 Mètodes de recerca i dades

Aquesta tesi doctoral utilitza diversos mètodes de recerca i dades per tal d'abordar les preguntes de recerca específiques formulades en la [secció 1.5](#) i explorar la relació entre policentrisme i eficiència territorial en les àrees metropolitanes considerant, en concret, com aquesta relació es manifesta a la regió metropolitana de Barcelona. Els mètodes utilitzats inclouen mètodes qualitius com l'anàlisi discursiu i la revisió teòrica per respondre la primera pregunta de recerca específica. A més, aquesta tesi utilitza mètodes quantitius per abordar tant la segona com la tercera i quarta pregunta de recerca específica. En concret, aquesta tesi utilitza el modelatge d'equació estructural (multinivell) Bayesiana (vegeu, p. ex., [Asparouhov i Muthén, 2015](#); [Muthén i Asparouhov, 2012](#)), les prediccions Bayesiana Empírica (vegeu, p. ex., [Skronkali Rabe-Hesketh, 2009](#)) i la simulació Monte Carlo (vegeu, p. ex., [Monney, 1997](#)) entre altres mètodes quantitius. És important indicar que, a partir de l'aplicació d'aquests mètodes quantitius, aquesta tesi doctoral pot explicar els efectes estimats (p. ex., elasticitats directes, indirectes, i totals) de la relació entre policentrisme i eficiència territorial a arquitectes, urbanistes, i legisladors de política pública a manera d'evidència informada.

D'altra banda, l'ús d'aquests mètodes quantitius—p. ex., el modelatge d'equació estructural (multinivell) Bayesiana—és inèdit (no han estat aplicats encara) en l'àmbit de recerca dels (des)avantatges econòmics, socials i ambientals de les possibles organitzacions espacials de l'aglomeració (p. ex., del policentrisme) en àrees metropolitanes o regions urbanes—que engloba generalment estudis procedents de l'economia urbana, de la geografia econòmica, de la geografia urbana i de la geografia del transport—malgrat els seus avantatges i per tant, aquests mètodes poden proporcionar noves respostes respecte al vincle empíric entre policentrisme i eficiència territorial. Per exemple, l'aplicació de models d'equació estructural multinivell Bayesians permet a aquesta tesi de prendre el pas innovador de conceptualitzar i identificar vincles causals omesos en la literatura existent sobre els (des)avantatges del policentrisme (p. ex., els efectes indirectes del policentrisme en els salaris intercedits pel seu impacte en els atributs del medi construït), a la vegada que evita problemes potencials d'estimació amb biaix quan s'utilitzen dades jeràrquiques resultat d'una manca de control adequat de la variació micronivell. Més detalls respecte a aquests mètodes i les seves aplicacions i contribucions s'expliquen en els corresponents capítols d'aquesta tesi.

Múltiples bases de dades han estat també emprades per respondre les preguntes de recerca específiques. Aquestes inclouen un ampli espectre de dades (agregades i jeràrquiques) proporcionades per diferents fonts, incloent les següents: l'Institut d'Estadística de Catalunya ha proporcionat dades agregades referents a la presència de facilitats urbanes en els municipis de la regió metropolitana de Barcelona i les microdades de l'Enquesta de Condicions de Vida i Hàbits de la Població de Catalunya; l'*Instituto Nacional*

de Estadística ha proporcionat dades agregades del cens de població; l'Àrea Metropolitana de Barcelona ha proporcionat dades dels usos del sòl (p. ex., residencial) per a la regió metropolitana de Barcelona; i el Departament de Política Territorial i Obres Públiques (actualment denominat com a Departament de Territori i Sostenibilitat) del Govern de Catalunya ha proporcionat dades agregades, p. ex., en relació a les distàncies mínimes per carretera (en kilòmetres) entre tots els municipis de Catalunya.

L'ús d'aquestes bases de dades permet a aquesta tesi realitzar diferents contribucions a la literatura, incloent les següents: conceptualitzar i estimar empíricament el vincle entre la mobilitat residencial de les persones, el policentrisme i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals (p. ex., menors costos de l'habitatge) i considerar l'impacte de les economies d'aglomeració en la utilitat de les persones, cosa que evita el risc de fal·làcia ecològica i proporciona més robustesa en l'elaboració de directrius d'evidència informada, doncs seran recomanacions per a la política pública que estan basades en la persona ('people-based policies' en anglès). No obstant, no ha estat sempre possible utilitzar les dades desitjades o més recents. Aquest és el cas, p. ex., de les dades del cens del 2011 que no proporcionen una anàlisi exhaustiva de la població tal i com ho feien les dades dels censos 1991, 1996 i 2001, a causa de les restriccions de pressupost dels governs, resultat de la crisi econòmica. Més detalls sobre les dades utilitzades en aquesta tesi es presenten en els capítols respectius.

§ 1.8 Organització de la tesi

L'organització d'aquesta tesi, tal i com es mostra en la [Figura 1.4](#), té tres parts. La primera part, que es compon de dos capítols ([capítol 1](#) i [2](#)), explica el marc d'una recerca que té com a objectiu l'examinació de les múltiples relacions recíproques entre policentrisme, eficiència territorial i planificació; aquest marc guia el desenvolupament d'aquesta tesi. Mentre que el [capítol 1](#) ha presentat la introducció al debat actual sobre el policentrisme, l'eficiència territorial, i la planificació territorial, tot emfatitzant els objectius i les preguntes de recerca, el cas d'estudi i els mètodes de recerca i dades utilitzades, el [capítol 2](#) aborda la primera pregunta de recerca específica i, per tant, contribueix a la literatura existent sobre el vincle entre el policentrisme i l'eficiència territorial a partir de dur a terme una revisió de l'estat de l'art i proposant avenços teòrics pel que fa a la conceptualització d'aquest vincle, per tal de permetre una examinació àmplia dels efectes del policentrisme en l'eficiència territorial d'aglomeracions metropolitanes. A més, aquest [capítol 2](#) proporciona una aplicació empírica de la conceptualització entre policentrisme i eficiència territorial, que proposa a través de considerar les aglomeracions metropolitanes existents en els països de l'OECD.

La segona part ('Policentrisme i Eficiència Territorial: tres avenços empírics') consisteix en 3 capítols que contribueixen explícitament a ampliar el coneixement existent sobre la relació entre policentrisme i eficiència territorial en les àrees metropolitanes. Cada capítol aborda una de les altres tres preguntes específiques de recerca citades més amunt. Els tres capítols examinen, a partir d'aplicar el modelatge d'equació estructural Bayesiana, entre altres mètodes de recerca, si els beneficis d'aglomeració que es desenvolupen en una estructura metropolitana policèntrica condueixen cap a una major eficiència territorial en la regió metropolitana de Barcelona. Mentre que el [capítol 3](#) es centra en les activitats (p. ex., distància de viatge) i externalitats (p. ex., emissions de CO₂ relacionades amb el transport) dels patrons de mobilitat agregada de les persones, el [capítol 4](#) considera el consum d'energia residencial. Al seu torn, el [capítol 5](#) es centra en la distribució espacial dels salaris i costos de l'habitatge. Els resultats empírics d'aquests tres capítols aporten un coneixement útil sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial (vegeu [Figura 1.4](#)).

La tercera part, que consisteix únicament d'un capítol ([capítol 6](#)), presenta tant les conclusions com l'agenda per a la recerca i la política territorial respecte a la relació entre policentrisme i eficiència territorial.

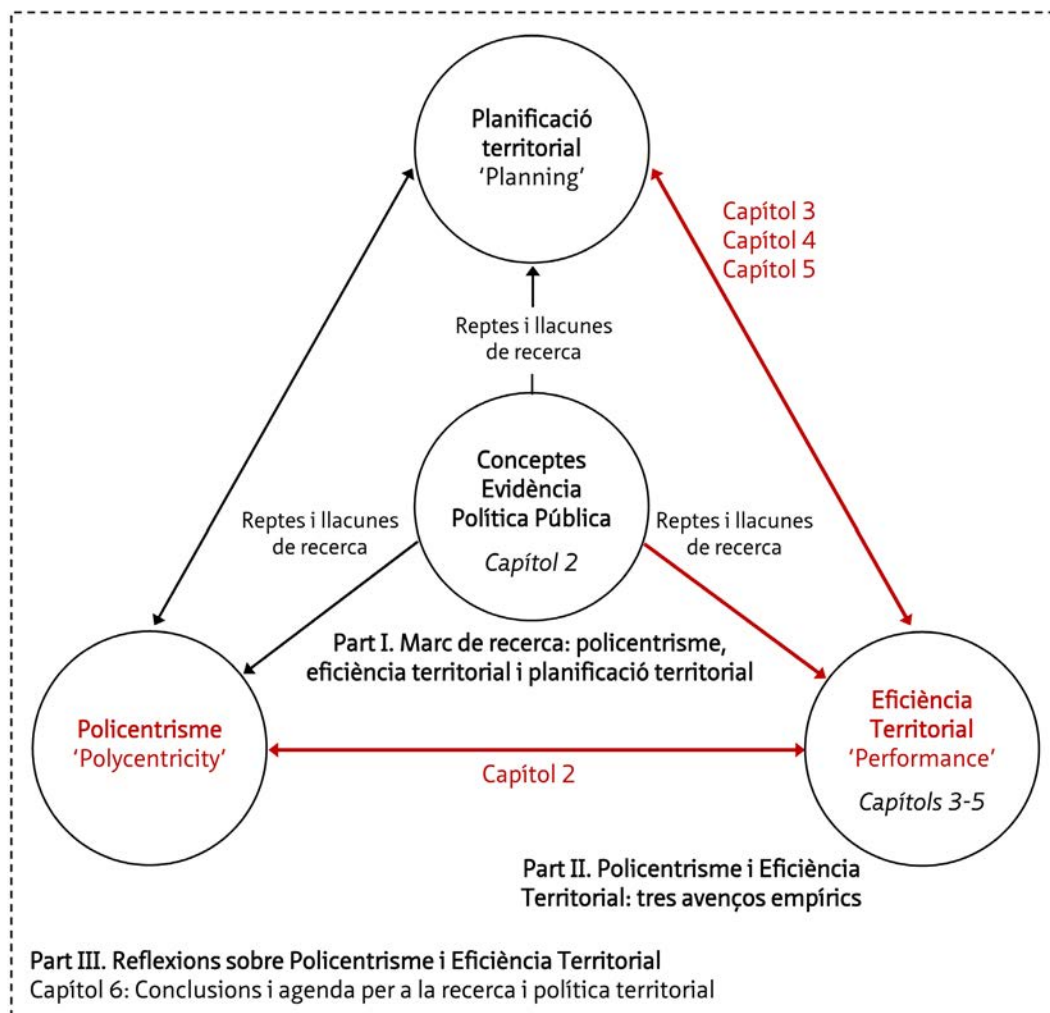


FIGURA 1.4 Visió de conjunt esquemàtica de l'organització d'aquesta tesi

Nota(es): els avenços teòrics i empírics d'aquesta tesi en relació a Masip-Tresserra (2016) estan representats en vermell.

2 Policentrisme i eficiència territorial: revisió i avenços teòrics²

§ 2.1 Introducció

L'objectiu d'aquest capítol és produir avenços teòrics en la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració a escala intrametropolitana i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals. Considerant la literatura existent en aquest àmbit, aquest capítol renova l'aproximació teòrica de la relació entre policentrisme i eficiència territorial, reunint conceptes de les externalitats de les economies d'aglomeració arrelats en disciplines diferents; d'una banda, conceptes sobre l'abast geogràfic de les externalitats de les economies d'aglomeració que han estat poc estudiats en la literatura actual sobre economia urbana i geografia econòmica, específicament el concepte d'*agglomeration shadows* i el de *borrowed size* i, d'altra banda, el concepte sobre l'abast macroterritorial de les externalitats de les economies d'aglomeració desenvolupat per la literatura sobre economia de les xarxes, específicament el concepte de *network externalities*. A més, aquest capítol proporciona una aplicació empírica de la conceptualització entre policentrisme i eficiència territorial que proposa a través de considerar les aglomeracions metropolitanes existents en països de l'OECD. L'aplicació d'aquest marc conceptual renovat en relació al vincle entre policentrisme i eficiència territorial pot permetre una exploració empírica més àmplia dels (des)avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme a l'escala metropolitana i en conseqüència, serveix de guia pel desenvolupament de la part empírica d'aquesta tesi (capítols 3, 4 i 5). Per tant, aquest capítol respon la primera de les quatre preguntes de recerca específica que aquesta tesi planteja (vegeu secció 1.5 en el capítol 1); aquesta és la següent: Com s'ha conceptualitzat la relació entre policentrisme i eficiència territorial en l'àmbit de la recerca, i com es pot renovar aquesta conceptualització per permetre una examinació més àmplia dels efectes del policentrisme?

La resta del capítol està organitzat de la següent manera. La secció 2.2 revisa l'estat de l'art respecte a la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals. Aquesta revisió de l'estat de l'art pren com a punt de partida les teories de l'aglomeració, a la vegada que també analitza els estudis empírics en la literatura actual sobre la relació entre policentrisme i eficiència territorial. La secció 2.3 proposa avenços teòrics en la conceptualització del vincle entre policentrisme i eficiència territorial i il·lustra el marc teòric que es deriva de considerar aquests avenços teòrics mitjançant una exploració empírica que utilitza com a cas d'estudi les àrees metropolitanes en països de l'OECD. Finalment, la secció 2.4 exposa les conclusions principals.

2

Aquest capítol considera i amplia el contingut de la secció '2.3. Polycentricity and Performance' del capítol 2 'State of the art on polycentricity in the literature: concepts, evidence and policy' d'una primera tesi doctoral (vegeu Masip-Tresserra, 2016) realitzada amb anterioritat pel mateix autor d'aquesta tesi. Es justifica la consideració i l'ampliació de part d'aquest contingut citat ja que aquesta tesi continua la línia de recerca definida pel Dr. Jaume Masip-Tresserra en la seva primera tesi doctoral.

§ 2.2 Policentrisme i eficiència territorial: revisió de l'estat de l'art

El principal punt d'interès en el debat acadèmic en curs sobre les configuracions espacials policèntriques té a veure amb la qüestió de fins a quin cert punt una aglomeració policèntrica és preferible a una aglomeració monocèntrica, cosa que es relaciona amb el grau en què ambdós tipus d'organitzacions espacials de l'aglomeració s'associen amb (des)avantatges econòmics, socials i ambientals. Una aproximació teòrica a aquesta qüestió, proposada pels models de la 'Nova Economia Urbana' sobre ciutats que inclouen 'subcentres' (vegeu, p. ex., [Anas i Kim, 1996](#); [Fujita i Owaga, 1982](#); [Fujita et al., 1997](#); [Sasaki i Mun, 1996](#); [White, 1999](#)), és que l'aparició de múltiples centres en una àrea metropolitana desemboca en importants avantatges competitiu. Una explicació és que les deseconomies d'aglomeració que emergeixen en una àrea metropolitana monocèntrica amb un sol centre—p. ex., pol·lució, congestió, rendes del sòl i costos de viatge més alts—es mitiguen, mentre que les empreses i les persones poden continuar beneficiant-se de les externalitats positives de les economies d'aglomeració que sorgeixen de la presència de diversos centres—p. ex., una major productivitat, més oportunitats d'innovació per a les empreses i més oportunitats a les persones per aprendre i adquirir habilitats. Per exemple, basant-se en les contribucions dels models policèntrics de la 'Nova Economia Urbana', [McMillen \(2004:255\)](#) emfatitza que *"subcentres de gran mida poden remarcablement assemblar-se al tradicional districte central de negocis, amb milers de treballadors ocupats en una àmplia varietat d'indústries. Una ciutat policèntrica—una àrea metropolitana amb un fort districte central de negocis i subcentres de gran mida—pot potencialment combinar els avantatges d'una ciutat tradicional monocèntrica i d'una forma espacial descentralitzada. Subcentres de gran mida proporcionen economies d'aglomeració a les empreses, mentre que, potencialment, redueixen les llargues distàncies i els majors temps de viatge existents en una ciutat monocèntrica"* [traducció pròpia].

L'afirmació sobre els avantatges del policentrisme encara requereix una àmplia exploració empírica, i a la literatura acadèmica existent li manca un marc conceptual que vinculi el policentrisme a l'escala metropolitana amb l'eficiència territorial, és a dir, amb els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals. Dit això, es pot apuntar una premissa important i òbvia. Independentment de si existeix una relació entre el policentrisme i una major eficiència territorial a l'escala metropolitana, aquesta associació s'hauria de conceptualitzar a través de les teories de l'aglomeració. De fet, l'excel·lent estudi sobre models teòrics i empírics policèntrics realitzat per [Anas et al. \(1998:1455\)](#) mostra que la formació de centres està estretament vinculada a les economies d'aglomeració: *"els subcentres urbans, de la mateixa manera que les pròpies ciutats, es formen a partir de la tensió entre forces d'aglomeració i de dispersió. Ambdós conjunts de forces impliquen fortes externalitats—economies externes que produeixen tendències aglomeratives, i congestió o externalitats negatives que limiten la mida i la densitat de l'aglomeració que s'assoleix"* [traducció pròpia].

La resta d'aquesta secció explica, d'una banda, el coneixement existent entre la relació entre el policentrisme i les teories de l'aglomeració, considerant els mecanismes i externalitats de les economies d'aglomeració, així com també les seves diferents dimensions o àmbits (aquests són el industrial, el geogràfic i el macroterritorial) i, d'altra banda, l'evidència empírica actual sobre els (des)avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme en la literatura.

2.2.1 Mecanismes i externalitats de les economies d'aglomeració

La concentració d'empreses i persones en les ciutats condueix cap a una major congestió i rendes del sòl més altes; malgrat això, al voltant d'un 50% de la població mundial resideix actualment en ciutats. Quins són els avantatges de les ciutats que fan que siguin capaces de compensar els costos i atraure a la

vegada tantes empreses i persones cap a elles? Com de grans són aquests avantatges i per què sorgeixen? Aquest tipus de preguntes són les que s'han abordat des de fa temps en l'àmbit de l'economia urbana i regional per explicar l'existència de les ciutats. La resposta que es dona des de l'àmbit de l'economia urbana i regional és l'existència d'una àmplia gamma d'economies d'aglomeració en les ciutats. L'estudi de les economies d'aglomeració, en aquest àmbit, s'ha centrat generalment en una sola aglomeració o ciutat, on la seva mida i densitat s'han conceptualitzat com els determinants claus per a la presència d'economies d'aglomeració. Per exemple, en el seu estudi pioner titulat *'The Economies of Urban Size'*, [Alonso \(1971\)](#) es pregunta *'how big is too big'* i *'how big is big enough'* per abordar els beneficis i costos urbans associats amb les economies d'aglomeració a mesura que la mida urbana augmenta.

En relació als beneficis urbans, un ampli conjunt d'estudis en la literatura han identificat el rol de les economies d'aglomeració envers el creixement de la productivitat (p. ex., [Ciccone, 2002](#); [Ciccone i Hall, 1996](#)) i dels salaris (p. ex., [Glaeser i Gottlieb, 2009](#); [Glaeser i Maré, 2001](#)). Altres estudis també han emfatitzat que les ciutats de més mida són les que ofereixen més oportunitats a les empreses per innovar (p. ex., [Porter, 2000](#)), a la vegada que també s'augmenta l'intercanvi d'idees, coneixement, i les interaccions socials entre empreses i persones (p. ex., [Rosenthal i Strange, 2004](#)). Altres beneficis urbans que s'originen en les ciutats de més mida són, d'una banda, una major accessibilitat a llocs de treball (p. ex., [Anas et al., 1998](#)) i a facilitats urbanes—p. ex., a serveis sanitaris (hospitals), a serveis educatius (universitats i escoles), a serveis culturals (museus i teatres) i a altres facilitats de consum (p. ex., [Clark et al., 2002](#); [Glaeser et al., 2001](#))—i, d'altra banda, una major qualitat de vida ([Quigley, 1998](#)). No obstant, les ciutats de més mida també presenten costos d'aglomeració; aquests poden mitigar i, fins i tot, reinvertir els beneficis d'aglomeració quan les ciutats excedeixen la seva 'mida òptima' ([Capello i Camagni, 2000](#)). En relació als costos urbans, la literatura ha identificat el paper desenvolupat per la mida de les ciutats envers la presència d'una major congestió (p. ex., [McMillen i Smith, 2003](#)), pol·lució (p. ex., [Richardson, 1972](#)), i d'altres rendes del sòl (p. ex., [White, 1999](#)) i de l'habitatge (p. ex., [Jeanty et al., 2010](#)).

Les explicacions existents en la literatura sobre els mecanismes que originen les economies d'aglomeració no són recents i vénen de lluny, tant com la constatació de l'existència d'externalitats (beneficis i costos) de l'aglomeració. Originàriament, les explicacions sobre les causes o mecanismes de les economies d'aglomeració es troben en els estudis de [Smith \(1776\)](#) i [Marshall \(1920\)](#), on aquest últim apunta que els avantatges que sorgeixen de les ciutats amb major mida es deuen (1) a 'vessaments tecnològics' ('*technological spillovers*' en anglès), (2) a 'la posada en comú del mercat laboral' ('*labor pooling*' en anglès), i (3) als 'vincles d'inputs intermedis' ('*intermediate input linkages*' en anglès). Actualment, la literatura explica els mecanismes de les economies d'aglomeració a partir de la classificació proposada per [Duranton i Puga \(2004\)](#) i [Puga \(2010\)](#), doncs aquesta proporciona un millor coneixement del canal precís, pel qual les externalitats de l'aglomeració sorgeixen quan s'augmenta la mida urbana; p. ex., permet distingir els beneficis d'aglomeració que provenen d'una millora en la coincidència de llocs de treball (entre empreses i treballadors), dels que ho fan d'una millora en la especialització dels treballadors, que els permet augmentar la seva productivitat. En concret, [Duranton i Puga \(2004\)](#) i [Puga \(2010\)](#) identifiquen els següents tres mecanismes pels quals s'originen economies d'aglomeració: (1) 'de repartiment' ('*sharing*' en anglès), (2) 'de combinació o coincidència' ('*matching*' en anglès), i (3) 'de coneixement' ('*learning*' en anglès).

La transició d'una àrea metropolitana cap a una estructura policèntrica planteja la qüestió de si les economies d'aglomeració—en comparació a un sol centre o aglomeració—poden ser explotades i desenvolupades en un conjunt de centres (vegeu, p. ex., [Anas et al., 1998](#)). Aquesta qüestió permet vincular els tres mecanismes citats més amunt de les economies d'aglomeració i les seves externalitats amb les diferents organitzacions espacials possibles de l'aglomeració (monocèntrica versus policèntrica) i els seus avantatges econòmics, socials, i ambientals. També, aquesta qüestió permet vincular els mecanismes de *sharing*, *matching*, i *learning* amb els diferents àmbits en que es poden desenvolupar segons la literatura econòmica; aquests són els àmpliament estudiats àmbits industrial ('*industrial*

scope' en anglès) i geogràfic ('geographic scope' en anglès) (vegeu, p.ex., [Rosenthal i Strange, 2004](#)), així com també l'àmbit macroterritorial, que ha estat recentment proposat per [Camagni i Capello \(2015\)](#). Per exemple, els avantatges d'una estructura policèntrica poden estar associats més aviat en mecanismes de *sharing* que es desenvolupen en l'àmbit geogràfic de les economies d'aglomeració que no pas en mecanismes de *learning* doncs mentre que els efectes del primer tipus de mecanisme (p. ex., els efectes d'accés al mercat de béns finals i intermedis) poden sorgir per l'existència de relacions entre diferents localitzacions, els efectes del segon tipus de mecanisme requereixen d'una escala més petita (p. ex., a nivell de ciutat) perquè es desenvolupin. La resta d'aquesta subsecció revisa breument els mecanismes de *sharing*, *matching*, i *learning*, i les pròximes tres subseccions els vincula d'una banda amb un àmbit diferent de les economies d'aglomeració i d'altra banda, amb l'estructura metropolitana.

L'ocurrència de beneficis d'aglomeració per a les empreses i persones que es co-localitzen en ciutats a través de mecanismes de *sharing* prenen la forma d'una major eficiència en termes de compartir (1) béns i facilitats indivisibles, (2) varietat de proveïdors d'insums, (3) guanys de l'especialització individual, i (4) mà d'obra amb habilitats similars ([Duranton i Puga, 2004](#); [Puga, 2010](#)). Els beneficis respecte a compartir béns i facilitats indivisibles, com ara infraestructures locals, universitats, hospitals i altres facilitats urbanes, s'entenen de la següent manera. Un cop determinat el cost fix associat a compartir un bé o facilitat, com més població comparteixi aquesta facilitat, menys serà el cost per usuari. Els avantatges pel que fa a compartir una varietat de proveïdors d'insums s'entenen com un estalvi de costos (p. ex., de transport) que les empreses subministrades aconseguen degut a la proximitat geogràfica. En termes de guanys per a l'especialització individual, els beneficis s'obtenen a través de l'augment en productivitat, que s'origina no tant pel fet que una major presència de treballadors en una activitat determinada pugui habilitar duu a terme noves tasques, sinó més aviat pel fet que aquests treballadors es puguin especialitzar en un conjunt més limitat de tasques. Els guanys per compartir mà d'obra amb habilitats similars s'expliquen pel fet que una major concentració de llocs de treball pot neutralitzar els impactes idiosincràtics i facilitar la transferència de mà d'obra des d'empreses de baixa productivitat a les d'alta productivitat.

El sorgiment d'externalitats positives d'aglomeració per a les empreses i persones que es concentren en ciutats, mitjançant mecanismes de *matching*, fan referència a la millora (1) de les oportunitats i (2) de la qualitat (3), tot mitigant els problemes en termes de coincidència entre empreses i treballadors i entre empreses i proveïdors ([Duranton i Puga, 2004](#); [Puga, 2010](#)). La millora de les oportunitats de coincidència, p. ex., entre empreses i treballadors, s'explica pel fet que en un mercat amb més ofertes de feina que es poden explorar simultàniament, resultat d'una alta co-localització d'empreses, faci que també sigui menys probable que cap d'aquestes oportunitats sigui apropiada per un treballador determinat. Similarment, aquesta major probabilitat de coincidència existent en mercats més amplis (és a dir, p. ex., amb una alta concentració d'ofertes de feina) també explica els guanys de qualitat, doncs permet a les empreses i treballadors 'ser més exigents' a partir de reduir una mica la probabilitat d'èxit. Al seu torn, l'alta co-localització d'empreses i persones permet que el perfil (p. ex., considerant el nivell educatiu) dels treballadors sigui més densament considerat per les empreses, cosa que redueix els costos derivats dels desajustos entre empreses i persones en processos d'ocupació.

L'ocurrència de beneficis d'aglomeració per a les empreses i persones que es co-localitzen en ciutats a través de mecanismes de *learning*, prenen la forma de majors oportunitats de 'contacte cara-cara', cosa que es tradueix en una major facilitat per (1) generar, (2) difondre, i (3) acumular coneixement ([Duranton i Puga, 2004](#); [Puga, 2010](#)). Exemples d'aquesta major facilitat per difondre i acumular coneixement són les interaccions (difusió de coneixement) entre treballadors que ocorren en major freqüència; on els treballadors amb menys experiència poden primer adquirir habilitats dels treballadors amb més experiència (acumulació de coneixement). Els avantatges, pel que fa a la generació de nou coneixement, tenen més a veure amb la major diversitat que s'aconsegueix d'una alta co-localització d'empreses i persones, doncs aquesta, p. ex., promou més la recerca i experimentació cap a la innovació.

2.2.2 Abast industrial de les economies d'aglomeració

L'abast o àmbit industrial de les economies d'aglomeració s'ha relacionat amb la distinció de la literatura sobre la importància relativa de les economies de localització versus les economies d'urbanització. Aquesta distinció es basa en les discussions teòriques i empíriques sobre si les economies d'aglomeració estan més estretament associades amb majors economies d'escala, forjades en economies de localització específiques a una indústria (també anomenades economies d'escala Marshall-Arrow-Romer, [Marshall, 1920](#)), o en la diversificació entre les indústries ubicades en la ciutat (també anomenades economies d'urbanització ([Jacobs, 1969](#))). En altres paraules, la literatura s'ha qüestionat si les economies d'aglomeració (i els diferents mecanismes que les originen) es relacionen més amb la concentració d'una indústria (economies de localització) o en la mida pròpia de la ciutat (economies d'urbanització). Malgrat que les prediccions teòriques apunten que les economies d'aglomeració estan més associades amb la mida de la ciutat, els resultats empírics no condueixen cap a resultats conclouents al respecte (vegeu, p. ex., [Glaeser et al., 1992](#); [Henderson et al., 1995](#)) i, per tant, no existeix un consens en la literatura sobre si són les economies de localització o les d'urbanització les més adequades per facilitar l'augment dels beneficis d'aglomeració quan l'estructura espacial urbana està definida per un sol centre.

Per contra, una àrea metropolitana policèntrica ha estat sovint percebuda com un entorn econòmic interessant per a les empreses, a causa dels múltiples tipus d'economies d'aglomeració (economies de localització i d'urbanització) que coexisteixen en diferents centres i en les àrees ubicades entre aquests (p.ex., [Duranton i Puga, 2005](#)), proporcionant així a les empreses un avantatge competitiu afegit que sorgeix principalment de mecanismes de *sharing* i *learning*. Per exemple, [Duranton i Puga \(2001\)](#) sostenen que les empreses poden beneficiar-se d'un entorn urbà en el qual centres especialitzats (economies de localització) i diversificats (economies d'urbanització) coexisteixen, ja que primer es podrien localitzar en un centre diversificat que actuaria com a 'viver', facilitant la seva participació de serveis i infraestructures amb altres empreses—no específiques de la seva indústria—(*sharing*) fins que trobin el seu procés de producció ideal (*learning*). A continuació, aquestes empreses es podrien relocalitzar cap a un centre especialitzat, tant per evitar alts costos de producció com per iniciar producció en massa. Al seu torn, [Parr \(2002, 2004\)](#) afegeix dos altres avantatges: el primer fa referència als vincles entre indústries (empreses) i, principalment, als mecanismes de *sharing* i *matching*, mentre que el segon té a veure amb la complexitat de les empreses i al mecanisme de *sharing*. En concret, el primer tipus d'avantatge està relacionat amb el procés multi- o seqüencial de producció, que implica a empreses localitzades en diversos centres que ajusten el producte final, mentre que el segon tipus d'avantatge està relacionat amb les oportunitats per a les empreses ubicades en diferents centres per compartir costos de transport i de transacció.

D'altra banda, la literatura sobre la formació i identificació de centres (p. ex., [Anas et al., 1998](#); [McMillen i McDonald, 1998a](#)) sosté avantatges addicionals en termes socials i ambientals que estan relacionats amb la presència de múltiples tipus d'economies d'aglomeració. En concret, aquesta literatura suggereix que la trajectòria de desenvolupament d'un centre, tant pot estar vinculada a un predomini de les economies d'urbanització (aquest seria el cas dels centres de gran mida que s'han incorporat o fusionat a una àrea metropolitana en expansió), com de les economies de localització (aquest seria el cas de centres originats a partir de processos de descentralització) i que, aquestes diferents economies d'aglomeració, segons el seu abast industrial, tenen diferents implicacions socials i ambientals. Per exemple, [McMillen \(2001a:1\)](#) remarca els efectes positius dels centres de gran mida en el transport públic d'aquesta manera: *"el sistema de transport públic pot ser dissenyat per servir subcentres. Els busos poden ajudar a alleujar una congestió severa, i les línies de ferrocarril poden ser pensades per servir els subcentres de més mida. Els subcentres de més mida podrien disposar de suficients llocs de treball per a justificar un disseny de sistema de transport públic que aconseguís relocalitzar els treballadors de la ciutat central cap a altres subcentres, la qual cosa ajudaria a mitigar els problemes de desajustos espacials entre els llocs de treball de la ciutat central i els seus treballadors"* [traducció pròpia].

2.2.3 Abast geogràfic de les economies d'aglomeració

L'abast o àmbit geogràfic de les economies d'aglomeració s'ha associat amb la distància física (proximitat geogràfica) en què les economies d'aglomeració tenen la capacitat d'exercir els seus efectes. Aquest abast de les economies d'aglomeració explica el perquè les empreses i persones que es localitzen a prop dels centres d'una àrea metropolitana policèntrica obtenen més beneficis que les empreses i persones que s'ubiquen en localitzacions més llunyanes dels centres. De fet, la literatura que té com objectiu identificar els centres de les aglomeracions metropolitanes sosté que, per verificar l'existència d'un model policèntric, cal examinar empíricament si el nivell d'economies d'aglomeració experimenta un 'efecte de deteriorament amb la distància' a mesura que la proximitat als centres identificats disminueix—en altres paraules, si els beneficis d'aglomeració dels centres s'atenuen amb la distància (vegeu, p. ex., [McDonald i Prather, 1994](#); [McMillen i Lester, 2003](#)). A més, en aquest conjunt d'estudis, l'aglomeració s'aproxima a través de la densitat (vegeu, p. ex., [Rosenthal i Strange, 2004](#)); per tant, s'ha utilitzat amb freqüència la densitat de llocs de treball com a *proxy* per examinar l'atenuació de les economies d'aglomeració.

No obstant, aquesta no és l'única aproximació existent en la literatura per examinar l'abast geogràfic de les economies d'aglomeració. Un altre conjunt d'estudis ha explorat l'extensió espacial de les economies d'aglomeració identificant els seus mecanismes d'aglomeració subjacents i avaluant els efectes de les economies d'aglomeració a l'escala on són més potents (p. ex., [Desmet i Fafchamps, 2005](#); [Rosenthal i Strange, 2003](#)). Aquests estudis apunten que els mecanismes de *matching i learning* són més predominants a curtes distàncies i, per tant, els seus efectes són més propensos a romandre a escala de ciutat, mentre que els efectes de *sharing* (p. ex., els efectes d'accés al mercat de béns finals i intermedis) tendeixen a dispersar-se envers les àrees de l'entorn d'aquesta i, fins i tot, cap a la resta de la regió (vegeu, p. ex., [Rosenthal i Strange, 2003, 2008](#)). L'avaluació de l'extensió espacial de les economies d'aglomeració per part d'aquest conjunt d'estudis s'ha dut a terme mitjançant la consideració del 'potencial de mercat' d'una àrea que inclou tant la mida d'aquesta àrea com les mides de les àrees del seu entorn (p. ex., [Combes et al., 2008, 2010](#); [Melo i Graham, 2009](#)), així com també a partir de considerar la concentració econòmica o poblacional a diferents distàncies d'una mateixa localització (p. ex., distàncies entre 0 i 5 km, entre 5 i 10 km, entre 10 i 20 km i així successivament cada 10 km fins als 100 km). L'abast geogràfic de les economies d'aglomeració es determina, d'aquesta manera, per la distància en la qual els seus efectes ja no són estadísticament significatius. Per exemple, [Di Addario i Patacchini \(2008\)](#) mostra, considerant el context europeu, que les economies d'aglomeració s'atenuen amb la distància fins als 12 km i que, a partir d'allà, ja no són significants, mentre que [Rosenthal i Strange \(2008\)](#) identifica que aquest lílindar es situa a les 25 milles en el context dels Estats Units.

2.2.3.1 Borrowed size

Dins del context de l'extensió espacial de les economies d'aglomeració és important esmentar dos conceptes que, malgrat la seva important contribució a la comprensió dels (des)avantatges econòmics, socials i ambientals dels diferents tipus d'organització espacial de l'aglomeració (p. ex., monocentrisme versus policentrisme), han estat poc estudiats en la literatura existent dins de l'àmbit de l'economia urbana i de la geografia econòmica. Específicament, aquests dos conceptes són el de *borrowed size* i el d'*agglomeration shadows*.

El concepte de *borrowed size* ha estat desenvolupat per [Alonso \(1973\)](#) per tal de teoritzar sobre la desconexió entre la mida i les externalitats de l'aglomeració de les ciutats més petites que formen part d'una aglomeració metropolitana policèntrica, tant en termes de funcions urbanes (p. ex., presència d'universitats, hospitals i museus) com d'atributs urbans (p. ex., nivell de productivitat laboral o de salari per càpita). En concret, [Alonso \(1973:200\)](#) defineix el concepte de *borrowed size* ('mida prestada') de la següent manera: "el concepte d'un sistema de ciutats té moltes facetes, però una

de particular interès...és el concepte de mida prestada, pel qual una ciutat o àrea metropolitana petita exhibeix algunes de les característiques d'una de més gran si està pròxima a altres centres de població" [traducció pròpia]. A més, es podria argumentar que segons [Alonso \(1973:200\)](#) el concepte de 'mida prestada' està intrínsecament lligat d'una banda, a l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i el balanç entre els beneficis i costos de l'aglomeració i, d'altra banda, als mecanismes de l'aglomeració de *sharing* i *matching*: "En termes simples, mentre que conserven molts dels avantatges de les ciutats més petites, com ara nivells més baixos de congestió, gaudeixen dels avantatges de les ciutats més grans a través de la seva accessibilitat a altres centres. Els seus residents poden utilitzar les facilitats comercials i d'oci d'altres ciutats que complementen les seves pròpies; les seves empreses poden compartir facilitats com ara serveis d'emmagatzematge i de negoci; i els seus mercats de treball gaudeixen d'una gamma més àmplia i flexible d'oferta i demanda" [traducció pròpia].

És a dir, darrere d'aquesta argumentació d'Alonso, es pot afirmar que la tensió entre les característiques individuals dels assentaments urbans i les interaccions entre aquests assentaments urbans podria donar com a resultat una tendència de les ciutats més petites a ser capaces d'assolir alguns dels beneficis d'aglomeració relacionats amb la mida urbana d'un centre a través 'd'agafar prestada' (*borrowing*) la mida de les seves ciutats veïnes més grans, a la vegada que també són capaces d'evitar els costos de l'aglomeració associats a les ciutats més grans³. No obstant, l'anterior argumentació d'Alonso mescla, d'una banda, població amb funcions i, d'altra banda, els efectes de la mida de les ciutats en termes d'oferta amb els de demanda, cosa que suggereix que el concepte de *borrowed size* es podria interpretar de forma diversa.

En aquest sentit, [Burger et al. \(2015\)](#) mostra, a partir de considerar les Àrees Urbanes Funcionals (FUA, per les sigles en anglès) del Nord-oest d'Europa, que la ciutat de més mida de cada FUA *borrow*s la mida de les ciutats més petites dins de la mateixa FUA per tal d'aconseguir una concentració més alta de facilitats culturals que la que s'esperaria en base a la seva mida local. Similarment, [Meijers et al. \(2016\)](#) indica, tot considerant les Àrees Urbanes Morfològiques (MUA, per les sigles en anglès) del Nord-oest d'Europa, que una forta connectivitat a xarxes internacionals és més important que la mida local de la MUA per tal d'obtenir un nivell de concentració més alt en certes funcions urbanes (p. ex., presència de seus centrals d'empreses i d'organitzacions internacionals) que la que es pot esperar en base a la seva mida local. En la mateixa línia que aquests dos estudis, [Meijers i Burger \(2017\)](#) emfatitza, d'una banda, que les ciutats de més mida (més de 500.000 habitants), en comparació a les més petites (menys de 76.000 habitants), són les que més aprofiten la mida poblacional total de la FUA; no obstant, aquest estudi també mostra que en termes d'efectes de *borrowed size*, no existeixen diferències estadísticament significatives entre aquelles FUA que presenten una estructura espacial monocèntrica de l'aglomeració i les que disposen d'una estructura policèntrica. Al seu torn, però, [Camagni et al. \(2015, 2016\)](#) apunta, tot considerant les Grans Zones Urbanes (LUZ, per les sigles en anglès) d'Europa, que la ciutat de més mida de cada LUZ no és capaç d'explotar significativament la mida poblacional de les ciutats del seu entorn per tal d'assolir majors nivells de productivitat urbana.

D'altra banda, a través de la proximitat (accés) a les funcions urbanes de les ciutats més grans, el concepte de *borrowed size* es podria referir directament als avantatges que s'originen a partir d'una àmplia demanda laboral, d'una major accessibilitat a serveis, i també dels efectes secundaris de la proximitat espacial a les funcions urbanes de les grans ciutats. Aquesta segona interpretació, en canvi, apuntaria, doncs, l'existència d'avantatges per a les ciutats més petites, ja que aquestes podrien 'absorbir' (*borrowing*), a causa de la seva proximitat, part de les externalitats positives de les economies d'aglomeració de les grans ciutats.

3

[Parr \(2002, 2004\)](#) argumenta que els costos de l'aglomeració estan proporcionalment més confinats als límits geogràfics de les ciutats en comparació als beneficis d'aglomeració i desenvolupa el concepte de *regional externalities* ('externalitats regionals') per tal de definir aquesta peculiaritat de les externalitats de les economies d'aglomeració. Similarment, [Phelps et al. \(2001\)](#) defineix com a *externality fields* ('camps d'externalitat') el fenomen que els avantatges urbans de les ciutats s'estenguin més enllà dels seus límits en major mesura que els seus costos.

Per tant, aquesta aproximació al concepte de *borrowed size* equival a la conceptualització ja existent de l'abast geogràfic de les economies d'aglomeració en la literatura i, en concret, dels avantatges dels efectes de proximitat als centres d'una àrea metropolitana policèntrica. És a dir, aquesta interpretació del concepte de *borrowed size*, d'una banda pot explicar les bases econòmiques del desenvolupament suburbà en les àrees metropolitanes que condueixen cap a l'emergència de nous centres (anomenats subcentres o *edge cities*, vegeu, p. ex., [Garreau, 1991](#)) formant estructures policèntriques—p. ex., explicaria els avantatges de localització d'aquests nous centres suburbans de mida més petita per a les empreses i les persones, ja que aquests nous subcentres tindrien la capacitat 'd'agafar prestats' els beneficis d'aglomeració de la ciutat central (centre de més mida) fent ús de la seva proximitat—i, d'altra banda, és coherent amb la literatura prèviament citada que ha examinat l'existència d'un model policèntric, considerant l'atenuació dels beneficis d'aglomeració dels centres (p. ex., [McMillen i Lester, 2003](#)), com la que ha avaluat fins a quin cert punt les economies d'aglomeració s'estenen geogràficament més enllà dels límits de les ciutats (p. ex., [Rosenthal i Strange, 2003](#)). En aquest sentit, [Phelps \(1998\)](#) i [Phelps et al. \(2001\)](#) mostra com les empreses que s'ubiquen en les àrees més pròximes a Londres (p. ex., Croydon) es beneficien tant de les externalitats positives de les economies d'aglomeració de Londres, com ara de l'accés a mà d'obra especialitzada i serveis empresarials, com de menors externalitats negatives de l'aglomeració pel fet d'estar localitzades en ciutats de menys mida (p. ex., una menor congestió i rendes més baixes).

2.2.3.2 Agglomeration shadows

El concepte d'*agglomeration shadows* fa referència a una de les principals prediccions dels models teòrics policèntrics desenvolupats per la 'Nova Geografia Econòmica' (vegeu, p. ex., [Fujita et al., 1999a, 1998b](#); [Krugman, 1993](#)) i teoritza, a partir de considerar l'extensió espacial (geogràfica) de les economies d'aglomeració, sobre quin és l'efecte de les ciutats de més rang (les de més mida) sobre el creixement de les ciutats de menor rang (de menys mida) del seu entorn. En concret, el concepte d'*agglomeration shadows* ('ombres d'aglomeració') sosté l'existència 'd'efectes de l'ombra sobre el creixement' (*growth shadow effects*) des de les ciutats més grans cap a les àrees del seu entorn, cosa que significa que la concentració d'activitat econòmica (empreses) i la quantitat de desenvolupament urbà (creixement) en àrees properes a les ciutats més grans serien limitades a causa d'efectes de competència ([Dobkins i Ioannides, 2001](#); [Partridge et al., 2007, 2008b, 2009a](#)). D'altra banda, l'existència d'ombres d'aglomeració i, per tant, d'efectes de competència, evitarien el sorgiment de ciutats de rang (mida) similar en una proximitat massa estreta entre elles ([Krugman, 1993](#)).

La verificació empírica de les ombres d'aglomeració en la literatura existent no condueix cap a resultats concloents. [Dobkins i Ioannides \(2001\)](#), a partir d'examinar el creixement de població en els sistemes urbans d'Estats Units, conclou que la distància a les ciutats de més rang no determina sempre el creixement de les àrees del seu entorn. [Partridge et al. \(2009a\)](#) mostra que el creixement de població a les àrees urbanes de menys mida manté una relació positiva amb la proximitat al centre de més rang. Similarment, [Partridge et al. \(2008b\)](#) emfatitza que una major distància des de les ciutats de més rang afecta negativament el creixement de població. [Burger et al. \(2015\)](#) mostra que les ciutats més petites ubicades dins d'una mateixa FUA del Nord-oest d'Europa tenen menys presència de facilitats culturals que la que s'esperaria en base a la seva mida local ja que experimenten l'ombra d'aglomeració de la ciutat més gran ubicada en cada FUA.

Aquestes discrepàncies sobre els 'efectes de l'ombra sobre el creixement' es poden explicar pel fet que mentre les ciutats de menys mida han d'afrontar forts efectes de competència espacial, també es beneficien simultàniament (a causa de la seva proximitat geogràfica) de les externalitats positives de les economies d'aglomeració de les ciutats de més rang; conduint així cap a un creixement més ràpid en termes de població que les ciutats de més rang, però no en termes d'activitat econòmica (p. ex., de

llocs de treball). És a dir, en aquest sentit, el concepte de *borrowed size* i el d'*agglomeration shadows* s'entrellacen doncs, mentre que les àrees pròximes a les ciutats de més rang podrien experimentar un fort creixement de població per beneficiar-se de les externalitats positives de les economies d'aglomeració d'aquestes ciutats més grans i evitar-ne les seves externalitats negatives, les ciutats de més mida 'agafarien prestada' la mida poblacional de les ciutats del seu entorn per tal d'obtenir més externalitats d'aglomeració de les que podrien assolir si explotessin únicament la seva mida local.

L'aproximació teòrica i la verificació empírica d'aquesta explicació s'ha considerat en l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#). Aquest estudi proposa una nova definició de centre i renova els models policèntrics teòrics i empírics desenvolupats per la literatura de la 'Nova Economia Urbana' a partir d'introduir el concepte d'ombres d'aglomeració. En concret, aquest estudi defineix (i identifica) els centres que formen l'estructura policèntrica d'una àrea metropolitana com aquelles ciutats que tenen el nivell més alt d'economies d'aglomeració en una àrea metropolitana i que projecten les ombres d'aglomeració de més ample abast (espacialment) i més potents sobre els seus entorns. D'altra banda, corrobora empíricament que el creixement de la densitat de llocs de treball disminueix a mesura que la distància geogràfica als centres identificats augmenta. Una definició equivalent a la d'aquest estudi seria que els centres són aquelles ciutats que tenen el nivell més alt d'economies d'aglomeració en una àrea metropolitana i que millor exploten la mida local dels seus entorns per obtenir majors externalitats d'aglomeració que les que s'esperaria en base a la seva mida local.

2.2.4 Abast macroterritorial de les economies d'aglomeració

L'abast o àmbit macroterritorial de les economies d'aglomeració ha estat recentment proposat per [Camagni i Capello \(2015\)](#) per tal d'explicar la desconexió entre el desenvolupament d'economies d'aglomeració i la mida de les ciutats. Tradicionalment, l'èxit de les ciutats s'atribueix a l'existència d'economies d'aglomeració que es desenvolupen localment, on les grans ciutats són les més exitoses ([Glaeser, 2011](#)). No obstant, resultats empírics d'estudis recents (vegeu, p. ex., [Dijkstra et al., 2013](#)) mostren com les ciutats d'una mida mitjana o petita obtenen sovint un major creixement i millors resultats econòmics que les ciutats més grans.

En aquest sentit, un conjunt d'estudis recents ([Camagni i Capello, 2004, 2015](#); [Camagni et al., 2015, 2016](#); [Johansson i Quigley, 2004](#)) aborda aquesta qüestió teoritzant sobre els determinants de les economies d'aglomeració, més enllà de la mida de les ciutats i basant-se en el paradigma del 'Sistema en Xarxa' o 'Xarxes Urbanes' ('Network System' i 'Urban Networks' en anglès). Aquest paradigma reformulava els plantejaments de la 'Teoria del Lloc Central' ([Christaller, 1933](#)) sobre els sistemes urbans i, principalment, formula que els sistemes urbans contemporanis estan basats, d'una banda, en processos d'especialització i de concentració de funcions urbanes en centres de menor rang i, d'altra banda, en vincles bidireccionals i horitzontals (p. ex., relacions de cooperació i de complementarietat) entre centres de rang similar o diferent (vegeu [Batten, 1995](#); [Camagni, 1993](#); [Camagni i Salone, 1993](#)).

La lògica, doncs, darrere de l'abast macroterritorial de les economies d'aglomeració, tal i com [Camagni i Capello \(2015\)](#) sostenen, és que l'aglomeració també proporciona beneficis (i costos) a les empreses i persones a partir d'explotar relacions i fluxos de xarxes de complementarietat i cooperació entre centres localitzats en la mateixa aglomeració metropolitana, però també entre centres de diverses ciutats-regions, definint així xarxes d'escala regional, estatal i internacional. Per exemple, [Camagni i Capello \(2015:1047\)](#) argumenten que tant hi pot haver grans ciutats que siguin capaces d'evitar deseconomies d'aglomeració, malgrat la seva excessiva mida, com petites ciutats que experimentin costos d'aglomeració importants. Des de l'òptica de l'abast macroterritorial de les economies d'aglomeració, aquesta aparent contradicció s'explicaria, doncs, a partir de la capacitat de les ciutats per contrarestar les externalitats negatives de

les economies d'aglomeració a través d'una forta integració de xarxa amb altres ciutats; integració de xarxa que pot prendre la forma d'economies d'integració vertical i de la divisió del treball ('xarxes de complementarietat') o d'economies de cooperació ('xarxes de sinergia').

Aquests dos mecanismes d'integració de xarxa deriven en avantatges i costos urbans, que han estat denominats per la literatura tant com a 'externalitats de xarxa urbana' (Capello i Camagni, 2000) com a 'externalitats de xarxa de ciutats' (Camagni i Capello, 2004; Camagni et al., 2015, 2016; Johansson i Quigley, 2004) i 'externalitats de xarxa' (Van Meeteren et al., 2016). Aquest concepte d'externalitats de xarxa, que segons la literatura té a veure amb la importància de considerar també l'abast macroterritorial de les economies d'aglomeració, aborda la principal limitació de l'abast geogràfic de les economies d'aglomeració. Aquesta és la consideració que només la mida i la proximitat a les ciutats són el determinant de les economies d'aglomeració i, per tant, l'abast macroterritorial afegeix tant a la idea de l'existència de beneficis derivats de la proximitat als centres com al concepte de *borrowed size*, que les externalitats de les economies d'aglomeració de les ciutats 's'atenuen' o 'es deixen prestades', no només gràcies a la proximitat als centres, sinó que també es desenvolupen gràcies a les relacions i fluxos de naturalesa horitzontal i no jeràrquica entre centres similars o complementaris, ubicats lluny l'un dels altres, amb la intenció d'assolir externalitats de xarxa (Camagni i Capello, 2015; Camagni et al., 2015, 2016). En aquest sentit, l'apartat que ve a continuació detalla l'evidència empírica sobre la relació entre el concepte d'externalitats de xarxa i els beneficis/costos urbans en la literatura existent.

2.2.4.1 Network externalities

El concepte de *network externalities*, tal i com s'ha definit a l'anterior apartat, fa referència al desenvolupament d'externalitats positives (o negatives) de les economies d'aglomeració, quan aquestes són compartides en xarxes de centres tant a nivell regional, estatal com internacional, doncs, a diferència de les externalitats de l'aglomeració que sorgeixen principalment de la mida i de la proximitat a les ciutats, l'emergència d'externalitats de xarxa té més a veure amb la integració entre ciutats a qualsevol escala territorial i, per tant, és on l'efecte de la distància i la mida d'aquestes pot esdevenir negligible.

En aquesta línia, Camagni et al. (2015), tot considerant les LUZ d'Europa i mesurant el grau d'integració de xarxa de cooperació de les ciutats que formen cada LUZ, ressaltava, d'una banda, que aquelles ciutats que no estan integrades en xarxa, la relació que estableixen amb els beneficis urbans pren la forma de U invertida—és a dir, Camagni et al. (2015) corrobora l'existència d'una 'mida òptima' (Capello i Camagni, 2000) per la qual, quan una ciutat excedeix la seva 'mida òptima', les economies d'aglomeració que resulten de la seva mida local es transformen en deseconomies. D'altra banda, aquest estudi també apunta que aquelles ciutats que estan fortament integrades en xarxa, malgrat puguin presentar una excessiva mida, continuen generant importants beneficis urbans ja que transformen les deseconomies d'escala que resulten de la seva gran mida en economies d'escala. Camagni et al. (2016) aporta més evidència empírica en aquest sentit i afegeix que les ciutats de menys mida es beneficien més del desenvolupament de xarxes de cooperació basades en relacions de llarga distància en comparació a les ciutats de més mida, cosa que verifica que les ciutats poden assolir economies d'aglomeració independentment de la seva mida urbana.

La importància del desenvolupament d'economies d'aglomeració quan aquestes són compartides en xarxes de ciutats també s'emfatitza en els estudis realitzats per Meijers et al. (2016) i Meijers i Burger (2017); on, en lloc de mesurar l'efecte de les externalitats de xarxa mitjançant la integració, ho fan mitjançant la connectivitat de xarxa. A més, aquests dos estudis sostenen que tant el concepte de *borrowed size* com el de *agglomeration shadows* són diferents cares d'una mateixa moneda, anomenada 'externalitats de xarxa'; és a dir, aquests estudis argumenten que una influència positiva de la connectivitat de xarxa en la presència d'economies d'aglomeració condueix cap a efectes de

'mida prestada', mentre que una influència negativa de la connectivitat de xarxa deriva cap a efectes 'd'ombres d'aglomeració' (vegeu [Meijers et al., 2016:185](#)). En concret, [Meijers et al. \(2016\)](#) mostra que, mentre que una forta connectivitat de xarxa de les MUA del Nord-oest d'Europa a nivell regional dóna com a resultat una forta competitivitat que condueix cap a una major dominància d'efectes 'd'ombres d'aglomeració', en lloc de 'mida prestada', una major connectivitat de xarxa de les MUA a nivell internacional pot conduir cap a una major concentració de seus centrals d'empreses i d'organitzacions internacionals a causa del desenvolupament d'efectes importants de 'mida prestada'.

Al seu torn, [Meijers i Burger \(2017\)](#), tot considerant la contribució teòrica de [Johansson i Quigley \(2004\)](#), basada en la possibilitat que les xarxes poguessin servir com a substitutes de l'aglomeració (vegeu [Johansson i Quigley, 2004:11](#)) i l'equivalència entre el concepte de *borrowed size* i el d'externalitats de xarxa, argumenta que les xarxes de ciutats a múltiples escales espacials i les externalitats que es desenvolupen a partir d'aquestes poden servir com un perfecte substitut dels beneficis d'aglomeració en els sistemes urbans, conduint així cap a una reconsideració de les bases geogràfiques de les economies d'aglomeració. Específicament, [Meijers i Burger \(2017:288\)](#) sosté la següent reconsideració del concepte de *borrowed size*: "*deixar-se la mida succeeix quan una ciutat exhibeix funcions urbanes i/o nivells d'eficiència que estan normalment associats amb les ciutats més grans com a conseqüència de les interaccions dins de xarxes de ciutats a múltiples escales espacials que proporcionen la substitució dels beneficis de l'aglomeració*" [traducció pròpia].

No obstant, altres estudis han indicat que les externalitats de xarxes de ciutats no són necessàriament un perfecte substitut de les economies d'aglomeració a nivell de la ciutat ([Glaeser et al., 2016](#)) o que la presència d'economies d'aglomeració tant és resultat de ciutats de gran mida com de potents xarxes entre ciutats ([Van Meeteren et al., 2016](#)). Per exemple, [Van Meeteren et al. \(2016\)](#), tot considerant empreses globals en el sector de 'serveis productius avançats' (APS, per les sigles en anglès), emfatitza que, mentre que les empreses en el subsector de l'advocacia tendeixen a concentrar-se en la mateixa ciutat, les empreses en el subsector de les finances són més propenses a teixir forts vincles entre diverses ciutats.

2.2.5 Policentrisme i eficiència territorial: evidència empírica

Tal i com s'indica a la [Taula 2.1](#), no existeix una evidència empírica concloent pel que fa al grau en què el policentrisme està associat a avantatges econòmics, socials i ambientals. En relació a l'eficiència econòmica, els estudis que han examinat els efectes del policentrisme a diverses escales espacials (aquestes són, la intraurbana, la interurbana, i la interregional) han emfatitzat generalment una associació positiva. Per exemple, [Meijers i Burger \(2010\)](#) troben que doblant el grau de policentrisme a través de les àrees metropolitanes dels Estats Units s'incrementa la productivitat laboral a escala metropolitana en una mitjana d'un 5,1%. Altres estudis han mostrat resultats positius similars en termes de creixement de llocs de treball ([García-López i Muñoz, 2013](#); [Partridge et al., 2008a](#)) i de població ([Partridge et al., 2007, 2008b, 2009a](#)). No obstant, un nombre menor d'estudis han indicat una associació negativa o estadísticament no significativa entre el policentrisme i el creixement de la població o dels llocs de treball ([Lee i Gordon, 2007, 2011](#)), la productivitat laboral ([Brezzi i Veneri, 2015](#); [Veneri i Burgalassi, 2011](#)) i la formació neta de noves empreses ([Lee i Gordon, 2011](#)).

		EFICIÈNCIA ECONÒMICA: COMPETITIVITAT ECONÒMICA			
		Indicador	Efecte positiu	Efecte negatiu	No significatiu
ESCALA ESPACIAL D'ANÀLISI	Escala intraurbana (Davoudi, 2003): model monocèntric i policèntric d'àrees metropolitanes	Densitat de llocs de treball i/o de població	<i>Estudis empírics sobre el model policèntric</i> (p.ex., McMillen i McDonald, 1998a, 1998b; McMillen, 2001b; McMillen i Lester, 2003; García-López i Muñiz, 2010; Sun et al., 2012; Masip-Tresserra, 2016)		
		Creixement dels llocs de treball	García-López i Muñiz (2013), Nam i Kim (2016)	Giuliano et al. (2012), Nam i Kim (2016)	
		Creixement de la densitat de població	García-López (2012)		
		Creixement de la densitat de llocs de treball	Masip-Tresserra (2016)		
		Productivitat laboral	Cervero (2001)		
	Escala interurbana (Davoudi, 2003): entre regions, àrees metropolitanes, àrees urbanes funcionals o sistemes urbans diaris i dins d'una regió urbana policèntrica	Creixement de la població	Partridge et al. (2007, 2008b, 2009a)		Lee i Gordon (2007), Partridge et al. (2007, 2009a)
		Creixement dels llocs de treball	Partridge et al. (2008a)		Lee i Gordon (2007, 2011)
		Productivitat laboral	Meijers i Burger (2010), Veneri i Burgalassi (2012), Meijers (2013)	Veneri i Burgalassi (2011), Fallah et al. (2011) [rol del sprawl]	Cervero (2001), Veneri i Burgalassi (2011, 2012)
		Formació neta de noves empreses			Lee i Gordon (2011), Malý (2016)
		PIB per càpita	Masip-Tresserra (2017)	Brezzi i Veneri (2015)	Brezzi i Veneri (2015)
Escala interregional (Davoudi, 2003)	Creixement de la productivitat laboral			Veneri i Burgalassi (2012)	
	PIB per càpita	Brezzi i Veneri (2015)	Meijers i Sandberg (2008), Vandermotten et al. (2008)	Meijers i Sandberg (2008), Vandermotten et al. (2008)	

TAULA 2.1 Evidència empírica de la relació entre policentrisme i eficiència territorial en la literatura

Nota(es): 1) aquells estudis que han identificat centres en sistemes urbans mitjançant l'ús d'un mètode d'identificació estan representats en lletres negreta i cursiva, mentre que aquells estudis que han identificat centres mitjançant la identificació visual d'un conjunt d'unitats espacials en el territori estan representats en lletres cursiva, 2) quan un estudi apareix en més d'una columna (p. ex., Veneri i Burgalassi, 2012) significa que il·lustra diferents efectes del policentrisme, depenent de com l'ha mesurat, 3) aquesta taula només representa l'evidència empírica del policentrisme, no el vincle entre l'estructura urbana i l'eficiència territorial, la qual cosa hagués comportat també la consideració dels estudis que solament han definit el grau de monocentrisme (p. ex., distància a la ciutat central), i 4) les contribucions a la literatura sobre la relació empírica entre policentrisme i eficiència territorial realitzades per aquesta tesi, i una anterior tesi realitzada pel mateix autor d'aquesta, estan representades en vermell.

Font: Masip-Tresserra (2016) i elaboració pròpia, que ha consistit en l'actualització (addició d'altres estudis sobre policentrisme i eficiència territorial) de la Taula 2.1' que apareix en el 'capítol 2' de l'estudi prèviament citat.

	EFICIÈNCIA SOCIAL: EQUITAT, DESIGUALTAT URBANA I BENESTAR SOCIAL				EFICIÈNCIA AMBIENTAL: SOSTENIBILITAT AMBIENTAL			
	Indicador	Efecte positiu	Efecte negatiu	No significatiu	Indicador	Efecte positiu	Efecte negatiu	No significatiu
	Temps de viatge	Bell (1991), Levinson i Kumar (1994), Suitana (2000), Wang (2000) , Levinson i Wu (2005), Kim (2008), Anas (2011), Lin et al. (2015), Suárez et al. (2015), Motte et al. (2016), Masip-Tresserra (2016) [micronivell], Masip-Tresserra (2017) [agregat]	Cervero (1989b) , Cervero i Landis (1992), Giuliano i Small (1993) , Wachs et al. (1993), Cervero (1996b), Ewing (1997), Cervero i Wu (1998) , Lowe (1998) , Gutiérrez i García-Palomares (2007), García-Palomares (2010)		Transport públic i/o altres seleccions d'un mitjà de transport sostenible (p. ex., a peu i amb bicicleta)	Bolotte (1991), Vega i Reynolds-Feighan (2008) , Naess (2005), Aguilera et al. (2009), Anas (2011), Song et al. (2012), Lin et al. (2015), Ma et al. (2015) , Masip-Tresserra (2016) [micronivell], Masip-Tresserra (2017) [agregat]	Cervero (1989a), Bell (1991) , Cervero i Landis (1992), Pivo (1993) , Naess i Sandberg (1996), Cervero i Wu (1997, 1998)	Naess (2010)
	Distància de viatge	Wachs et al. (1993), Cervero i Wu (1997) , Wang (2000) , Naess (2005), Gutiérrez i García-Palomares (2007), Kim (2008), Aguilera et al. (2009), Ma et al. (2015) , Nielsen (2015), Masip-Tresserra (2016) [micronivell], Masip-Tresserra (2017) [agregat]	Cervero i Landis (1992), Naess i Sandberg (1996), Cervero i Wu (1998) , Aguilera i Mignot (2004) , Aguilera (2005) , Naess (2006), García-Palomares (2010)	Naess (2006), Shearmur (2006)	Emissions de CO ₂ del transport	Masip-Tresserra (2016) [micronivell], Masip-Tresserra (2017) [agregat]		
	Salari anual de les persones	Masip-Tresserra (2017) [micronivell]			Emissions de CO ₂ dels habitatges	Andrews (2008), Masip-Tresserra (2017) [micronivell]	VandeWeghe i Kennedy (2007), Perkins et al. (2009)	
	Costos de l'habitatge mensual	Masip-Tresserra (2017) [micronivell]						
	Temps de viatge	Gordon i Wong (1985), Gordon et al. (1988, 1989a, 1989b, 1991), Lee (2006b) , Yang et al. (2012) , Gordon i Lee (2014)	Cervero (1989b) Schwanen i Dijst (2002), Schwanen et al. (2002, 2003, 2004), Susilo i Maat (2007), Nam et al. (2012)	Levinson i Kumar (1997), Schwanen et al. (2002, 2003, 2004), Lee (2006b) , Veneri (2010) , Hamidi et al. (2015)	Transport públic i/o altres seleccions d'un mitjà de transport sostenible	Hamidi et al. (2015)	Schwanen et al. (2001, 2002), Dieleman et al. (2002)	Schwanen et al. (2004), Nam et al. (2012), Sun et al. (2015)
	Distància de viatge	Schwanen et al. (2001), Crane i Chatman (2003), Nasri i Zhang (2014) , Angel i Blei (2016)	Schwanen et al. (2001, 2004), Dieleman et al. (2002), Melo et al. (2012), Lee i Lee (2014)	Levinson i Kumar (1997), Schwanen et al. (2001, 2004), Nam et al. (2012)	Índex d'impacte de la mobilitat (mitjà de transport i temps de viatge)	Travisi i Camagni (2005), Travisi et al. (2006, 2010)		
	Ingressos per càpita, salari mitjà anual, o distribució espacial dels ingressos	Goetz et al. (2010), Fallah et al. (2011) [rol del sprawl], Meijers (2013)	Veneri i Burgalassi (2012)	Goetz et al. (2010), Veneri i Burgalassi (2012)	Emissions de CO ₂ del transport	Veneri (2010)	Lee i Lee (2014) , Burgalassi i Luzzati (2015)	Burgalassi i Luzzati (2015)
	Distribució de la taxa d'atur	Malý (2016)		Malý (2016)	Emissions de CO ₂ dels habitatges	Glaeser i Khan (2010), Lee i Lee (2014) , Veneri i Burgalassi (2012)	Burgalassi i Luzzati (2015)	Kahn (2000), Veneri i Burgalassi (2012), Wiedenhofer et al. (2013), Lee i Lee (2014)
	Facilitats culturals o de comerç	Burger et al. (2015)	Meijers (2008), Burger et al. (2014a)	Burger et al. (2014a)	Consum de sòl		Veneri i Burgalassi (2012)	Veneri i Burgalassi (2012)
	Distribució del PIB per càpita			Vandermotten et al. (2008)				
	Taxa d'atur		Meijers i Sandberg (2008)	Meijers i Sandberg (2008)				

En termes d'eficiència social, que es centra en les implicacions socials d'una organització espacial policèntrica de l'aglomeració (beneficis i costos) per a les persones i llars, tampoc s'ha arribat a resultats concloents sobre els efectes del policentrisme. D'una banda, un primer conjunt d'estudis mostra que les configuracions espacials que són més policèntriques condueixen cap a distàncies (Ma et al., 2015; Nasri i Zhang, 2014) i temps (Gordon i Lee, 2014; Lin et al., 2015) de viatge més curts, majors salaris (Meijers, 2013; Partridge et al., 2009b) i presència de facilitats culturals (Burger et al., 2015). D'altra banda, un segon conjunt d'estudis emfatitza una relació negativa o estadísticament no significativa, no només amb els indicadors socials mencionats més amunt (Burger et al., 2014a; Goetz et al., 2010; Meijers, 2008; Schwanen et al., 2004; Veneri, 2010), sinó també en relació a altres indicadors, p. ex., la taxa d'atur (Malý, 2016; Meijers i Sandberg, 2008).

A més, els efectes del policentrisme en l'eficiència ambiental són incerts. En teoria, els beneficis d'aglomeració en una configuració espacial policèntrica podrien conduir cap a un major suport del transport públic i d'altres mitjans de transport més sostenibles, com ara la bicicleta i anar a peu, a la vegada que també podrien facilitar la reducció d'emissions de CO₂ del transport i de la pressió sobre el sòl no urbanitzat (vegeu, p. ex., Anas et al., 1998; McMillen, 2001a). En aquest sentit, alguns estudis empírics han mostrat com un sistema urbà policèntric promou, cada cop més, menys emissions de CO₂ dels habitatges (Andrews, 2008) i que les persones utilitzin al transport públic o altres mitjans de transport més sostenibles (Hamidi et al., 2015; Lin et al., 2015; Ma et al., 2015; Vega i Reynolds-Feighan, 2008), conduint així cap a una reducció de les emissions de CO₂ del transport (Veneri, 2010). No obstant, altres estudis han emfatitzat que el policentrisme no desenvolupa un rol important envers la selecció de mitjans de transport més sostenibles (Schwanen et al., 2004; Sun et al., 2015), la disminució de les emissions de CO₂ del transport (Burgalassi i Luzzati, 2015; Lee i Lee, 2014) i, fins i tot, pel que fa a la reducció de les emissions de CO₂ de les llars (Burgalassi i Luzzati, 2015; Perkins et al., 2009) i del consum de sòl (Veneri i Burgalassi, 2012).

La següent secció 2.3, entre altres motivacions, detalla les raons per les quals existeixen aquestes discrepàncies entre resultats empírics sobre els efectes del policentrisme a partir de considerar la revisió de l'estat de l'art sobre la relació entre el policentrisme i les teories de l'aglomeració, dut a terme en les anteriors subseccions.

§ 2.3 Policentrisme i eficiència territorial: avenços teòrics

2.3.1 Crítica a la literatura existent

2.3.1.1 Als estudis empírics entre policentrisme i eficiència territorial

Els resultats no concloents en la literatura actual sobre la relació entre policentrisme i eficiència territorial es poden explicar, no només per les diferents aproximacions existents sobre la definició i identificació del policentrisme a diverses escales territorials, sinó també per com aquestes aproximacions han mesurat els efectes del policentrisme.

En relació amb les diferents aproximacions existents en la literatura sobre la mesuració dels efectes del policentrisme, una primera aproximació consisteix en el conjunt d'estudis que han mesurat els efectes del policentrisme a l'escala intrametropolitana (o intraurbana). En general, aquests estudis identifiquen els centres d'una àrea metropolitana i, posteriorment, examinen fins a quin cert punt els

beneficis d'aglomeració dels centres contribueixen a una millor eficiència territorial. Per fer-ho, aquesta aproximació examina els beneficis d'aglomeració desenvolupats en una àrea metropolitana policèntrica a través de considerar l'abast geogràfic de les economies d'aglomeració. Per exemple, la literatura sobre els (des)avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme a escala intrametropolitana ha il·lustrat que el nivell d'economies d'aglomeració (mesurat a través de considerar la densitat de llocs de treball) i, per tant, les externalitats positives de l'aglomeració, s'atenuen amb la distància als centres identificats en una àrea metropolitana (p. ex., [García-López i Muñiz, 2010](#); [McMillen i Lester, 2003](#); [McMillen i McDonald, 1998a, 1998b](#)). Resultats similars s'han trobat també amb relació al nivell de salaris de les persones, tant pel que fa als sistemes urbans dels Estats Units ([Glaeser, 2000](#); [White, 1999](#)) com pels Europeus ([Hohenberg i Lees, 1995](#)), malgrat que l'atenuació de les economies d'aglomeració sigui més acusada en els sistemes urbans Europeus, resultat de la forta trajectòria històrica de concentració de facilitats urbanes en les seves ciutats centrals ([Brueckner et al., 1999](#)).

Per contra, una segona aproximació consisteix en el conjunt d'estudis que han explorat els efectes del policentrisme a l'escala regional (o interurbana). Aquests estudis han examinat els avantatges del policentrisme a través de comparar les constel·lacions policèntriques amb les monocèntriques, centrant-se en l'equilibri entre els beneficis de l'aglomeració i els seus costos. Per fer-ho, aquesta aproximació analitza els beneficis d'aglomeració en una configuració espacial monocèntrica/policèntrica, a partir de considerar l'abast industrial de les economies d'aglomeració i, en particular, considerant les externalitats de la urbanització (mida de les ciutats). Per exemple, la literatura sobre el vincle entre l'eficiència territorial i el policentrisme a escala regional o interurbana planteja la hipòtesis a causa del fet que els avantatges de la urbanització en les estructures urbanes policèntriques es 'regionalitzen' (considerablement), mentre que els desavantatges de la urbanització romanen localment (dins dels límits geogràfics de les ciutats), les estructures urbanes policèntriques poden proporcionar un major balanç (o equilibri) entre els costos i beneficis de l'aglomeració en comparació a les estructures urbanes monocèntriques i que, per tant, tenen un major efecte positiu en l'eficiència territorial (vegeu, p.ex., [Burger, 2011](#); [Burger et al., 2014a](#); [Meijers, 2007, 2008](#)).

No obstant, ni la literatura sobre la relació entre el policentrisme i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals a escala intrametropolitana ni la literatura que aborda aquesta relació a escala regional ha examinat els efectes del policentrisme en l'eficiència territorial a partir de considerar els diferents àmbits de les economies d'aglomeració (l'abast industrial, l'abast geogràfic i l'abast macroterritorial), que s'han revisat en la [secció 2.2](#) anterior. Si aquests estudis ho haguessin fet, tal i com l'estudi realitzat [Masip-Tresserra \(2016\)](#) ho ha fet amb relació a la variació micronivell del comportament de la mobilitat de les persones, i que aquesta tesi doctoral té l'objectiu de fer-ho també amb relació als patrons de mobilitat agregada, a les emissions de CO₂ dels habitatges, als salaris de les persones i als costos de l'habitatge (vegeu les referències bibliogràfiques representades en vermell a la [Taula 2.1](#) anterior); podrien haver proporcionat noves perspectives d'anàlisi i conclusions més àmplies amb relació al grau en què el policentrisme contribueix a una millor eficiència territorial dels sistemes urbans.

Respecte a l'existència de diferents aproximacions per definir i identificar l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració, una primera aproximació consisteix en el conjunt d'estudis que desenvolupa diversos conceptes analítics per definir un sistema urbà policèntric. Per exemple, els sistemes urbans han estat classificats en monocèntrics o policèntrics a partir de considerar la seva localització (p. ex., [Dieleman et al., 2002](#); [Gordon i Wong, 1985](#); [Schwanen et al., 2002](#); [Susilo i Maat, 2007](#); [Travisi et al., 2010](#))—p. ex., si estan localitzats en una regió urbana policèntrica, com ara el Randstad (p. ex., [Susilo i Maat, 2007](#))—la tipologia d'una àrea urbana o ciutat (p. ex., [Dieleman et al., 2002](#); [Levinson i Kumar, 1997](#); [Naess, 2005](#); [Schwanen et al., 2002](#)), la tipologia funcional d'un sistema urbà (p. ex., [Schwanen et al., 2001, 2002, 2003, 2004](#)) basada en la classificació proposada per [Van der Laan \(1998\)](#) o en altres classificacions funcionals (p. ex., [Goetz et al., 2010](#); [Veneri i Burgalassi,](#)

2012), la distribució de ciutats en un sistema urbà utilitzant la regla del rang de mida (p. ex., [Burgalassi i Luzzati, 2015](#); [Meijers, 2013](#); [Melo et al., 2012](#)), i l'agrupació espacial de la població en un sistema urbà utilitzant l'índex de Moran (p. ex., [Nam et al., 2012](#)) o la concentració relativa de població que resideix en la ciutat central d'un sistema urbà (p. ex., [Veneri i Burgalassi, 2012](#)).

No obstant, les contribucions d'aquest primer conjunt d'estudis poden ser limitades ja que els seus resultats presenten un cert grau de biaix com a conseqüència de que la seva definició d'estructura urbana policèntrica és massa general per tal d'abordar acuradament la relació entre el policentrisme i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals, doncs els centres que formen una estructura espacial policèntrica no són identificats. Per exemple, la definició de sistemes urbans policèntrics basada en els vincles funcionals entre el nucli central i els suburbis (p. ex., [Schwanen et al., 2003:416](#)) obstaculitza una anàlisi acurada entre el desajust espacial entre les persones, les funcions urbanes, i els llocs de treball en els centres, doncs no pot considerar el fet que algunes àrees suburbanes ja han esdevingut centres mitjançant processos de descentralització, ni el fet que el sistema urbà ha pogut esdevenir més policèntric com a conseqüència de la incorporació-fusió de nous centres (vegeu [Anas et al., 1998](#); [Champion, 2001](#); [Masip-Tresserra, 2016](#)).

A més, aquest tipus de recerca dificulta l'anàlisi empírica dels efectes del policentrisme, en base a considerar els diferents àmbits de les economies d'aglomeració (l'abast industrial, l'abast geogràfic i l'abast macroterritorial), amb l'objectiu d'extreure conclusions més àmplies sobre els efectes del policentrisme. Per exemple, aquest tipus de recerca no permet corroborar empíricament si els efectes de la proximitat als centres desenvolupen un rol important envers la promoció de mitjans de transport ambientalment més sostenibles. Dit d'una altra manera, en lloc de definir i identificar els sistemes urbans policèntrics d'una manera general, és necessari considerar més detall geogràfic mitjançant l'examinació de com les economies d'aglomeració que es desenvolupen a partir de la co-existència de múltiples centres afecten diversos indicadors econòmics, socials i ambientals (p. ex., els salaris de les persones).

En aquest sentit, la segona aproximació existent en la literatura en relació a la definició i identificació del policentrisme aborda la primera de les dues qüestions problemàtiques citades més amunt. Aquest conjunt d'estudis consisteix en la identificació, tant de subdivisions espacials diferents (p. ex., ciutat central, suburbis interiors, suburbis exteriors) en una àrea metropolitana (p. ex., [Gordon et al., 1989a](#); [Levinson i Kumar, 1994](#); [Lin et al., 2015](#); [Motte et al., 2016](#); [Perkins et al., 2009](#); [Suárez et al., 2015](#); [VandeWeghe i Kennedy, 2007](#)), com de centres d'una àrea metropolitana mitjançant l'ús de coneixement local ([Bell, 1991](#); [Ma et al., 2015](#); [Naess, 2005](#); [Nielsen, 2015](#); [Silva et al., 2014](#); [Song et al., 2012](#)) (vegeu les referències bibliogràfiques representades en cursiva a la [Taula 2.1](#) anterior), l'examinació de la dispersió dels llocs de treball (p. ex., [Angel i Blei, 2016](#); [Giuliano i Small, 1993](#); [Gordon i Lee, 2014](#); [Hamidi et al., 2015](#); [Lee, 2006b](#); [Lee i Lee, 2014](#); [Nasri i Zhang, 2014](#); [Shearmur, 2006](#); [Sun et al., 2015](#); [Vega i Reynolds-Feighan, 2008](#); [Wang, 2000](#); [Yang et al., 2012](#); [Zhang i Xie, 2015](#)) per considerar la trajectòria de descentralització cap al policentrisme o l'exploració de les relacions funcionals entre ciutats (p. ex., [Aguilera, 2005](#); [Veneri, 2010](#)) per abordar la trajectòria d'incorporació-fusió cap a la formació d'estructures policèntriques.

Per tant, la proposta d'un nou marc teòric més ampli i sistemàtic que intenti unificar l'existent recerca empírica fragmentada sobre els (des)avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme i que, per tant, pugui arribar a conclusions més consistents sobre els seus efectes, requereix, d'una banda, prendre com a punt de partida l'abast industrial, geogràfic i macroterritorial de les economies d'aglomeració i, d'altra banda, la consideració dels centres que defineixen l'organització espacial policèntrica d'una aglomeració metropolitana, tant d'aquells centres que s'han format a partir de processos de descentralització (vegeu [Anas et al., 1998](#)), com d'aquells que s'han integrat en una àrea metropolitana en expansió a causa de

processos d'incorporació-fusió (vegeu [Champion, 2001](#)). En aquest sentit, la definició de centre i la metodologia d'identificació proposada per [Masip-Tresserra \(2016\)](#) pot ser d'interès.

2.3.1.2 A les revisions teòriques de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities*

Les recents reinterpretacions teòriques en la literatura (aquestes s'han desenvolupat en els estudis realitzats per [Burger et al., 2015](#); [Meijers i Burger, 2017](#); [Meijers et al., 2016](#)) sobre els conceptes originals de *borrowed size* ([Alonso, 1973](#)), *agglomeration shadows* ([Krugman, 1993](#)), i *network externalities* ([Capello i Camagni, 2000](#); [Camagni i Capello, 2004](#)) presenten una sèrie de qüestions problemàtiques que s'han de revisar per interpretar més adequadament el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana policèntrica des de l'òptica de l'abast geogràfic i macroterritorial de les economies d'aglomeració. Quatre qüestions es poden identificar en aquest sentit.

Una primera qüestió és comuna, tant en les reinterpretacions del concepte de *borrowed size* i el d'*agglomeration shadows*, com en el de *network externalities*, i té a veure amb la confusa i imprecisa definició d'àrea metropolitana i d'estructura policèntrica que els estudis realitzats per [Burger et al. \(2015\)](#), [Meijers i Burger \(2017\)](#) i [Meijers et al. \(2016\)](#) adopten. Tal i com s'ha explicat en la [secció 2.2](#), l'escala geogràfica més petita en la qual els efectes de 'mida prestada', 'd'ombres d'aglomeració' i 'd'externalitats de xarxa' es manifesten és la metropolitana i, en aquest sentit, els tres estudis citats més amunt utilitzen les MUA ([Burger et al., 2015](#); [Meijers et al., 2016](#)) o les FUA ([Meijers i Burger, 2017](#)) com a sinònims d'àrees metropolitanes. Mentre que l'ús de MUA com a unitat d'anàlisi no es pot considerar com a àrea metropolitana ja que aquesta delimitació geogràfica no considera les àrees d'influència de les aglomeracions urbanes o ciutats, la consideració de FUA no garanteix que aquestes conformin una entitat metropolitana tal i com l'estudi realitzat per [OECD \(2012\)](#) sosté.

En aquest sentit, l'estudi '*Redefining Urban: a new way to measure metropolitan areas*' ([OECD, 2012](#)) argumenta que no totes les 1.148 FUA que identifica a través dels 28 països de l'OECD són àrees metropolitanes, doncs les Àrees Urbanes Funcionals necessiten un llindar mínim de massa crítica per ésser considerades com a tals (en concret, de 500.000 habitants). Cap llindar de massa crítica és considerat per [Meijers i Burger \(2017\)](#) i aquest estudi explora l'existència, o no, d'efectes de 'mida prestada' en àrees metropolitanes a partir de considerar 609 FUA d'Europa. En contraposició, l'estudi dut a terme per [OECD \(2012\)](#) identifica només 114 FUA en el context Europeu que poden ésser considerades com a àrees metropolitanes. A més, [Meijers i Burger \(2017\)](#) defineix aquestes 607 FUA com a 'àrees metropolitanes policèntriques' d'una manera arbitrària i generalista ja que no identifica els centres que defineixen l'estructura urbana interna de cada FUA a partir d'utilitzar un dels mètodes empírics adoptats per la literatura en l'àmbit de l'economia urbana. Possiblement, si s'hagués considerat l'estudi de l'[OECD \(2012\)](#), l'exploració dels efectes de 'mida prestada' hagués estat més acurada i consistent, doncs no només s'haguessin considerat àrees metropolitanes 'reals' sinó que també s'haguessin pogut considerar els centres que formen cada àrea, que aquest estudi identifica a partir d'examinar els patrons de densitat de població.

La segona qüestió té a veure amb la reinterpretació del concepte original de *borrowed size* realitzada per [Meijers i Burger \(2017\)](#). El concepte original de *borrowed size* desenvolupat per Alonso es podria sintetitzar de la següent manera: la situació en la qual, especialment les ciutats més petites ubicades en grans aglomeracions metropolitanes, obtenen més avantatges urbans gràcies al seu millor accés als beneficis d'aglomeració proporcionats per múltiples centres veïns (vegeu [secció 2.2](#)). [Meijers i Burger \(2017:288\)](#) reconsidera la interpretació d'Alonso, i argumenta que els efectes de 'mida prestada' ocorren quan una ciutat exhibeix funcions urbanes i/o nivells d'eficiència que estan normalment relacionats amb les grans ciutats, com a resultat de les interaccions dins de xarxes de ciutats a múltiples escales espacials que proporcionen la substitució dels beneficis d'aglomeració. Aquesta reconsideració

apunta que el concepte de 'mida prestada' té diverses dimensions, una fa referència a la connexió entre mida i eficiència i, l'altra, entre mida i funció. En aquest sentit, [Meijers i Burger \(2017:286\)](#) desenvolupa el concepte de *borrowed performance* i el de *borrowed function* per descriure aquestes dues dimensions i, per tant, la situació en la qual, mentre que una ciutat concentra un nivell més alt de funcions urbanes que el que normalment s'espera en base a la seva mida local a partir d'explotar les mides locals de les àrees del seu entorn, les àrees pròximes a aquesta ciutat tenen accés a les seves funcions urbanes i a altres beneficis d'aglomeració, cosa que els permet augmentar la seva eficiència.

No obstant, aquestes dues dimensions, malgrat que es presenten en aquest estudi com a contribucions a la literatura, no són innovadores, ja que equivalen als àmpliament estudiats avantatges dels efectes de proximitat als centres d'una àrea metropolitana policèntrica (vegeu les explicacions i estudis citats en la [secció 2.2](#) amb relació a l'abast geogràfic de les economies d'aglomeració). Possiblement, l'intent de desenvolupar 'nous termes' per descriure conceptes ja existents en la literatura es deu a l'afany per distingir-se d'altres conceptes i així assolir un reconeixement en l'estudi del policentrisme i dels seus (des)avantatges; tendència que segons [Van Meeteren et al. \(2015\)](#) es pot definir com la 'torre de babel' del policentrisme.

Un altre exemple de la proliferació d'una 'torre de babel' en l'estudi del policentrisme, és la distinció inexacta que [Meijers i Burger \(2017\)](#) fa entre àrees metropolitanes multicèntriques i àrees metropolitanes policèntriques i la seva associació al concepte original de 'mida prestada' introduït per Alonso. En concret, [Meijers i Burger \(2017:273\)](#) sosté que "*segons Alonso, la mida prestada constitueix un fenomen observable en les àrees metropolitanes multicèntriques, mentre que els legisladors de política pública dels Països Baixos i de Flandes emfatitzen la seva ocurrència en àrees metropolitanes policèntriques*" [traducció pròpia]. A més, [Meijers i Burger \(2017:273\)](#) justifica aquesta distinció citant l'estudi realitzat per [Brezzi i Veneri \(2015\)](#) que, segons ells, explora tant l'impacte del multicentrisme (múltiples ciutats en una àrea metropolitana, independentment de la seva distribució espacial en termes de mida) com del policentrisme (múltiples ciutats d'una mida semblant en una àrea metropolitana) en el PIB per càpita i, on la principal conclusió és que el multicentrisme no té un efecte significatiu en el PIB per càpita. No obstant, ni tan sols Alonso en l'article que introdueix el concepte de *borrowed size* fa referència en cap moment a àrees metropolitanes multicèntriques (vegeu [Alonso, 1973](#)), ni tampoc [Brezzi i Veneri \(2015\)](#) utilitza i distingeix els efectes del multicentrisme i del policentrisme en el PIB per càpita, més aviat el contrari, examina empíricament els efectes del policentrisme en el PIB per càpita a escala regional (o interurbana) i a escala estatal.

La tercera qüestió té a veure amb la reinterpretació del concepte d'*agglomeration shadows* duta a terme per [Burger et al. \(2015\)](#), [Meijers i Burger \(2017\)](#) i [Meijers et al. \(2016\)](#). Mentre que aquests tres estudis presenten els efectes de les 'ombres d'aglomeració', com l'antònim als de la 'mida prestada', i analitzen els seus efectes des de l'òptica estàtica de les externalitats de les economies d'aglomeració (p. ex., presència de funcions urbanes en moment determinat), cosa que no es diferencia en absolut d'altres estudis previs que han analitzat els factors que afecten la concentració de facilitats culturals i comercials en les regions urbanes (vegeu [Burger et al., 2014a; Meijers, 2008](#)), els altres estudis que han explorat els efectes de les 'ombres d'aglomeració' s'han ajustat més acuradament al concepte original introduït pels models de la 'Nova Geografia Econòmica' i han explorat l'impacte de les economies d'aglomeració a través del temps en el creixement de població ([Dobkins i Ioannides, 2001; Partridge et al., 2008b, 2009a](#)) o de llocs de treball ([Masip-Tresserra, 2016](#)) de les àrees pròximes als centres i, per tant, considerant una perspectiva dinàmica de les externalitats d'aglomeració.

La quarta qüestió fa referència als refinaments metodològics que es poden introduir en els estudis que han reconsiderat els conceptes originals de 'mida prestada' i 'd'ombres d'aglomeració'. En concret, aquests refinaments metodològics tenen a veure amb la consideració adequada de les variacions

micronivell de la presència de facilitats urbanes en regions urbanes que estan, al seu torn, agrupades en diferents estats. És a dir, les limitacions provenen de l'ús de models estadístics estàndards (p. ex., models logístics binomial o models beta inflats zero/un) per part dels estudis existents (Burger et al., 2015; Meijers i Burger, 2017; Meijers et al., 2016) que han explorat l'existència d'efectes de 'mida prestada' i 'd'ombres d'aglomeració' en la concentració de funcions urbanes. Malgrat que aquests estudis controlen adequadament la variació interna (efectes intra-grupals: p. ex., entre MUA) mitjançant la integració d'efectes fixos ('fixed effects' en anglès), no ho fan satisfactòriament respecte a les variacions transversals (efectes inter-grupals: a través d'estats), cosa que pot conduir cap a una variació i errors estàndards més reduïts del que tocaria i, per tant, produir així un biaix en els resultats estimats, doncs els nivells de significació podrien estar sobreestimats.

2.3.2 Proposta d'un nou marc teòric

La literatura ha fet progressos en l'exploració dels (des)avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme a l'escala intrametropolitana, regional i interregional. De totes maneres, la manca existent de resultats concloents en relació amb el rol del policentrisme envers l'eficiència territorial, posa sobre la taula el repte de proposar un marc teòric més ampli i sistemàtic que intenti unificar l'existent recerca empírica fragmentada sobre els suposats avantatges d'una estructura espacial policèntrica de l'aglomeració.

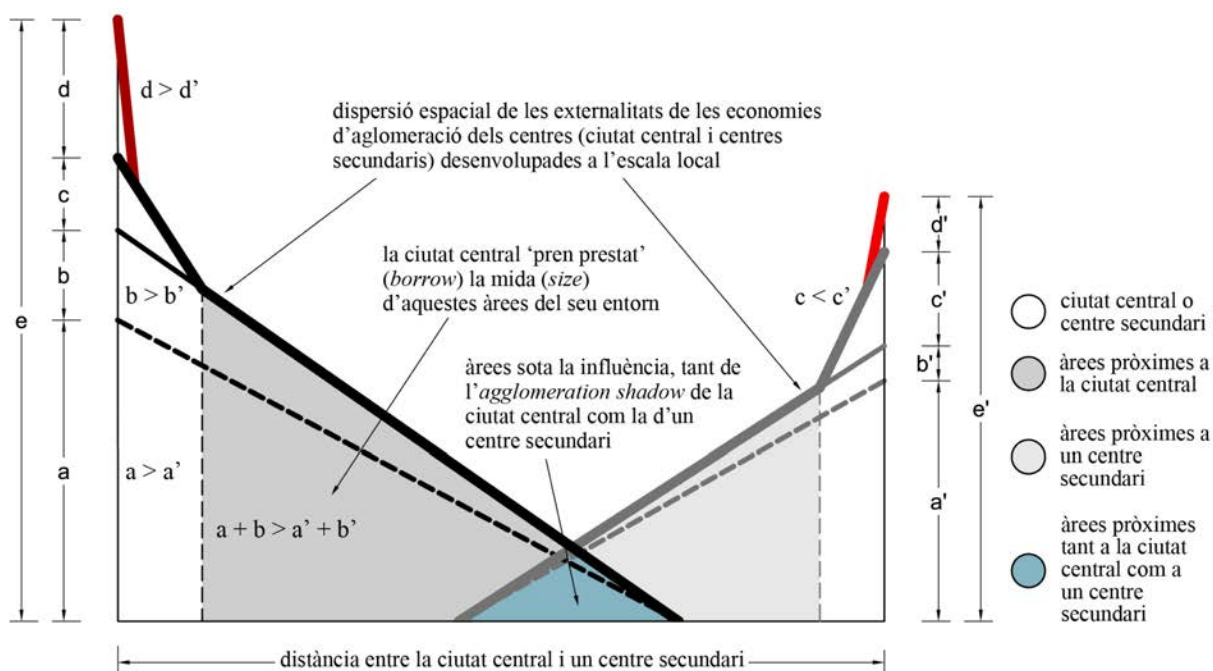
Es pot argumentar que una investigació dirigida a examinar els efectes del policentrisme en l'eficiència territorial podria arribar a conclusions més consistents sobre els seus efectes, a través de considerar com a punt de partida la relació entre el policentrisme i les teories de l'aglomeració i, per tant, explicant principalment el desenvolupament dels beneficis d'aglomeració en una àrea metropolitana, tot considerant simultàniament l'abast industrial, geogràfic i macroterritorial de les economies d'aglomeració. És a dir, la construcció d'un marc teòric que permeti una examinació més àmplia dels efectes del policentrisme i, per tant, arribar a conclusions més clarividents, requereix la conceptualització que el desenvolupament de les economies d'aglomeració i de les seves externalitats en una àrea metropolitana és una combinació de la mida dels centres, de la proximitat a altres llocs i de la interacció entre centres en xarxes a múltiples escales territorials, des de l'escala metropolitana a l'escala regional, estatal i internacional. Aquesta conceptualització és més àmplia que l'existent en els estudis empírics actuals en la literatura, on només consideren com a dimensió d'anàlisi dels efectes del policentrisme la mida de o la proximitat a les ciutats, a la vegada que defuig dels plantejaments que afirmen que les xarxes de ciutats a múltiples escales espacials, i les externalitats que es desenvolupen a partir d'aquestes, poden servir com a perfecte substitut dels beneficis de l'aglomeració en els sistemes urbans, conduint així cap a una reconsideració de les bases geogràfiques de les economies d'aglomeració (vegeu les explicacions i les referències bibliogràfiques que s'han presentat en l'anterior subsecció).

D'altra banda, també es pot argumentar que la proposta d'un nou marc teòric per a una examinació empírica més consistent de la relació entre el policentrisme i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambiental hauria d'integrar conceptes de les externalitats de les economies d'aglomeració que han estat poc estudiats en la literatura existent; d'una banda, els conceptes de *borrowed size* i *agglomeration shadows*, que fan referència a l'abast geogràfic de les externalitats de les economies d'aglomeració i, d'altra banda, el concepte de *network externalities*, que fa referència a l'abast macroterritorial de les externalitats de les economies d'aglomeració. Aquesta integració, a més, hauria d'abordar les qüestions problemàtiques identificades en l'anterior subsecció amb relació a les reinterpretacions recents d'aquests conceptes en la literatura existent. En aquest sentit, centrar-se en les persones o les empreses com a unitat d'anàlisi per a l'exploració dels (des)avantatges de diferents organitzacions espacials de l'aglomeració (p. ex., monocèntriques o policèntriques) permet, d'una banda, examinar els efectes de l'estructura urbana policèntrica a partir de considerar l'impacte de les economies d'aglomeració en la

utilitat de les persones i de les empreses, cosa que evita el risc de fal·làcia ecològica i, d'altra banda, l'oportunitat d'explorar vincles innovadors entre diversos àmbits de recerca.

Per exemple, aquest seria el cas del possible vincle entre els estudis sobre el policentrisme i les teories de l'aglomeració dins de l'àmbit de l'economia urbana i la geografia econòmica i els estudis sobre la mobilitat residencial de les persones dins de l'àmbit de la geografia i sociologia urbana. La identificació d'aquest vincle seria raonable, doncs la mobilitat residencial és entesa cada cop més com una pràctica 'relacional' que vincula el canvi de residència a les connexions entre les persones a través del temps i a condicions estructurals (p. ex., oferta o demanda d'habitatge i canvis culturals) (vegeu [Coulter et al., 2016](#)) i, per tant, la necessitat d'accés a les externalitats positives de l'aglomeració, desenvolupades a través de xarxes de cooperació i complementarietat entre les persones i empreses (és a dir, *network externalities*), poden erigir-se com un factor més, conjuntament amb els ja identificats pels estudis existents sobre la mobilitat residencial (p. ex., avaluacions subjectives dels membres de la llar, xarxes socials de les persones, i voluntat de formar una família), per motivar un desig, intenció, o decisió de realitzar un canvi de residència des de la localització 'A' a la 'B'.

La proposta, doncs, per part d'aquesta tesi, d'un nou marc teòric que pugui examinar més àmpliament els efectes del policentrisme a l'escala intrametropolitana, es basa en la consideració de les diferents dimensions d'una estructura espacial policèntrica que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració (i de les seves externalitats) en una àrea metropolitana, tot integrant els diferents àmbits de les economies d'aglomeració (industrial, geogràfic i macroterritorial) i els conceptes de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities* (vegeu [Figura 2.1](#)).



a a': Externalitats de les economies d'aglomeració a l'escala local: mida dels centres
 b b': *Borrowed size* a l'escala local: proximitat (geogràfica) als centres
 c c': *Borrowed size* a l'escala metropolitana: mida agregada dels centres mitjançant la seva integració
 d d': *Borrowed size* a l'escala macroterritorial. *Network externalities* desenvolupades mitjançant les interaccions entre centres en xarxes a múltiples escales (p. ex., regional, estatal i internacionals)
 e e': magnitud total de les externalitats de les economies d'aglomeració en relació a la ciutat central (e) i a un centre secundari (e')

FIGURA 2.1 Policentrisme, *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities* en aglomeracions metropolitanes

La primera dimensió fa referència a l'abast industrial de les economies d'aglomeració i, per tant, considera les externalitats de les economies d'aglomeració resultants de la mida dels centres (ciutat central i centres secundaris), és a dir, que es desenvolupen principalment a partir de les seves economies d'urbanització a l'escala local. Aquesta dimensió planteja, d'una banda, que les externalitats de les economies d'aglomeració de la ciutat central desenvolupades localment són superiors a les dels centres secundaris a causa de la major mida urbana de la ciutat central d'una àrea metropolitana i, d'altra banda, que la mida dels centres secundaris depèn, tant de l'ombra d'aglomeració que projecta la ciutat central com de les que projecten altres centres secundaris, és a dir, es planteja una relació de dependència entre la mida dels centres i la distància geogràfica que hi ha entre ells a causa de l'existència d'*agglomeration shadows* dels centres envers la resta del territori metropolità (vegeu [Figura 2.1](#)). Per exemple, aquesta primera dimensió il·lustra que les persones i empreses localitzades en centres gaudeixen de majors avantatges (p. ex., una major accessibilitat a les facilitats urbanes per a les persones i majors oportunitats per innovar per a les empreses) en comparació a les persones i empreses que s'ubiquen fora dels centres (p. ex., àrees suburbanes) a causa del major nivell d'economies d'aglomeració, que resulta de la major mida d'un centre (vegeu [Figura 2.2](#)). Per tant, la traducció d'aquesta primera dimensió d'una estructura policèntrica que pren part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en un marc empíric es podria duu a terme a partir de considerar els efectes d'estar localitzat en els centres o orientat cap als centres.

Beneficis d'aglomeració resultants de la mida dels centres

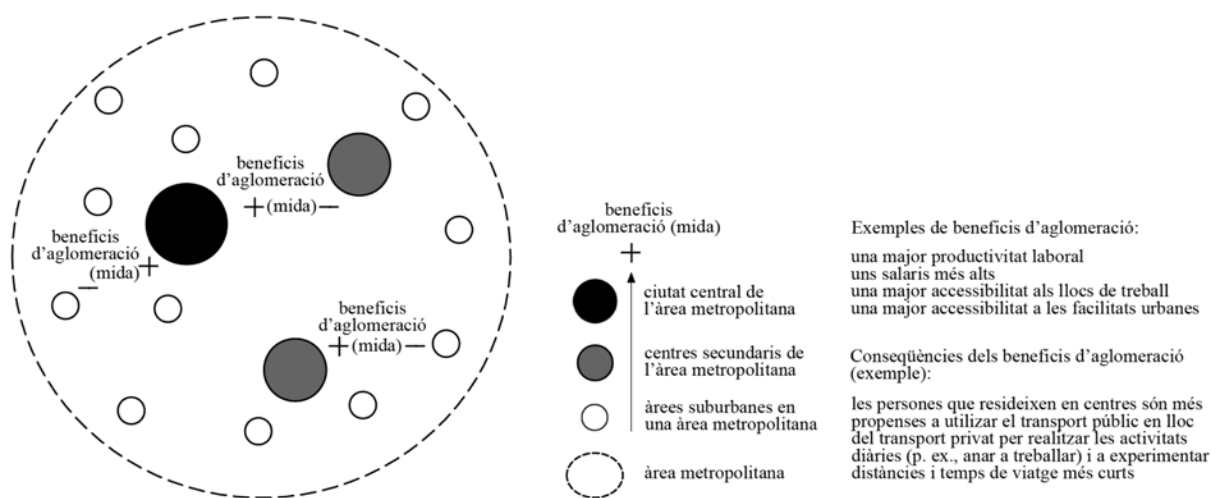


FIGURA 2.2 Policentrisme i economies d'aglomeració. Externalitats de les economies d'aglomeració a l'escala local: mida dels centres

Font: Masip-Tresserra (2016).

La segona dimensió fa referència a l'abast geogràfic de les economies d'aglomeració, i per tant, considera l'atenuació amb la distància de les externalitats de les economies d'aglomeració resultants de la mida dels centres, és a dir, aquesta segona dimensió considera la dispersió espacial de les externalitats de les economies d'aglomeració dels centres desenvolupades a l'escala local envers les àrees del seu entorn. Dispersió o extensió espacial (geogràfica) de les externalitats de l'aglomeració dels centres que es denominen en la literatura actual com 'els efectes de la proximitat als centres' i que equivalen als efectes de *borrowed size*, quan aquests es desenvolupen a l'escala local (és a dir, entre centres i àrees del seu entorn). Aquesta segona dimensió planteja les següents tres qüestions (vegeu [Figura 2.1](#)). En primer lloc, que la dispersió espacial de les externalitats de l'aglomeració dels centres (ciutat central i centres secundaris) envers les àrees del seu entorn es veu afectada per la capacitat dels centres (especialment de la ciutat central a causa de la seva major mida) d'explotar la mida poblacional de les seves ciutats

veïnes més petites per obtenir majors beneficis d'aglomeració que els que s'esperaria en base a la seva mida local (aquest increment de les externalitats de l'aglomeració dels centres sense augmentar la seva mida es representa per les lletres b i b' en la [Figura 2.1](#)).

En segon lloc, que les ciutats més petites veïnes als centres (vegeu les zones representades en colors grisos i blaus en la [Figura 2.1](#)) proporcionen avantatges urbans a les persones i empreses que es localitzen en elles a causa de la seva capacitat d'absorbir (*borrowing*), com a resultat de la seva proximitat geogràfica als centres, part de les externalitats positives de les economies d'aglomeració dels centres. Per exemple, aquesta segona qüestió emfatitza que les economies d'aglomeració dels centres no estan confinades en els seus límits geogràfics: de fet, s'estenen fins arribar a les àrees del seu entorn, cosa que proporciona a les persones i empreses localitzades a prop dels centres més avantatges urbans que a les que s'ubiquen en àrees més llunyanes (p. ex., distàncies i temps de viatge més curts), ja que el primer grup de persones i empreses gaudeixen d'una major proximitat (accés) a les economies d'aglomeració dels centres (vegeu [Figura 2.3](#)). En aquest sentit, les àrees a l'entorn dels centres amb un major interès serien les que es localitzen entre les zones intersticials dels centres és a dir, aquelles que són pròximes tant a la ciutat central com a un centre secundari o properes a múltiples centres secundaris, doncs aquestes àrees o ciutats veïnes a múltiples centres (vegeu les zones representades en blau a les [Figures 2.1 i 2.3](#)) podrien beneficiar-se simultàniament de la dispersió espacial de les externalitats de l'aglomeració de centres diferents.

Atenuació amb la distància dels beneficis d'aglomeració resultants de la mida dels centres

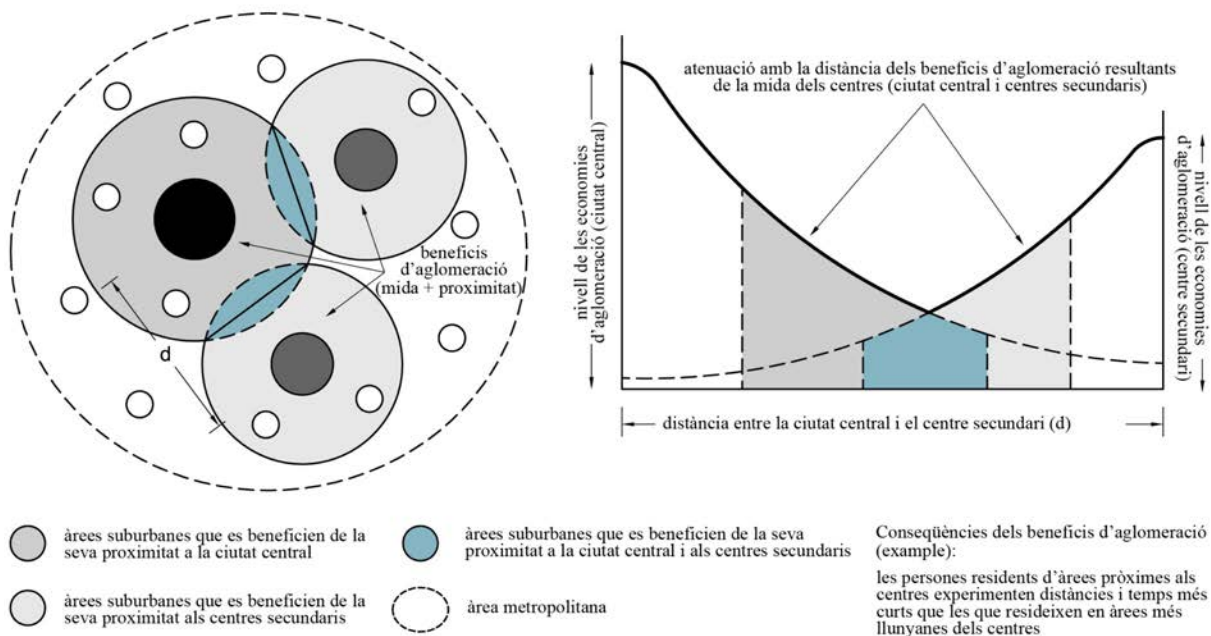


FIGURA 2.3 Policentrisme i economies d'aglomeració. *Borrowed size* a l'escala local: proximitat (geogràfica) als centres

Font: Masip-Tresserra (2016).

En tercer lloc, que els efectes d'*agglomeration shadows* dels centres envers les àrees del seu entorn s'entrellaça amb els dos efectes de '*borrowed size* o de proximitat als centres' descrits més amunt, en el sentit que podria explicar les dinàmiques urbanes d'aquestes àrees pròximes als centres a través del temps: mentre que les ciutats veïnes als centres han d'afrontar forts efectes de competència espacial, també es beneficien simultàniament (a causa de la seva proximitat geogràfica) de les externalitats positives de les

economies d'aglomeració dels centres; conduint així cap un creixement més ràpid en termes de població que els centres, però no en termes d'activitat econòmica. És a dir, mentre que les àrees o ciutats pròximes als centres podrien experimentar un fort creixement de població per beneficiar-se de les externalitats positives de les economies d'aglomeració dels centres i evitar-ne les seves externalitats negatives, els centres 'agafarien prestada' la mida poblacional de les ciutats del seu entorn per tal d'obtenir més externalitats d'aglomeració de les que podrien assolir si explotessin únicament la seva mida local. El cas extrem d'aquesta dinàmica urbana torna a ésser el cas de les àrees o ciutats que s'ubiquen en les zones intersticials dels centres, doncs són les que, a causa de la seva localització, podrien optimitzar la relació entre l'accés a les externalitats positives (beneficis) de les economies d'aglomeració dels centres i l'evasió de les seves externalitats negatives (costos). Per tant, la traducció d'aquesta segona dimensió d'una estructura policèntrica que pren part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en un marc empíric es podria duu a terme a partir de considerar els efectes d'estar localitzat a prop dels centres.

La tercera i quarta dimensió fan referència a l'abast macroterritorial de les economies d'aglomeració i, per tant, consideren les externalitats de les economies d'aglomeració que resulten d'explotar relacions i fluxos de xarxes de complementarietat (integració vertical) i cooperació (integració horitzontal) entre persones i empreses localitzades en centres a múltiples escales territorials. Mentre que la tercera dimensió es basa en el desenvolupament d'externalitats de les economies d'aglomeració que resulta d'explotar la mida agregada dels centres mitjançant la intensitat de la seva integració a l'escala metropolitana, la quarta dimensió es basa en el desenvolupament d'externalitats de les economies d'aglomeració mitjançant les interaccions entre centres en xarxes a múltiples escales macroterritorials, és a dir, des de l'escala regional i estatal a l'escala internacional. Aquesta distinció és rellevant per la següent raó. L'element clau pel desenvolupament d'externalitats de les economies d'aglomeració, quan aquestes són compartides entre centres a l'escala metropolitana és, principalment, la presència de fortes xarxes de complementarietat i cooperació entre les persones i empreses localitzades en centres, ja que aquestes xarxes fomenten la interacció i integració entre centres que, al seu torn, els capaciten per explotar millor la seva mida urbana agregada, conduint així cap al sorgiment d'efectes de *borrowed size* a escala metropolitana (vegeu l'increment de les externalitats de l'aglomeració dels centres sense augmentar la seva mida, representat per les lletres c i c' en la [Figura 2.1](#)); no obstant, com que en l'escala metropolitana la proximitat geogràfica no és negligible pel desenvolupament d'externalitats de les economies d'aglomeració, aquestes poden experimentar una atenuació amb la distància als centres (vegeu [Figura 2.1](#)).

Per exemple, quan els centres exploten la seva mida urbana agregada en acord a la intensitat de la seva integració, les persones i empreses localitzades en (o pròximes a) aquests centres—que estan espacialment integrats en l'àrea metropolitana—gaudeixen d'avantatges addicionals en comparació amb els que poden gaudir les persones i empreses ubicades en localitzacions menys integrades de l'àrea metropolitana: p. ex., les persones localitzades en un d'aquests centres 'espacialment integrats' (o en àrees del seu entorn), no només gaudeixen d'una major accessibilitat a diversos tipus de llocs de treball i de facilitats urbanes que resulten dels avantatges d'urbanització del centre en el qual resideixen (o tenen a prop), sinó que també poden gaudir d'una major accessibilitat als beneficis d'aglomeració dels altres centres 'integrats' (vegeu [Figura 2.4](#)). En aquest sentit, els centres secundaris podrien explotar millor la seva mida agregada que no pas la ciutat central a l'escala metropolitana (vegeu [Figura 2.1](#)) ja que presenten un perfil més diferent entre ells en termes d'activitat econòmica, d'ocupacions i de funcions urbanes, cosa que condueix cap a l'establiment de relacions de complementarietat entre ells en lloc de competitivitat (vegeu [Masip-Tresserra, 2016](#)), i la complementarietat fomenta una major interacció i integració.

Beneficis d'aglomeració que resulten de la mida agregada dels centres mitjançant la intensitat de la seva integració

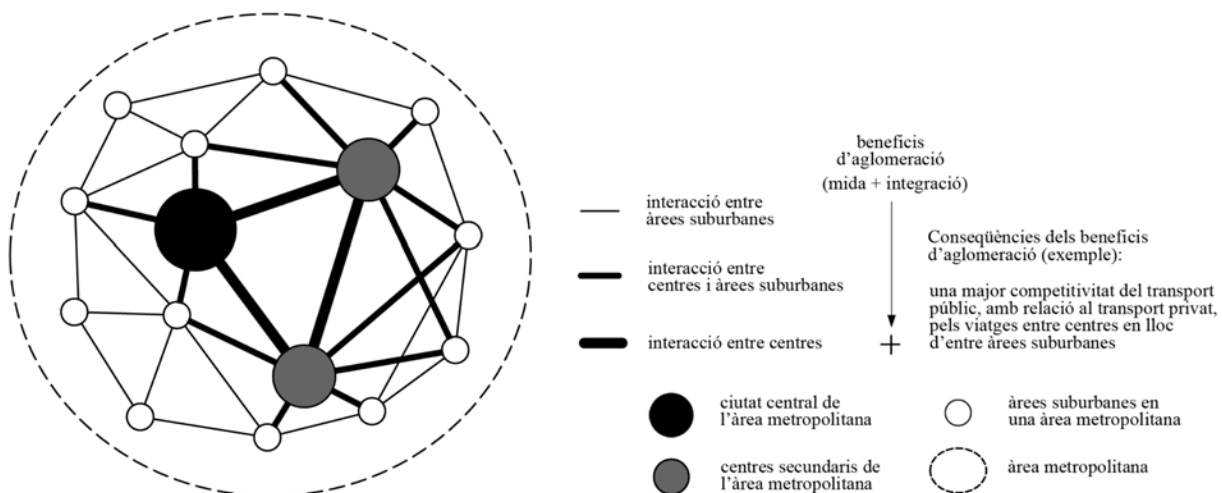


FIGURA 2.4 Policentrisme i economies d'aglomeració. *Borrowed size* a l'escala metropolitana: mida agregada dels centres mitjançant la seva integració
 Font: Masip-Tresserra (2016).

Beneficis d'aglomeració desenvolupats mitjançant les interaccions entre centres en xarxes a múltiples escales macroterritorials

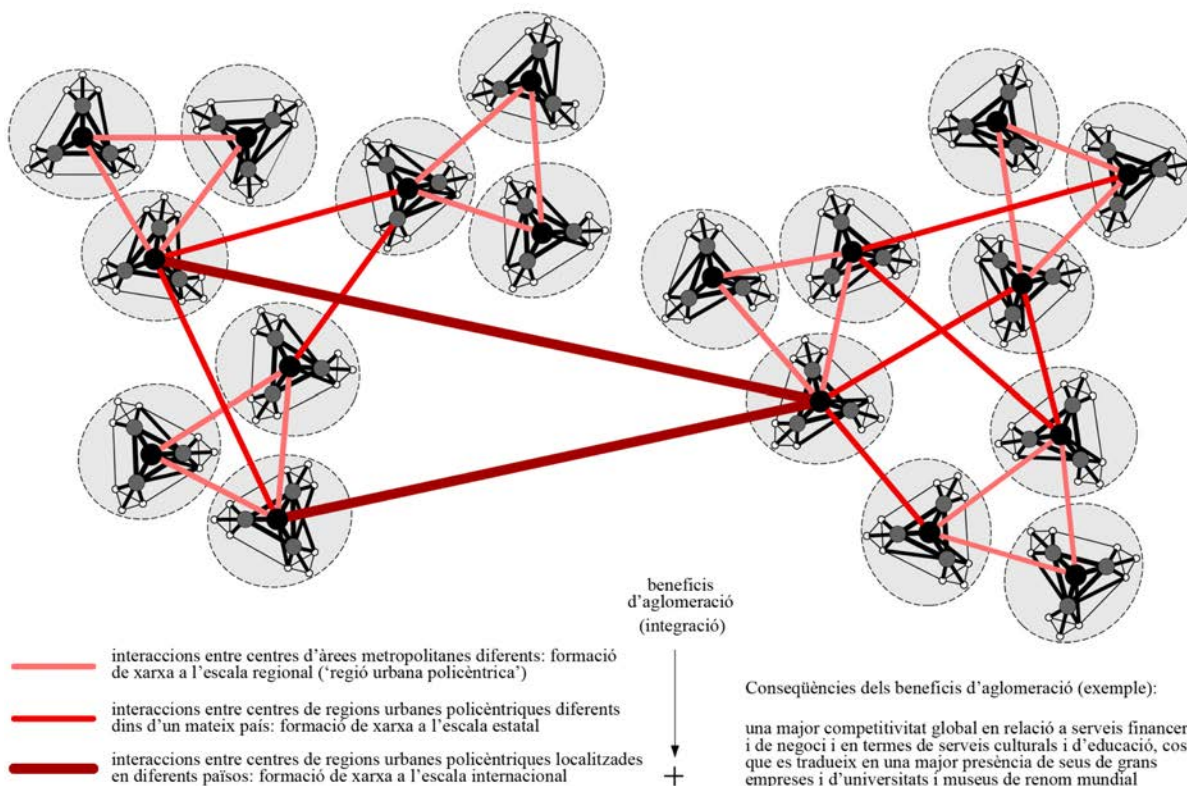


FIGURA 2.5 Policentrisme i economies d'aglomeració. *Borrowed size* a l'escala macroterritorial: *network externalities* entre centres d'aglomeracions metropolitanes distants

En comparació amb això, quan les externalitats de les economies d'aglomeració es desenvolupen mitjançant l'explotació de fortes relacions i fluxos de naturalesa horitzontal i no jeràrquica entre centres similars o complementaris a l'escala regional, estatal i internacional, l'element clau és únicament la

integració de xarxa (vegeu [Figura 2.5](#)), doncs l'efecte de la proximitat als (i mida dels) centres és negligible (vegeu [Figura 2.1](#)). Tal i com s'ha mencionat prèviament, l'emergència de beneficis d'aglomeració a aquestes escales territorials es defineix com a externalitats de xarxa (*network externalities*) i, des de la perspectiva d'aquest estudi, es sosté que també es podrien definir com efectes de 'mida prestada' (*borrowed size*) a l'escala macroterritorial, doncs la forta integració de xarxa entre centres (sobretot entre les ciutats centrals d'àrees metropolitanes diferents a l'escala internacional) podria derivar en l'obtenció d'un nivell d'externalitats positives de les economies d'aglomeració més alt del que es podria esperar en base a la seva mida local (aquest increment de les externalitats de l'aglomeració dels centres sense augmentar la seva mida i on la proximitat esdevé negligible es representa per les lletres d i d' en la [Figura 2.1](#)). Un exemple seria una major competitivitat global amb relació a serveis financers i de negoci i en termes de serveis culturals i d'educació, cosa que es tradueix en una major presència de seus de grans empreses i d'universitats i museus de renom mundial (vegeu [Figura 2.5](#)). Per tant, la traducció d'aquesta tercera i quarta dimensió d'una estructura policèntrica que pren part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en un marc empíric, es podria duu a terme a partir de considerar els efectes dels patrons d'interacció entre els centres a l'escala metropolitana i a escales macroterritorials.

2.3.3 Il·lustració empírica del nou marc teòric

Aquesta subsecció proporciona una aplicació empírica del marc teòric proposat en l'anterior subsecció, sobre com es pot renovar la conceptualització sobre la relació entre policentrisme i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals, tot atenent el màxim nombre de qüestions crítiques detectades en la literatura existent respecte a les recents interpretacions dels conceptes de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities* (vegeu primera subsecció d'aquesta [secció 2.3](#)).

En aquest sentit, es considera una definició més precisa del que s'entén per àrea metropolitana i de centre d'una estructura metropolitana policèntrica: en lloc d'utilitzar una unitat geogràfica poc acurada per ser entesa com a àrea metropolitana (p. ex., les MUA) i una definició general de centre que n'obvia la seva identificació, mitjançant l'ús d'un mètode empíric, l'aplicació empírica que es duu a terme en aquesta subsecció es fonamenta en les àrees metropolitanes delimitades per l'[OECD \(2012\)](#), que identifica prèviament els seus centres i de les àrees de l'entorn d'aquests centres⁴. D'altra banda, s'aborda adequadament les variacions internes (efectes intra-grupals: entre àrees metropolitanes) i transversals (efectes inter-grupals: a través d'estats que agrupen àrees metropolitanes) en l'estudi; p. ex., dels efectes de *borrowed size* i d'*agglomeration shadows*, a partir d'utilitzar el modelatge multinivell.

No obstant, a causa de la manca de dades a un nivell geogràfic adequat (i longitudinals), no es poden considerar els efectes (1) de proximitat als centres (que equivalen als efectes de *borrowed size* a l'escala local), (2) de *borrowed size* a l'escala metropolitana i els d'*agglomeration shadows* dels centres i, per tant, l'aplicació empírica del marc teòric proposat en l'anterior subsecció es limita a l'exploració de la importància relativa dels efectes de la mida local dels centres i de *borrowed size* a l'escala macroterritorial (que equivalen als efectes de les externalitats de xarxa tal i com s'ha explicat en el marc teòric proposat) en l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració en comparació a la monocèntrica. En concret, s'aborden cinc preguntes:

4

El procés d'identificació d'àrees metropolitanes i els seus centres realitzat per l'[OECD \(2012\)](#) és el següent. En primer lloc, s'identifiquen àrees urbanes com a centres a partir d'aplicar tres criteris: (1) aquelles àrees que tenen una densitat de població superior als 1.500 habitants per km² i (2) que, a més, presenten una massa crítica d'un mínim de 50.000 habitants i (3) una autocontenció superior al 50%, és a dir, que, com a mínim, un 50% de les persones ocupades que treballen en aquestes àrees denses i amb certa massa crítica també hi viuen. En segon lloc, es detecten centres d'una mateixa àrea metropolitana a partir d'aplicar el criteri següent: dos centres formen part d'una mateixa àrea metropolitana si almenys un 15% de la població d'un centre es desplaça diàriament a l'altre centre per motius laborals. En tercer lloc, s'identifiquen àrees metropolitanes a partir de detectar les àrees d'influència de cadascun dels centres identificats: el criteri és novament l'existència d'un llindar mínim d'un 15% és a dir, la zona d'influència dels centres està formada per aquell conjunt de municipis que, com a mínim, el 15% de la seva població ocupada es desplaça cap a centres per motius de mobilitat obligada (residència-treball). El resultat d'aplicar aquests tres passos, doncs, és l'identificació d'àrees metropolitanes monocèntriques o policèntriques (vegeu [OECD, 2012](#) per a més detalls tècnics sobre la metodologia aplicada).

- 1 Estan els efectes de *borrowed size* relativament més associats amb els sistemes urbans d'Europa, seguint així les prediccions de William Alonso?
- 2 Quin tipus de ciutat és capaç d'explotar millor la seva mida?
- 3 Està la integració espacial relacionada amb majors efectes de *borrowed size*?
- 4 En quin tipus d'organització espacial de l'aglomeració, monocèntrica o policèntrica, es produeixen més sovint efectes de *borrowed size*?
- 5 Com es relaciona conjuntament el tipus de ciutat, la integració espacial i el tipus d'estructura espacial metropolitana amb els efectes de *borrowed size*?

Els mètodes de recerca per respondre aquestes cinc preguntes són, d'una banda, l'ús d'estadístiques descriptives (p. ex., funció suavitzada polinòmica local de nucli ponderat) per explorar la desconnexió entre mida i externalitats de les economies d'aglomeració de les ciutats i, d'altra banda, l'ús de modelatge econòmic (p. ex., modelatge logístic binomial (o lineal) multinivell, efectes marginals de mitjana i prediccions Bayesiana Empírica) per tal d'examinar l'existència d'efectes de *borrowed size* en les aglomeracions metropolitanes i les múltiples relacions que aquests efectes de 'mida prestada' poden establir amb (1) l'organització espacial policèntrica o monocèntrica de l'aglomeració, (2) la mida local dels centres i (3) el nivell d'integració dels centres a l'escala internacional.

Les dades que s'utilitzen per abordar i implementar els mètodes de recerca descrits més amunt i respondre així les cinc qüestions plantejades provenen principalment del *World Bank*⁵ i de l'OECD⁶. Mentre que el *World Bank* proporciona dades socioeconòmiques de països de l'OECD que s'empren posteriorment en els models estadístics com a variables de control, l'OECD proporciona tot tipus de dades a nivell d'àrees metropolitanes (p. ex., dades econòmiques i demogràfiques, com ho és el PIB per càpita i el nombre d'habitants que viuen en els centres de les àrees metropolitanes) i, per tant, aquestes dades que l'OECD elabora són les que tenen més interès.

A continuació s'exposa el cas d'estudi que es considera per il·lustrar empíricament el nou marc teòric que es proposa en aquest capítol; en concret, el cas d'estudi que es defineix són les àrees metropolitanes existents en països de l'OECD. Posteriorment, es desenvolupa l'anàlisi i es responen les cinc qüestions plantejades en una sèrie d'apartats.

2.3.3.1 Cas d'estudi: àrees metropolitanes en països de l'OECD

El cas d'estudi comprèn les àrees metropolitanes en països de l'OECD. Actualment, l'OECD identifica un total de 281 àrees metropolitanes en 29 països diferents⁷ a partir d'aplicar la metodologia que proposa a *OECD (2012)*, on s'acaba definint com a àrea metropolitana aquelles FUA delimitades a partir d'identificar empíricament els seus centres i les àrees pròximes a aquests centres i de considerar un llinar mínim de població total de 500.000 persones. En aquest sentit, la següent *Figura 2.6* presenta aquestes 281 àrees metropolitanes a partir de considerar el seu grau de centralitat i d'integració espacial en la xarxa internacional de passatgers aeris per l'any 2012. Mentre que el grau de centralitat de les àrees metropolitanes s'ha calculat a partir de considerar els fluxos d'entrada de cada aeroport

5 Vegeu data.worldbank.org.

6 Vegeu stats.oecd.org.

7 El nombre d'àrees metropolitanes i de països de l'OECD en els quals s'identifiquen àrees metropolitanes varia constantment. A data de desembre 2016 es van identificar les àrees metropolitanes a Austràlia i es van afegir en aquest sentit 6 àrees (Sydney, Melbourne, Brisbane, Perth, Adelaide i Gold Coast-Tweed Heads) a la llista de 275 que hi havia fins aquell moment. En aquest sentit, és també important mencionar que encara no s'han identificat les àrees metropolitanes en tots els països de l'OECD (aquest és el cas per Israel, Nova Zelanda, Turquia i Islàndia) i que, en el cas d'altres països, com ara Colòmbia i Luxemburg, no es disposa de dades comparables de les àrees recentment identificades (p. ex., les àrees de Bogotà DC, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Bucarananga, Cúcuta i Pereira en el cas de Colòmbia) amb les altres 281 àrees metropolitanes ja identificades.

ubicat en una àrea metropolitana (vegeu la mida dels nodes representada en la [Figura 2.6](#)), el grau d'integració espacial s'ha obtingut a partir de considerar la intensitat de fluxos de passatgers aeris entre els diferents aeroports (vegeu el gruix de flux representat en la [Figura 2.6](#))⁸.

En base a aquests dos indicadors, podem indicar que les àrees metropolitanes més centrals en països de l'OECD dins de la població de les 281 àrees són les àrees metropolitanes d'Atlanta, Londres, Frankfurt, París i Seoul-Incheon. L'àrea metropolitana de Barcelona ocupa la tretzena posició. En termes de centralitat relativa, les àrees més centrals en la xarxa internacional de passatgers aeris són les àrees metropolitanes de Frankfurt, New York, San Francisco, Londres i Chicago. L'àrea metropolitana de Barcelona es posiciona en la trenta tercera plaça.

8

Per tal de mesurar el grau de centralitat de xarxa ('network centrality' en anglès) i d'integració de xarxa ('network integration' en anglès) de cada àrea metropolitana, aquest estudi construeix l'índex de centralitat relativa i l'índex d'integració espacial proposat per [Vasanen \(2012, 2013\)](#). Alternativament, també s'han construït l'índex d'integració normalitzada i l'índex de centralitat de vector propi ('eigenvector centrality' en anglès) a partir de considerar els estudis actuals en l'àmbit de recerca sobre xarxes socials ('social networks' en anglès) (vegeu p. ex., [De Nooy et al., 2005](#)). Els resultats que s'obtenen són similars.

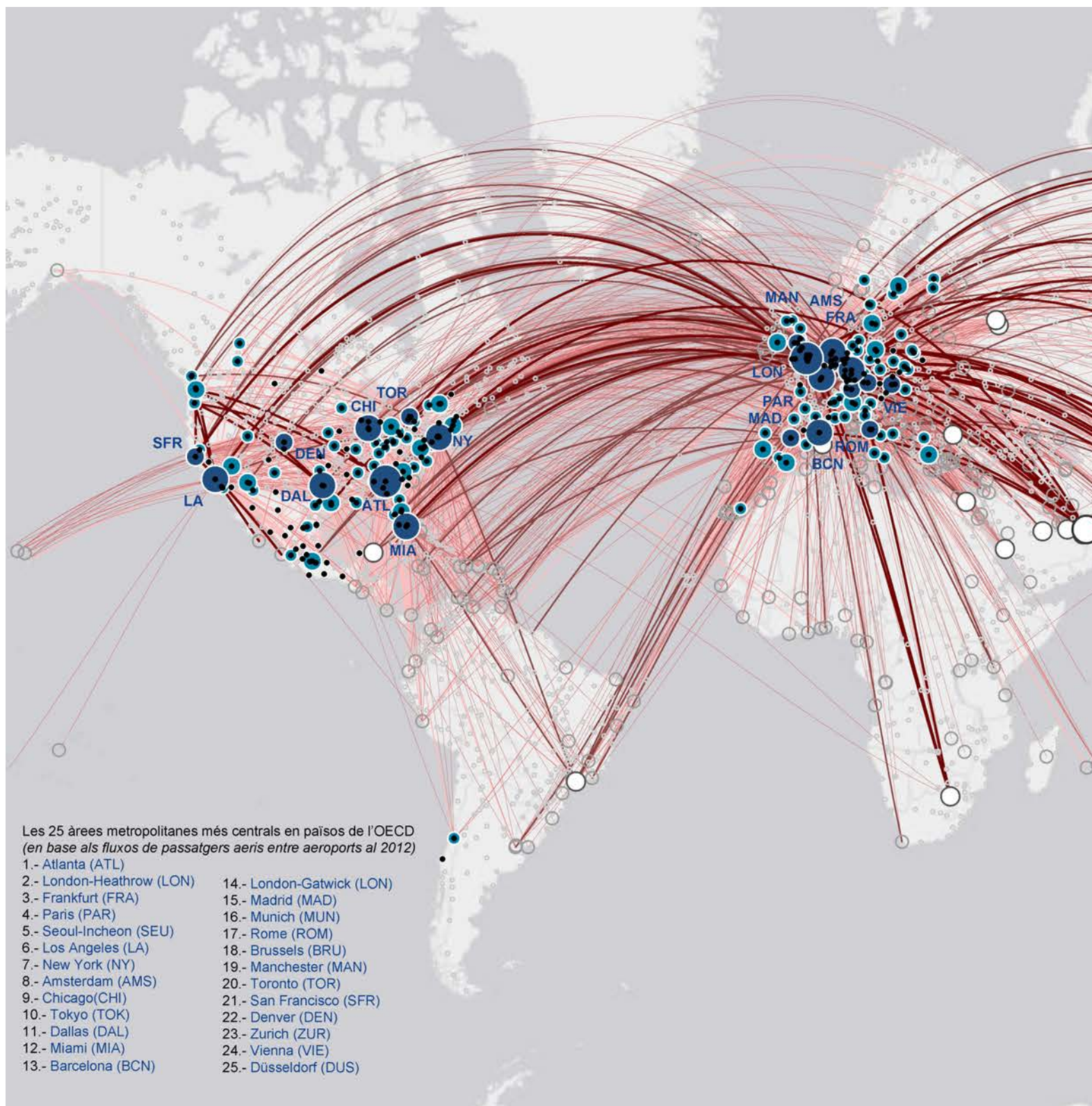


FIGURA 2.6 Àrees metropolitanas en països de l'OECD i la seva posició en la xarxa internacional de passatgers aeris

Nota(es): la mida dels nodes indica el grau de centralitat de les àrees metropolitanas dins de la xarxa internacional de passatgers aeris, mentre que el punt fosc representa les 281 àrees metropolitanas identificades per l'OECD (2012). El gruix del flux representa la intensitat de la interacció entre les àrees metropolitanas en termes de fluxos de passatgers. Només es presenten els fluxos generats pels 25 aeroports més centrals per tal de facilitar la visualització i interpretació de les xarxes de passatgers aeris (aquests aeroports més centrals estan representats amb nodes de color blau fosc).

Font: elaboració pròpia a partir de les dades 'OpenFlights' amb relació als aeroports, aerolínies i rutes aèries que estan disponibles en acord a la 'Llicència Oberta de Bases de Dades' i a la 'Llicència de Contingut de Base de Dades'.



2.3.3.2 Població, creixement de població i PIB per càpita

Per tal d'explorar la desconexió entre mida i externalitats de les economies d'aglomeració a l'escala metropolitana, la següent [Figura 2.7](#) visualitza, d'una banda, la relació a l'any 2012 entre la població de les àrees metropolitanes en països de l'OECD i el seu PIB per càpita a partir d'utilitzar una funció suavitzada polinòmica local de nucli ponderat ('kernel-weighted local polynomial smoothing function' en anglès) i, d'altra banda, la relació entre el creixement de població d'aquestes àrees metropolitanes durant el període 2000-2012 i el seu PIB per càpita a l'any 2012, a partir d'emprar també el mateix tipus de funció polinòmica local.

Els resultats d'examinar aquestes dues relacions indiquen que existeix en tots dos casos una certa desconexió entre la mida de les àrees metropolitanes i el seu PIB per càpita és a dir, la relació entre la mida i el PIB per càpita de les àrees metropolitanes no pren una forma lineal. També, és important indicar que aquesta no linealitat (i, per tant, desconexió entre la mida i el PIB per càpita) és més evident quan considerem el creixement de població en lloc de la població total de l'àrea metropolitana en un punt determinat del temps, cosa que indicaria que aquelles àrees metropolitanes que serien més capaces d'explotar la seva mida local per assolir més PIB per càpita del que s'espera en base a la seva població, no són necessàriament aquelles que han experimentat un major creixement de la seva població.

En concret, podem observar en la [Figura 2.7a](#) que existeix una forta relació positiva entre la població de les àrees metropolitanes i el seu PIB per càpita fins al llindar dels 9-12 milions de persones ($\ln \approx 16$), que correspon a la població total de les àrees metropolitanes de Chicago, Londres i París. Més enllà dels 9-12 milions podem observar que un augment de la mida poblacional de les àrees metropolitanes no està associat amb un augment del seu PIB per càpita (p. ex., les àrees metropolitanes de Ciutat de Mèxic, Osaka i Seoul, que presenten unes poblacions de 19.802.161, 17.294.189 i 23.572.729 habitants respectivament a l'any 2012, tenen menys PIB per càpita el mateix any que les tres àrees citades més amunt).

A més, podem constatar en la [Figura 2.7b](#) que les àrees metropolitanes que presenten un PIB per càpita més alt a l'any 2012 són les que han experimentat un creixement de població en els dotze anys anteriors entre un 3% ($\ln \approx -3,5$) a un 15% ($\ln \approx -1,9$). Aquests són els casos de les àrees de Philadelphia (3,06%) i Boston (3,76%) d'una banda, i de les àrees de Seattle (15,64%) i Richmond (13,51%) d'altra banda. Per contra, creixements més acusats que un 15% i en particular en relació a les àrees localitzades a Mèxic que han experimentat en alguns casos creixements relatius majors a un 50% (p. ex., aquest és el cas de les àrees de Tijuana i Benito de Juárez), no s'han traduït en un increment important del seu PIB per càpita al llarg del temps.

D'altra banda, les [Figures 2.7a-b](#) mostren que possiblement els efectes de *borrowed size* estan relativament més associats amb les àrees metropolitanes dels Estats Units que no pas en aquells contextos metropolitanos que William Alonso teoritzava, és a dir, amb aglomeracions metropolitanes Europees: "*també és prou visible, encara que pràcticament no s'ha estudiat, que en certs patrons urbans Europeus com els d'Alemanya i dels Països Baixos, on les seves ciutats són bastants petites pels nostres estàndards, poden assolir una escala suficient pel funcionament d'una economia moderna a través de deixar-se prestada la mida*" [traducció pròpia] (Alonso, 1973:200). Per exemple, tal i com es pot veure en la [Figura 2.7a](#), normalment són les àrees metropolitanes dels Estats Units (p. ex., Seattle, Boston, Washington i San Francisco) les que poden obtenir un PIB per càpita més alt a partir d'explotar millor la seva mida local. No obstant, per explorar de forma adequada si els efectes de *borrowed size* es produeixen de forma més significativa en determinat context metropolità s'ha de determinar primer si existeixen o no aquests efectes de 'mida prestada'.

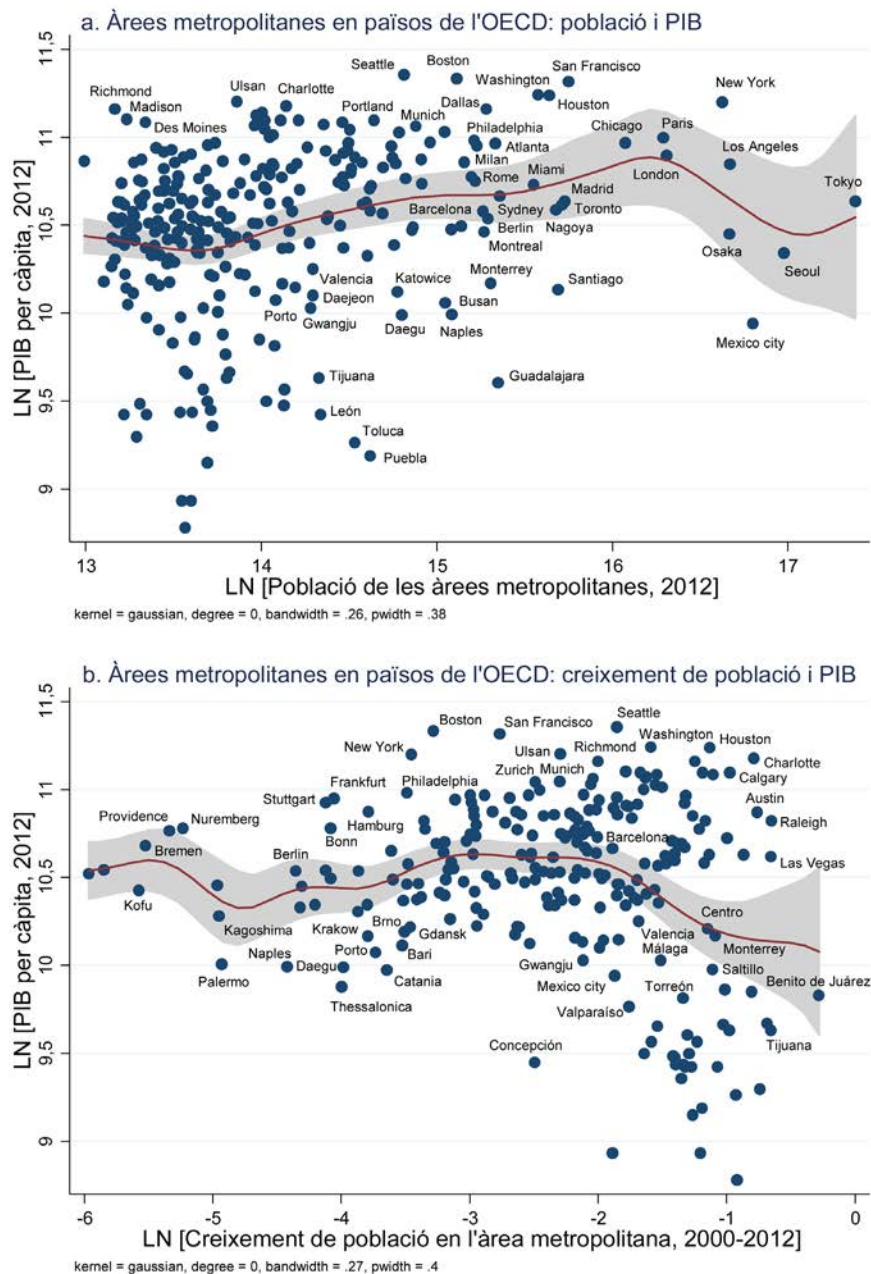


FIGURA 2.7 Desconnexió entre mida i eficiència territorial a l'escala metropolitana

Nota(s): les bases de dades utilitzades provenen de la informació estadística elaborada per l'OECD (Organització de Cooperació i Desenvolupament Econòmic) sobre 'Regions i Ciutats. Àrees Metropolitanes' (vegeu <https://stats.oecd.org>). Per a més informació sobre la definició i mesura de les àrees metropolitanes en països de l'OECD, vegeu [OECD \(2012\)](#).

En aquest sentit, s'ha estimat un model lineal multinivell on la variable dependent és el logaritme del PIB per càpita de les àrees metropolitanes en països de l'OECD a l'any 2012 i les variables independents (també en forma logarítmica) fan referència a aquells factors que, segons la literatura, tindrien un efecte en el PIB per càpita i estan mesurats tant a nivell d'àrea metropolitana (p. ex., nombre total de persones i fragmentació territorial), que correspon al primer nivell d'agregació de les dades com a nivell d'estat (p. ex., inversió directa estrangera i qualitat de governament), que correspon al segon nivell d'agregació de les dades. L'examinació posterior dels residus a qualsevol dels dos nivells permet esbrinar si una àrea metropolitana (o el conjunt d'àrees metropolitanes agrupades en un estat) pot explotar la seva mida (i, per tant, existeixen efectes de *borrowed size*) o no. És a dir, el residu positiu per a una àrea metropolitana

significa que aquesta pren prestada la mida d'altres aglomeracions, ja que aquesta presenta un PIB per càpita més alt del que normalment s'espera per a una àrea metropolitana de la seva mida poblacional. Similarment, una àrea metropolitana que presenta un residu negatiu indica que presenta un PIB per càpita més baix del que es pot esperar en base a la seva mida.

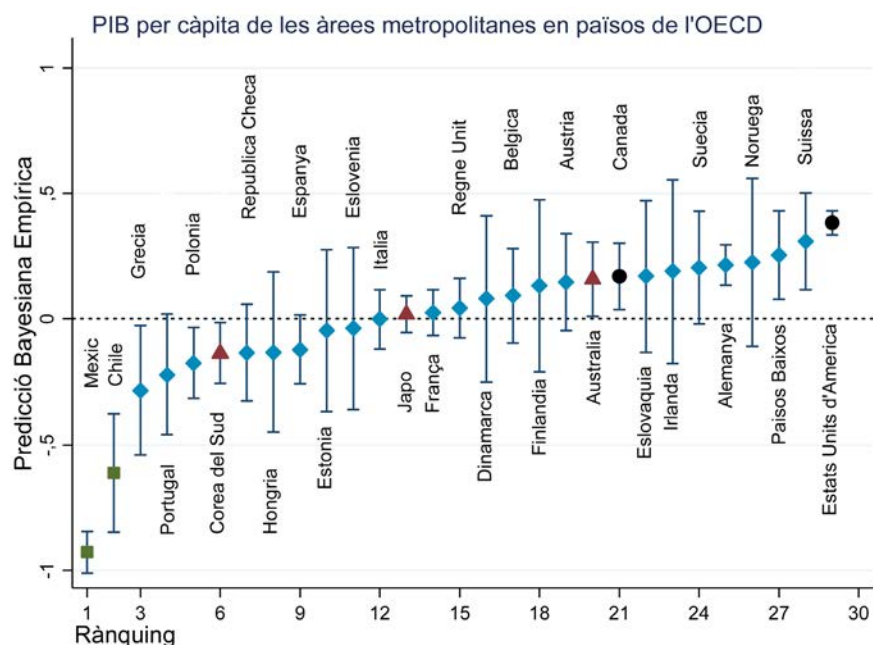


FIGURA 2.8 Gràfic de predicció Bayesiana Empírica amb intervals de credibilitat aproximats al 95% en comparació amb el rànquing de *borrowed size* entre països de l'OECD

Llegenda: la barres amb el cercle negre representen els residus estimats pels països de l'OECD localitzats a Nord Amèrica (aquests són el Canadà i els Estats Units d'Amèrica), amb diamants blaus pels països de l'OECD localitzats en el continent Europeu (p. ex., Alemanya i Països Baixos), amb triangles vermells pels països de l'OECD localitzats a Àsia o a Oceania (Japó, Corea del Sud, i Austràlia) i amb quadrats verds pels països de l'OECD localitzats a Centre-Sud Amèrica (aquests són Mèxic i Chile).
Nota(es): els identificadors dels països de l'OECD estan ubicats tant a dalt com baix dels intervals de credibilitat.

Una manera d'obtenir una mesura estadística comparable amb els residus a nivell d'estat (i per tant, considerant les àrees metropolitanes agrupades en cada estat) d'aquest model lineal multinivell és la computació de les predicció Bayesiana Empírica amb errors estàndards comparatius ('comparative standard errors' o 'marginal prediction error standard deviation' en anglès) a partir de considerar l'estudi de Skrondal i Rabe-Hesketh (2009). La Figura 2.8 mostra aquests residus en ordre d'importància (de més negatius a més positius) pels 29 països de l'OECD en relació al PIB per càpita de les àrees metropolitanes que s'agrupen en aquests països. Les barres indiquen l'interval de credibilitat del 95% per les predicció, mentre que els símbols d'aquestes (quadrat, cercles, triangles i diamants) fan referència al context metropolità on les àrees metropolitanes s'ubiquen (p.ex., la rodona fa referència a Nord Amèrica, és a dir, a les àrees metropolitanes dels Estats Units i del Canadà). La intersecció aleatòria predita per a un estat és significativament diferent de la mitjana dels 29 països de l'OECD considerats si el seu interval de credibilitat del 95% no interseca amb el 0 (línia representada per punts). Per tant, com més baix sigui el rànquing d'un estat (valors més pròxims a 1, que equivalen a un valor de la Predicció Bayesiana Empírica més negatiu), el conjunt de les àrees metropolitanes agrupades en aquest estat no són capaces d'explotar la seva mida per assolir un PIB per càpita més alt del que s'esperaria en base únicament de la seva mida poblacional, independentment de si la predicció d'intersecció aleatòria de l'estat on estan ubicades és també estadísticament diferent de la mitjana dels països de l'OECD.

Les interseccions aleatòries predites pels Estats Units d'Amèrica, Suïssa, Països Baixos, Alemanya, Canadà i Austràlia són significativament majors de la mitjana dels 29 països de l'OECD, indicant doncs, que les àrees metropolitanes d'aquests sis països són les més capaces d'obtenir un PIB per càpita més alt que el que podrien assolir si explotessin únicament la seva mida poblacional local. En concret, la [Figura 2.8](#) mostra que els efectes de *borrowed size* estan relativament més relacionats amb les aglomeracions metropolitanes dels Estats Units que no pas amb aglomeracions metropolitanes dins del context Europeu, com podria ser les àrees d'Alemanya o les dels Països Baixos, tal i com William Alonso teoritzava. Per contra, la [Figura 2.8](#) emfatitza que els països de l'OECD on es produeixen menys efectes de *borrowed size* són els de Mèxic, Chile, Grècia, Portugal, Polònia i Corea del Sud, ja que són els que presenten els valors d'interseccions aleatòries predites més negatius.

En resum, podríem concloure que els efectes de *borrowed size* ocorren de forma més aviat generalitzada, en aglomeracions metropolitanes d'arreu del món i en contextos geogràfics molt diferents i que, per tant, no són exclusius d'aquells sistemes urbans, com els Europeus, que es formen a partir d'aglomeracions urbanes de mida més petita. D'altra banda, el fet que els efectes de *borrowed size* estiguin més associats amb els sistemes urbans dels Estats Units, on els centres de les àrees metropolitanes tenen major mida, podria fer pensar que tampoc els efectes de 'mida prestada' són una particularitat de les aglomeracions urbanes de menys mida i que, per tant, els centres de major mida també podrien ser capaços d'explotar la mida de les àrees del seu entorn per obtenir majors beneficis urbans (p. ex., un PIB per càpita més alt), evitant així la necessitat d'augmentar la seva mida local. En aquest sentit, el següent apartat explora aquesta qüestió, conjuntament amb el rol de l'organització espacial de l'aglomeració monocèntrica versus la policèntrica, pel que fa als efectes de 'mida prestada'.

2.3.3.3 Borrowed size, mida local i policentrisme

Per tal d'explorar el rol de la mida local dels centres i de l'estructura metropolitana (monocèntrica o policèntrica) de les àrees metropolitanes en el desenvolupament d'efectes de *borrowed size*, es parteix dels residus obtinguts a nivell d'àrea metropolitana en el model lineal multinivell anterior (variable dependent = PIB per càpita) i s'estima una sèrie de models logístics binomials on la variable de resposta pren la forma de 1 (sí que existeixen efectes de *borrowed size*) o 0 (no existeixen efectes de *borrowed size*). La identificació de l'existència o no d'efectes de 'mida prestada' per a cada àrea metropolitana en països de l'OECD es duu a terme, tal i com s'ha indicat anteriorment, a partir de la distinció entre els residus positius (existeixen efectes de 'mida prestada') i els negatius (no existeixen efectes de 'mida prestada'). La [Figura 2.9](#) presenta l'efecte marginal de mitjana (AME, per les sigles en anglès) de la mida local i dels tipus de centres de les àrees metropolitanes, així com també l'AME de la interacció entre l'estructura metropolitana (policèntrica o monocèntrica) i la mida local o el tipus de centres. Cal destacar que la variable independent 'tipus de ciutat' és una variable categòrica que defineix 3 categories, en funció de la mida poblacional de tots els centres: (1) àrees centrals de mida petita (menys de 1.500.000 habitants), (2) àrees centrals de mida mitjana (entre 1.500.000 a 5.000.000 habitants), i (3) àrees centrals de gran mida (més de 5.000.000 habitants).

L'anàlisi dels diferents AME que es presenten en la [Figura 2.9](#) permet extreure els següents resultats. En primer lloc, l'AME de la mida local de les àrees centrals de les àrees metropolitanes és de 0,0049 cosa que significa que un increment de la mida poblacional de 100.000 persones incrementa la probabilitat de *borrowed size* en un 0,49%. No obstant, la [Figura 2.9a](#) mostra també que l'AME de la mida local de les àrees centrals no és lineal. En concret, el conjunt de les àrees centrals poden explotar millor la seva mida local a mesura que augmenten la seva mida poblacional fins als 2 o 3 milions d'habitants (85% de les àrees centrals) on l'AME per a aquest llinar poblacional és de 0,0051. A partir d'aquest punt, l'AME de la seva mida local de les àrees centrals disminueix. Es situa per sota de la mitjana (0,00487) quan la

mida poblacional de les àrees centrals assoleix el llindar dels 4.500.000 habitants i estadísticament no significat quan la seva mida local arriba als 16,5 milions d'habitants o més (1,4% de les àrees centrals).

En segon lloc, quan considerem diversos tipus d'àrees centrals (Figura 2.9b) classificades segons la seva mida poblacional (petites, mitjanes i grans), l'AME de les àrees centrals més grans en relació a les àrees més petites és de 0,3643. És a dir, les àrees centrals més grans, en lloc de les àrees més petites, augmenten la probabilitat de *borrowed size* en un 36,43%. No obstant, l'AME de les àrees centrals de mida mitjana amb relació a les àrees més petites és estadísticament significat, tot i presentar el signe positiu esperat.

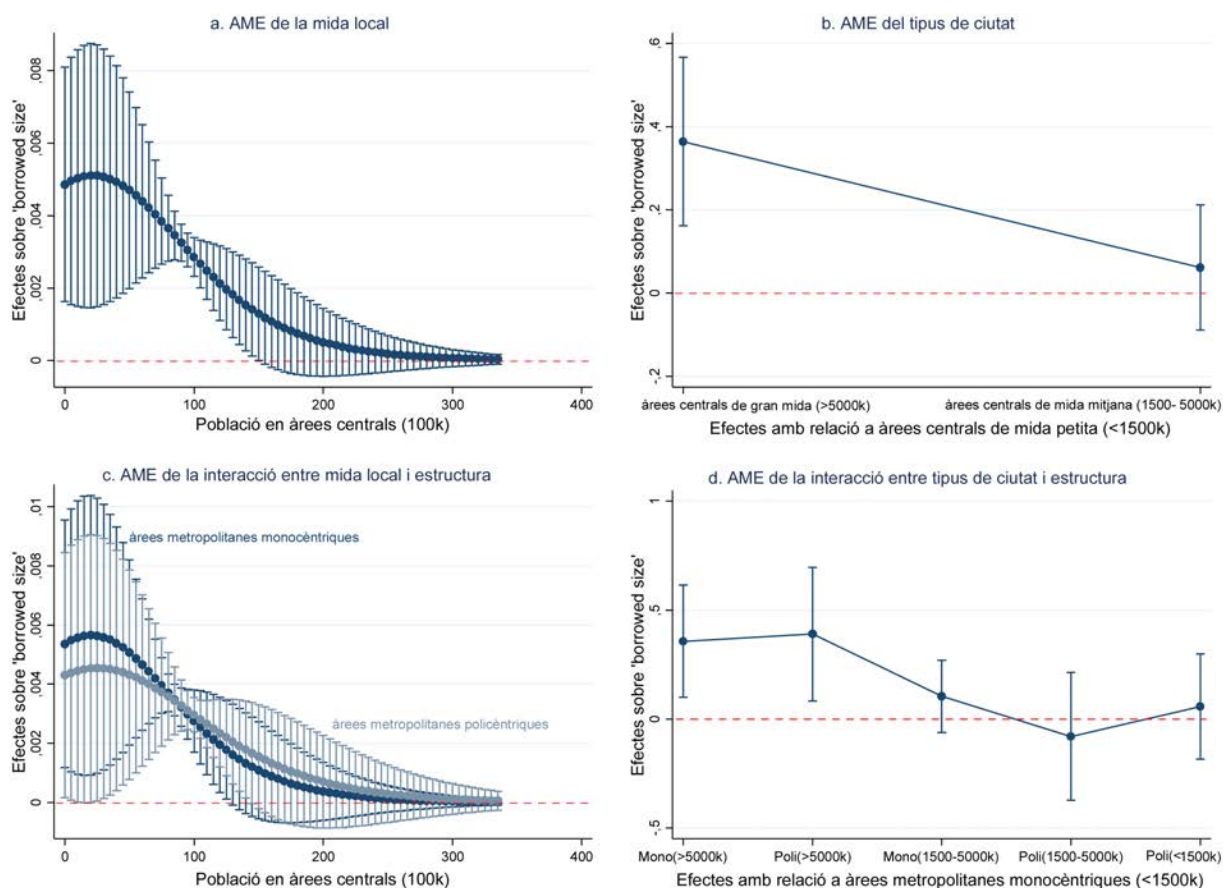


FIGURA 2.9 *Borrowed size* i mida local: estimació de models logístics binomials [*borrowing size* ($\sigma_i=1$)] i d'efectes marginals de mitjana (AME) amb interval de confiança del 95%

En tercer lloc, els AME de la mida local de les àrees centrals, quan aquestes estan organitzades espacialment en una sola àrea (estructura monocèntrica), o quan ho estan en més d'una àrea (estructura policèntrica), indiquen que les àrees centrals són capaces d'explotar millor la seva mida local (és a dir, existeixen majors efectes de *borrowed size*) en una organització espacial monocèntrica de l'aglomeració, en comparació amb una policèntrica, si la seva mida local no supera els 9.000.000 d'habitants (Figura 2.9c). Per exemple, l'AME de la mida local de les àrees centrals d'una àrea metropolitana monocèntrica quan aquestes tenen una població d'uns 2 milions d'habitants és de 0,0056, mentre que l'AME pel cas d'una àrea metropolitana policèntrica és de 0,0045. En contraposició, quan la mida local de les àrees centrals supera els 9 milions d'habitants, llavors la probabilitat que existeixin majors efectes de 'mida prestada' és més alta en les àrees metropolitanes policèntriques fins que la mida local de les àrees centrals d'aquestes arriben als 15,5 milions d'habitants; llindar poblacional on el seu AME passa a ser estadísticament no significatiu.

En quart lloc, quan considerem els AME de la interacció entre diversos tipus d'àrees centrals classificades segons la seva mida poblacional (petites, mitjanes i grans) i diversos tipus d'estructura metropolitana (monocèntrica i policèntrica), es pot observar que la probabilitat de *borrowed size* és significativament major en les àrees metropolitanes policèntriques de més mida (Figura 2.9d). En concret, l'AME de les àrees metropolitanes policèntriques organitzades en àrees centrals de major mida local (conjunt de més de 5 milions d'habitants) amb relació a les àrees metropolitanes monocèntriques de menor mida (àrea central de menys de 1,5 milions d'habitants) és de 0,3900. És a dir, les àrees metropolitanes policèntriques més grans, en comparació a les monocèntriques més petites, augmenten la probabilitat de *borrowed size* en un 39%. En aquest sentit, és important emfatitzar que malgrat que les àrees metropolitanes monocèntriques més grans (les que presenten una àrea central amb més de 5 milions d'habitants) en comparació a les monocèntriques més petites incrementen la probabilitat de *borrowed size* en un 35,67%, aquest AME (0,3567) és inferior al de les àrees metropolitanes policèntriques organitzades en un conjunt d'àrees centrals de més de 5 milions de persones.

2.3.3.4 Borrowed size, integració i policentrisme

Per tal d'ampliar els resultats obtinguts en la Figura 2.9, la Figura 2.10 presenta, d'una banda, l'AME de la integració espacial de les àrees metropolitanes en països de l'OECD a xarxes d'escala internacional, a partir de considerar els fluxos de passatgers aeris (vegeu l'anterior Figura 2.6) i, d'altra banda, l'AME de la interacció entre l'estructura metropolitana (policèntrica o monocèntrica) i la integració de les àrees a la xarxa internacional de passatgers aeris. Aquestes AME també es computen a partir de considerar els residus obtinguts a nivell d'àrea metropolitana en el model lineal multinivell anterior (variable dependent = PIB per càpita) i estimant una sèrie de models logístics binomials on la variable de resposta pren la forma de 1 (sí que existeixen efectes de *borrowed size*) o 0 (no existeixen efectes de *borrowed size*).

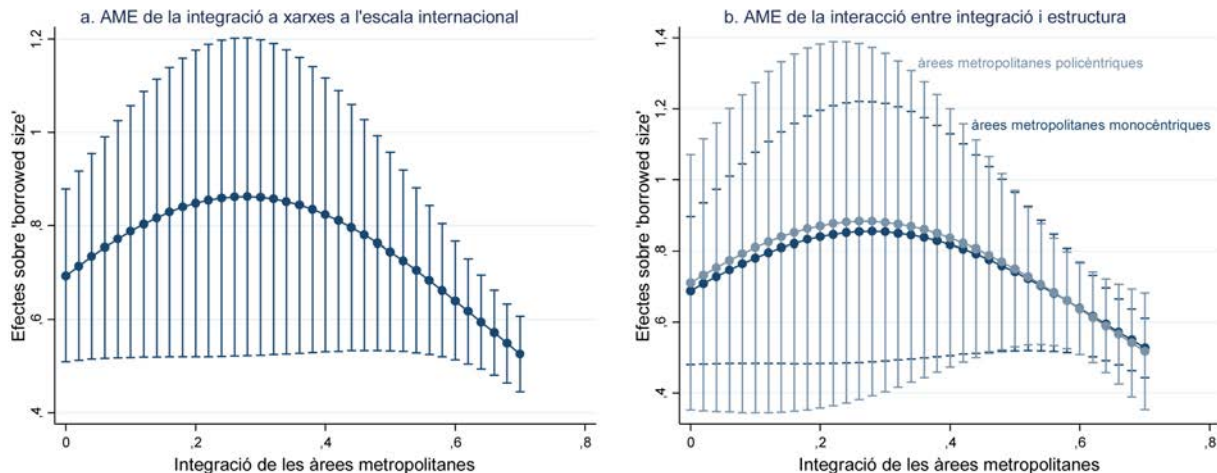


FIGURA 2.10 *Borrowed size* i integració: estimació de models logístics binomials [*borrowing size* ($\delta=1$)] i d'efectes marginals de mitjana (AME) amb interval de confiança del 95%

L'examinació dels diferents AME que es mostren en les Figures 2.10 permet emfatitzar dos resultats principals. En primer lloc, l'AME de la integració espacial de les àrees centrals de les àrees metropolitanes a la xarxa internacional de passatgers aeris és de 0,7796, cosa que significa que un increment de 0,1 punts en la integració espacial a xarxes macroterritorials de les àrees centrals on s'ubiquen els aeroports d'una àrea metropolitana augmenta la probabilitat que aquestes puguin explotar la seva mida local per obtenir majors externalitats positives de les economies d'aglomeració del que s'esperaria en base únicament de

la seva mida local (*borrowing size*) en un 7,80%. No obstant, l'AME de la integració espacial de les àrees centrals tampoc és lineal i pren la forma d'U invertida: l'AME de la integració espacial augmenta fins a un valor de 0,8621, que correspon a un d'integració espacial de 0,28, i a partir d'allà disminueix fins a 0,5260, valor que es correspon a un valor d'integració espacial de 0,70 (Figura 2.10a).

En segon lloc, la magnitud dels AME de la integració espacial de les àrees centrals de les àrees metropolitanes són lleugerament majors quan l'estructura espacial de l'aglomeració és policèntrica en lloc de monocèntrica (Figura 2.10b), cosa que significa que les estructures metropolitanes policèntriques tenen més capacitat d'explotar la seva mida local (*borrowing size*), mitjançant la integració en xarxes macroterritorials, que les monocèntriques.

2.3.3.5 Borrowed size, mida local, integració i policentrisme

Per tal d'abordar la quarta pregunta plantejada anteriorment en aquesta subsecció 'Com es relaciona conjuntament el tipus de ciutat, la integració espacial i el tipus d'estructura espacial metropolitana amb els efectes de *borrowed size*' la Figura 2.11 mostra (1) l'AME de la interacció entre la mida local i la integració espacial a xarxes internacionals de les àrees centrals de les àrees metropolitanes (Figura 2.11a), (2) l'AME de la interacció entre el tipus de ciutat i la integració espacial (Figura 2.11b), (3) l'AME de la interacció entre la mida local, la integració espacial i l'estructura metropolitana (Figura 2.11c), i (4) l'AME de la interacció entre el tipus de ciutat, la integració espacial i la estructura metropolitana (Figura 2.11d).

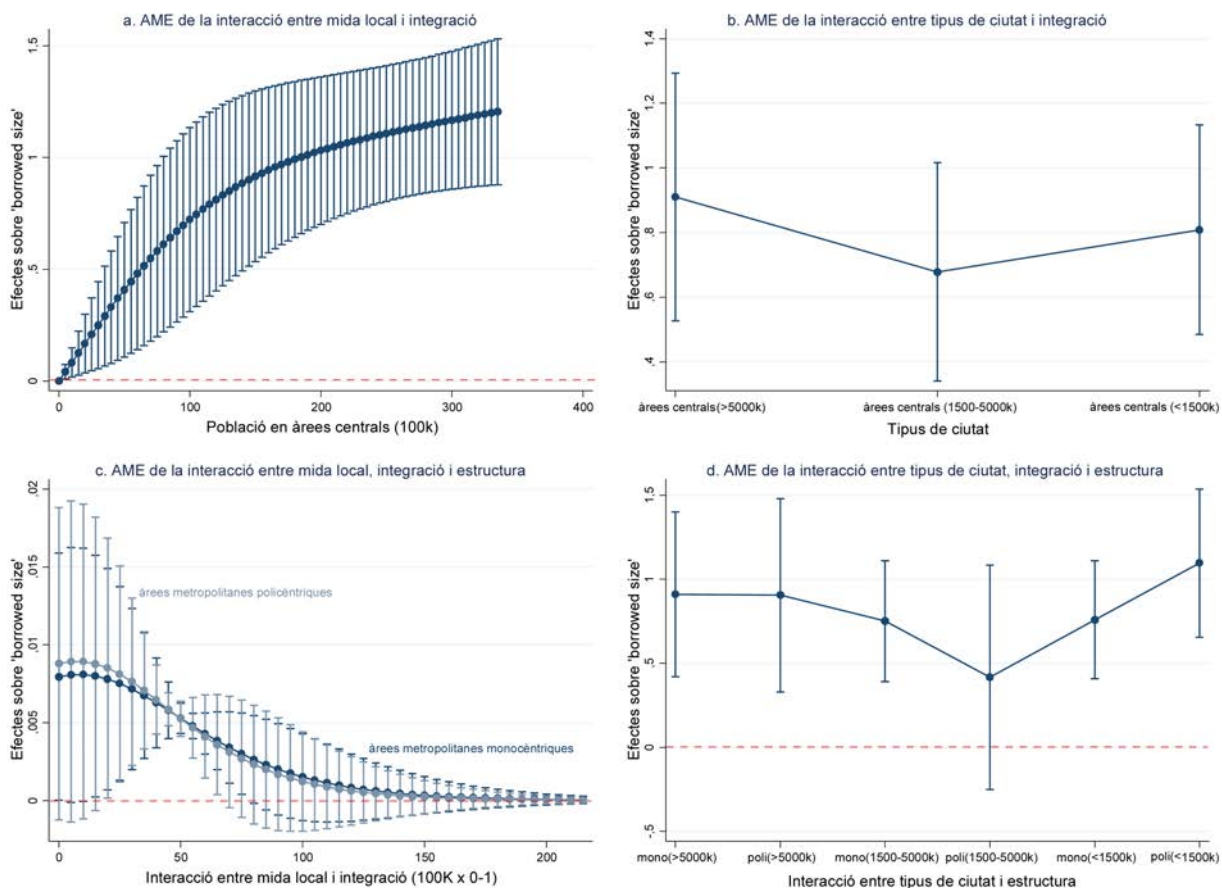


FIGURA 2.11 *Borrowed size*, mida local i integració: estimació de models logístics binomials [*borrowing size* ($\hat{s}_i=1$)] i d'efectes marginals de mitjana (AME) amb interval de confiança del 95%

En aquest sentit, podem constatar els següents quatre punts. En primer terme, la magnitud de l'AME de la integració espacial de les àrees centrals de les àrees metropolitanes en el desenvolupament d'efectes de *borrowed size* augmenta a mesura que la mida local d'aquestes àrees centrals també s'incrementa, concretament fins arribar al llindar poblacional dels 10 milions d'habitants. En segon terme, els efectes de la integració espacial a xarxes d'escala internacional en l'explotació de la mida local de les àrees centrals són significativament majors quan el conjunt de les àrees centrals presenten, en primera instància, una mida poblacional superior als 5 milions d'habitants i, en segona instància, inferior als 1,5 milions. En tercer terme, quan l'efecte de la mida local en la 'mida prestada' es modera amb el grau d'integració espacial a xarxes macroterritorials de les àrees centrals de les àrees metropolitanes, la probabilitat que aquestes àrees centrals obtinguin majors beneficis d'aglomeració que els que s'esperaria únicament en base a la seva mida local (*borrowing size*) és major en configuracions metropolitanes policèntriques que en monocèntriques. En quart terme, la magnitud dels AME de la integració espacial en el desenvolupament d'efectes de *borrowed size* és significativament més rellevant en estructures metropolitanes policèntriques de petita mida o de gran mida (les que presenten una població en el conjunt d'àrees centrals de més de 5 milions d'habitants i menys de 1,5 milions, respectivament) que en monocèntriques, tant de gran mida com de petita mida (les que presenten una àrea central amb més de 5 milions d'habitants i menys de 1,5 milions respectivament).

§ 2.4 Conclusions

Aquest capítol s'ha centrat en el fet de produir avenços teòrics en la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració a escala intrametropolitana i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals, a partir de considerar la literatura existent en aquest àmbit i reunint conceptes de les externalitats de les economies d'aglomeració poc estudiats en la literatura, específicament els conceptes de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities*. A més, aquest capítol ha proporcionat una aplicació empírica dels avenços teòrics proposats, que han estat sintetitzats en la proposta d'un nou marc teòric que permet una exploració empírica més àmplia de la relació entre policentrisme i eficiència territorial, a través de considerar les àrees metropolitanes en països de l'OECD. La pregunta de recerca que ha servit, doncs, de guia per assolir aquest objectiu ha estat: Com s'ha conceptualitzat la relació entre policentrisme i eficiència territorial en l'àmbit de la recerca, i com es pot renovar aquesta conceptualització per permetre una examinació més àmplia dels efectes del policentrisme?.

La revisió de l'estat de l'art respecte a la relació entre l'estructura metropolitana policèntrica i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals, prenent com a punt de partida les teories de l'aglomeració, ha il·lustrat principalment que els resultats no concloents en la literatura actual sobre els efectes del policentrisme es poden explicar, no només per les diferents aproximacions existents sobre la definició i identificació del policentrisme a diverses escales territorials, sinó també per com aquestes aproximacions han mesurat els efectes del policentrisme. És a dir (1), per la manca de consideració de tots els àmbits de les economies d'aglomeració (l'abast industrial, l'abast geogràfic i l'abast macroterritorial), tant de la literatura sobre la relació entre policentrisme i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals a l'escala intrametropolitana com de la literatura a l'escala regional, i (2) per l'existència d'aproximacions analítiques que defineixen les estructures urbanes policèntriques d'una manera massa general per abordar acuradament els efectes del policentrisme, doncs no identifiquen empíricament els centres que formen la pròpia estructura policèntrica i, per tant, dificulten l'examinació empírica dels efectes del policentrisme en base a les externalitats de les economies d'aglomeració que es desenvolupen per la co-existència de múltiples centres.

D'altra banda, la revisió de les recents reinterpretacions teòriques en la literatura sobre els conceptes originals de *borrowed size*, *agglomeration shadows*, i *network externalities* ha mostrat que presenten qüestions que s'han d'abordar per interpretar més adequadament el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana policèntrica des de l'òptica de l'abast geogràfic i macroterritorial de les economies d'aglomeració. Aquestes qüestions són (1) la confusa i imprecisa definició d'àrea metropolitana i d'estructura policèntrica, que els estudis que han reinterpretat aquests tres conceptes citats més amunt han considerat com ho és, per exemple, l'equivalència incorrecta entre MUA i àrea metropolitana, (2) els intents de desenvolupar 'nous termes' (p. ex., el de *borrowed performance* i el de *borrowed function*) per descriure conceptes ja existents en la literatura (p. ex., els efectes de proximitat als centres), possiblement a causa de l'afany per distingir-se d'altres conceptes i així assolir un reconeixement en l'estudi del policentrisme i dels seus (des)avantatges, (3) les reinterpretacions inexactes del concepte d'*agglomeration shadows*, com ho són aquelles que es basen en conceptualitzar aquests efectes de les 'ombres d'aglomeració' des d'una òptica estàtica de les externalitats de les economies d'aglomeració, cosa que contradiu l'essència del concepte original introduït pels models teòrics de la 'Nova Geografia Econòmica', i (4) els refinaments metodològics que es poden introduir en l'examinació empírica dels estudis que han explorat la seva reconsideració dels conceptes originals de 'mida prestada' i 'd'ombres d'aglomeració', com ho són la introducció del modelatge multinivell per controlar adequadament la variació interna (efectes intra-grupals) i transversals (efectes inter-grupals) i evitar així un biaix en els resultats obtinguts.

La proposta d'un nou marc teòric que pugui examinar més àmpliament els efectes del policentrisme en l'eficiència territorial a l'escala intrametropolitana i l'aplicació empírica d'aquest marc teòric, considerant les àrees metropolitanes en països de l'OECD, ha abordat amb cura aquestes sis qüestions mencionades més amunt per tal de resoldre-les. Respecte al marc teòric sobre la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals que s'ha proposat en aquest capítol, és important emfatitzar que s'ha basat en la consideració de les diferents dimensions d'una estructura espacial policèntrica que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració (i de les seves externalitats) en una àrea metropolitana, tot integrant els diferents àmbits de les economies d'aglomeració (industrial, geogràfic i macroterritorial) i els conceptes de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities*.

En aquest sentit, el marc teòric renovat sobre els efectes del policentrisme ha considerat quatre dimensions diferents. La primera dimensió fa referència a l'abast industrial de les economies d'aglomeració i, com a tal, considera les externalitats de les economies d'aglomeració resultants de la mida dels centres (ciutat central i centres secundaris), és a dir, que es desenvolupen principalment a partir de les seves economies d'urbanització a l'escala local. La segona dimensió fa referència a l'abast geogràfic de les economies d'aglomeració i, com a tal, considera la dispersió o extensió espacial (geogràfica) de les externalitats de l'aglomeració dels centres envers les àrees del seu entorn, cosa que a la vegada ha permès la conceptualització dels efectes d'*agglomeration shadows* per explicar les dinàmiques d'aquestes àrees pròximes als centres a través del temps. Dispersió de les economies d'aglomeració dels centres que s'ha denominat en la literatura com 'els efectes de la proximitat als centres' i que el marc teòric proposat els equipara als efectes de *borrowed size*, quan aquests es desenvolupen a l'escala local, és a dir, entre centres i àrees del seu entorn. La tercera i quarta dimensió fa referència a l'abast macroterritorial de les economies d'aglomeració i com a tal considera les externalitats de les economies d'aglomeració que resulten d'explorar relacions i fluxos de xarxes de complementaritat (integració vertical) i cooperació (integració horitzontal) entre persones i empreses localitzades en centres. Aquestes externalitats s'han denominat en la literatura com a *network externalities* i el marc teòric proposat sosté que es poden denominar com a efectes de *borrowed size* a escales territorials superiors a la local. Mentre que la tercera dimensió, segons el marc teòric que es proposa, es basa en el desenvolupament d'externalitats de les economies d'aglomeració que resulten d'explorar la mida agregada dels centres

mitjançant la intensitat de la seva integració a l'escala metropolitana, la quarta dimensió es basa en el desenvolupament d'externalitats de les economies d'aglomeració mitjançant les interaccions entre centres en xarxes regionals, estatals i internacionals, és a dir, on la integració en xarxa és l'element clau pel desenvolupament de les economies d'aglomeració i la proximitat als centres és negligible.

Pertant, la conceptualització sobre la relació entre el policentrisme i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals proposada per aquest nou marc teòric sosté que el desenvolupament de les economies d'aglomeració i de les seves externalitats en una àrea metropolitana és una combinació de la mida dels centres, de la proximitat a altres llocs i de la interacció entre centres en xarxes a múltiples escales territorials, des de l'escala metropolitana a l'escala regional, estatal i internacional. La traducció d'aquestes quatre dimensions d'una estructura policèntrica en un marc empíric es realitza segons aquest marc teòric a partir d'examinar els efectes (1) d'estar localitzat en els centres o orientat cap als centres, (2) d'estar localitzat a prop dels centres, i (3) dels patrons d'interacció entre els centres a l'escala metropolitana, així com també (4) a l'escala regional, estatal i internacional.

L'aplicació empírica d'aquest nou marc teòric, considerant les àrees metropolitanes en països de l'OECD, ha il·lustrat que existeix una desconexió entre la mida de les àrees metropolitanes i el desenvolupament d'externalitats positives de les economies d'aglomeració en aquestes àrees, és a dir, ha emfatitzat que existeixen àrees—i en particular, les localitzades en els Estats Units, Suïssa, Països Baixos, Alemanya, Canadà i Austràlia—que són capaces d'explotar la seva mida local per assolir més beneficis d'aglomeració (p. ex., PIB per càpita) que els que s'esperaria en base únicament a la seva mida local, cosa que indica, per tant, que els efectes de *borrowed size* no han de ser entesos com una única particularitat dels sistemes urbans Europeus. A més, s'ha emfatitzat que els efectes de *borrowed size* augmenten generalment a mesura que, d'una banda, (1) la mida dels centres i (2) la seva integració espacial a xarxes internacionals també s'incrementa i, d'altra banda, (3) si l'organització espacial de l'aglomeració és policèntrica en lloc de monocèntrica, cosa que reforça el marc teòric proposat per aquest capítol sobre la relació entre policentrisme i eficiència territorial i, en concret, sobre la importància de considerar la mida dels centres i la seva integració a l'escala internacional.

En certa mesura, doncs, es pot concloure que el marc conceptual renovat proposat en aquest capítol amb relació al vincle entre policentrisme i eficiència territorial, pot permetre una exploració empírica més àmplia dels (des)avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme a l'escala metropolitana i en conseqüència, servir de guia pel desenvolupament de la part empírica d'aquesta tesi. En aquest sentit, els següents [capítols 3, 4 i 5](#) examinen els efectes del policentrisme en els patrons de mobilitat agregada, l'ús d'energia residencial, els salaris de les persones, i els costos de l'habitatge en base a aquest marc conceptual.

PART 2 **Policentrisme i Eficiència Territorial:
tres avenços empírics**



3 Policentrisme i patrons de mobilitat agregada

§ 3.1 Introducció

3.1.1 Descripció del Problema d'investigació

La mobilitat de les persones en les aglomeracions urbanes i metropolitanes ha atret cada cop més en les últimes tres dècades l'interès, tant dels acadèmics com dels legisladors de política pública; doncs planteja reptes importants, principalment des del punt de vista ambiental i social, que s'han d'abordar amb urgència. La pressió per mitigar l'escalfament global i el conseqüent canvi climàtic demana reduir les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) relacionades amb el transport i afavorir l'ús de mitjans de transport més sostenibles, és a dir, el transport públic i els mitjans de transport no motoritzats (bicicleta i a peu). Actualment, per exemple, el sector del transport representa el 33% i el 26% del total de les emissions de CO₂ dels Estats Units i d'Europa procedents de la combustió de combustibles fòssils (vegeu [European Environment Agency, 2015](#); [U.S. Environmental Protection Agency, 2015](#)).

El repte social és assegurar que els grups de població amb menys ingressos tinguin accés als llocs de treball i a les funcions urbanes (p. ex. universitats, hospitals, i museus) a un cost que sigui acceptable, tant en termes financers com en termes de distància i temps de viatge diari. S'estima, per exemple, que entre un 8% i un 16% dels ingressos de les persones que viuen en àrees urbanes d'arreu del món es destinen al transport, una proporció que pot arribar a ser més del 25% pels grups de població amb menys ingressos i residents de països en vies de desenvolupament (vegeu [World Bank, 2002](#)).

Dues solucions potencials s'han proposat en l'àmbit acadèmic i en el de la política pública per tal d'abordar aquesta problemàtica ambiental i social que es deriva del transport. En primer lloc, una solució potencial passa per assolir els objectius de reducció de les emissions de GEH, de la distància de viatge, i del temps de viatge, així com de l'augment de l'ús de mitjans de transport més sostenibles mitjançant la 'mobilitat sostenible'—p. ex., la introducció de combustibles amb baix contingut de carboni i de noves tecnologies que augmentin l'eficiència del combustible o la implementació de mesures polítiques, com impostos sobre la gasolina i tarifes de congestió (vegeu, p. ex., [Glaeser i Kahn, 2010](#); [Mui et al., 2007](#)).

En segon lloc, una altra solució per abordar els reptes actuals a nivell ambiental i social del transport és mitjançant un 'urbanisme sostenible'—p. ex., els moviments pel Nou Urbanisme ('New Urbanism' en anglès) i pel Creixement Intel·ligent ('Smart Growth' en anglès) en els Estats Units i per la Ciutat Compacta ('Compact-City' en anglès) a Europa promouen la inserció de modificacions en els atributs del medi construït ('built environment' en anglès) com a estratègia de desenvolupament eficaç per reduir els costos ambientals i socials associats amb la mobilitat (vegeu, p. ex., [Ewing i Cervero, 2001](#); [2010](#); [Stead i Marshall, 2001](#)).

Malgrat que es poden reduir substancialment els costos ambientals i socials relacionats amb el transport (p. ex., reduir les emissions de CO₂), mitjançant solucions basades en la 'mobilitat sostenible' ([Glaeser i Kahn, 2010](#)), aquestes no són suficients per assolir els objectius establerts per diverses directives d'àmbit estatal i internacional amb relació a les implicacions de la mobilitat (p. ex., reduir un 17% i un 20% les emissions de GEH en els Estats Units i a la Unió Europea respectivament, considerant

l'horitzó de l'any, 2020) (vegeu, p. ex., [European Environment Agency, 2012](#); [Ewing et al., 2008](#)). Això ha fet despertar un interès cada cop més important per a les solucions orientades cap a 'l'urbanisme sostenible', doncs a causa del fet que amb aquest tipus de solucions es pot determinar l'organització espacial de les funcions econòmiques i residencials del territori, així com també de les facilitats urbanes, tant els acadèmics com els legisladors de pública les conceben com una estratègia útil a llarg termini per tal de reduir els costos socials i ambientals del transport.

En aquest sentit, un gran nombre d'estudis existents en la literatura en l'àmbit de la geografia humana i del transport han examinat empíricament la relació entre els atributs del medi construït (p. ex., densitat de llocs de treball, diversitat de l'ús del sòl, proporció de llocs de treball-habitatge, i proximitat a les estacions de transport públic) i alguna de les dimensions de la mobilitat de les persones (p. ex., distància de viatge, temps de viatge, selecció dels mitjans de transport, i emissions de CO₂), per tal d'abordar la importància de les polítiques públiques en la reducció dels costos socials i ambientals del transport. No obstant, aquesta relació entre els atributs del medi construït i la mobilitat de les persones és complexa i fins a la data, l'extens nombre d'estudis empírics no ha conduït encara cap a resultats concloents sobre els efectes del medi construït (vegeu, p. ex., l'excel·lent revisió sobre l'estat de l'art en aquesta qüestió realitzada per [Ewing i Cervero, 2010](#)).

D'una banda, un grup d'estudis il·lustren com un desenvolupament compacte caracteritzat per una major densitat i diversitat de l'ús del sòl, orientat a l'ús més intensiu del transport públic, i dissenyat per fomentar un major ús de mitjans de transport no motoritzats (bicicleta i a peu) està positivament associat amb menys emissions de CO₂ del transport ([Aguilera i Voisin, 2014](#); [Lee i Lee, 2014](#)), amb menors distàncies ([Cervero i Murakami, 2010](#); [Ewing et al., 2015](#); [Ma et al., 2015](#)) i temps de viatge ([Lin et al., 2015](#)), i un major ús del transport públic o no motoritzat en relació al transport privat ([Bento et al., 2005](#); [Hamidi et al., 2015](#)). D'altra banda, altres estudis indiquen que la magnitud dels efectes dels atributs del medi construït en el temps de viatge ([Glaeser i Kahn, 2004](#)), en la distància de viatge ([Wang, 2013](#)), en les emissions de CO₂ relacionades amb el transport ([Yang et al., 2015](#)), i la selecció de mitjans de transport més sostenibles ([Cervero i Kockelman, 1997](#)), és modesta o, fins i tot, que els seus efectes no són estadísticament significants ([Feng et al., 2013](#); [Schwanen, 2001](#)).

En aquest context, el coneixement sobre la importància dels processos d'urbanització d'àrees metropolitanes i, en concret, del desenvolupament d'una estructura metropolitana policèntrica (estructura basada en més d'una ciutat identificada com a centre), en els patrons de mobilitat de les persones, és encara escàs, malgrat ésser aquesta relació possiblement clau per aportar nova llum en els costos socials i ambientals del transport. Més específicament, la qüestió és si el desenvolupament de múltiples centres en una àrea metropolitana permet la reorganització dels patrons de mobilitat de les persones cap a una major eficiència social i ambiental. L'escassa literatura disponible sobre la relació entre el policentrisme i els patrons de mobilitat ha examinat empíricament tres dimensions importants d'aquesta relació que, a més, estan interrelacionades entre si.

La primera dimensió examina si el desenvolupament policèntric permet la co-localització dels llocs de treball, de les facilitats urbanes, i de les persones; conduint així cap a distàncies de viatge i temps de viatge més curts. Aquest reajustament periòdic de la localització de les empreses i de les persones, i el seu efecte positiu en la distància i el temps de viatge de les persones, es coneix en la literatura acadèmica com a 'hipòtesi de co-localització'. La segona dimensió examina si el policentrisme afecta les decisions dels individus en la selecció de mitjans de transport ambientalment més sostenibles i, en concret, si facilita un ús més intens del transport públic o dels mitjans de transport no motoritzats (bicicleta i a peu) amb relació als mitjans de transport privats. La tercera dimensió examina si el desenvolupament policèntric facilita la reducció del consum d'energia relacionat amb el transport, és a dir, si el policentrisme mitiga les emissions de GEH que es deriven de la mobilitat.

Malgrat que una part de la literatura acadèmica, que ha analitzat aquestes tres dimensions de la relació entre el policentrisme i els patrons de mobilitat, ha corroborat empíricament els efectes positius del policentrisme citats més amunt (vegeu, p. ex., [Gordon i Lee, 2014](#); [Nasri i Zhang, 2014](#); [Song et al., 2012](#); [Vega i Reynolds-Feighan, 2008](#); [Veneri, 2010](#)), altres estudis han emfatitzat que el desenvolupament policèntric no està associat ni amb una major reducció de la distància de viatge (p. ex., [Aguilera, 2005](#); [Melo et al., 2012](#)), ni del temps de viatge (p. ex., [Cervero i Wu, 1998](#); [Schwanen et al., 2003, 2004](#)), ni de les emissions de CO₂ (p. ex., [Burgalassi i Luzzati, 2015](#); [Lee i Lee, 2014](#)), ni tampoc amb un major ús dels mitjans de transport més sostenibles (p. ex., [Schwanen et al., 2001, 2002, 2004](#)).

En aquest sentit, l'estudi recent realitzat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#) ha contribuït a aclarir el rol (beneficis) del policentrisme envers la distància de viatge, el temps de viatge, la selecció de mitjans de transport més sostenibles, i les emissions de CO₂ ja sigui a causa de motius laborals (residència-treball) com de motius quotidians (p. ex., compres i oci), a través de la proposta i implementació de diverses millores per a l'anàlisi empírica de la relació entre policentrisme i mobilitat (p. ex., l'aplicació d'un marc empíric que aborda les raons metodològiques per les quals es troben discrepàncies de resultats). No obstant, el fet que l'estudi [op. cit.](#) hagi enfocat la relació policentrisme i mobilitat considerant només la variació micronivell del comportament de la mobilitat de les persones (és a dir, utilitzant dades jeràrquiques: persones agrupades en municipis), possibilita estendre el coneixement actual sobre com el policentrisme impacta en els costos socials i ambientals del transport, a partir de dur a terme una anàlisi empírica considerant la variació agregada a un nivell geogràfic determinat (p. ex., a nivell de municipi) del comportament de la mobilitat de les persones.

3.1.2 Motivació i objectiu de la recerca

Abordar el vincle entre policentrisme i patrons de mobilitat agregada pot, per tant, aportar nova llum pel que fa referència a si el policentrisme té els efectes positius assumits en l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes i, en particular, amb relació a l'equitat social i a la sostenibilitat ambiental (vegeu [secció 2.2](#) en el [capítol 2](#)). També, aquesta recerca té importants implicacions per a la planificació territorial i l'elaboració de polítiques públiques ja que la mitigació i adaptació del canvi climàtic i, per tant, la conseqüent necessitat de reduir el consum d'energia relacionat amb el transport, ha esdevingut una de les principals preocupacions dels professionals per a la planificació territorial (p. ex., arquitectes i urbanistes) i dels legisladors de política pública d'organismes governamentals. És a dir, els resultats d'aquesta investigació també aporten un coneixement útil sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial (vegeu [Figura 1.4](#) en la [introducció d'aquesta tesi](#)). Més específicament: els efectes estimats del policentrisme en l'eficiència territorial poden ésser utilitzats a manera d'evidència informada amb l'objectiu d'elaborar un conjunt de directrius per a les polítiques de planificació territorial; aquestes podrien ésser d'interès pels autors de plans territorials per a àrees metropolitanes a causa de l'habilitat d'aquestes recomanacions per ajudar a assolir els objectius dels plans territorials, per exemple, amb relació al desenvolupament del transport públic per fomentar una major sostenibilitat ambiental.

L'objectiu d'aquest capítol, és per tant, contribuir a la discussió sobre el policentrisme i els patrons de mobilitat a través de respondre la següent pregunta de recerca específica (vegeu [secció 1.5](#) en el [capítol 1](#)): En quina mesura el policentrisme fomenta un major ús del transport públic, un menor temps i distància de viatge, així com també menors emissions de CO₂ del transport, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial? Així doncs, aquest capítol explora la intensitat amb què l'estructura metropolitana policèntrica de la regió metropolitana de Barcelona influeix, a través de la variació agregada a nivell municipal del comportament de les persones, en les activitats i externalitats de la mobilitat.

3.1.3 Contribucions

3.1.3.1 A la literatura

Per tal d'abordar adequadament la pregunta de recerca, aquest estudi aplica un marc empíric en acord a la proposta d'un model conceptual que descriu més acuradament les relacions compostes (directes i indirectes) i causals entre el policentrisme i les activitats i externalitats de la mobilitat agregada, p. ex., a l'escala territorial dels municipis. Aquest model conceptual per si mateix contribueix a la literatura, doncs, a partir de considerar els estudis previs sobre la relació entre policentrisme o atributs del medi construït i mobilitat, aporta un millor coneixement de les raons per les quals hi ha discrepàncies en la literatura, amb relació als efectes del policentrisme i del medi construït en el temps de mitjana de viatge, la distància de mitjana de viatge, les emissions de mitjana de CO₂ del transport, i la proporció de viatges amb transport públic. En aquest sentit, el model conceptual identifica vincles causals omesos en la literatura existent; p. ex., es proposa com els atributs del medi construït poden estar interconnectats entre si o com poden estar connectats amb l'estructura espacial metropolitana ja que el comportament de la mobilitat de les persones depèn cada cop més de l'existència d'una estructura policèntrica.

Tant el model conceptual com el marc empíric que se'n deriva, també incorpora i quantifica, per exemple, els efectes directes i indirectes dels atributs sociodemogràfics (p. ex., nivell d'ingressos de mitjana de les persones residents) i de l'habitatge (p. ex., tipus) dels municipis a partir d'utilitzar les bases de dades disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona. D'aquesta manera, aquest estudi pot abordar indirectament el problema de l'auto-selecció residencial ('residential self-selection' en anglès), existent en alguns estudis de la literatura sobre atributs del medi construït i mobilitat, doncs, en vista de la manca de dades disponibles sobre les actituds de les persones per a la regió metropolitana de Barcelona, s'ha controlat la informació sociodemogràfica de les persones.

El marc empíric combina el modelatge d'equació estructural ('structural equation modeling' en anglès) i l'aproximació Bayesiana a la inferència estadística en un marc empíric unificat, que és definit com a modelatge d'equació estructural Bayesiana ('Bayesian structural equation modeling' en anglès) per la literatura economètrica (vegeu, p. ex., [Muthén i Asparouhov, 2012](#)). Aquest mètode no ha estat utilitzat encara per estudiar la relació entre el policentrisme i els patrons de mobilitat, malgrat els seus grans avantatges.

El modelatge d'equació estructural, permet l'ús d'un gran nombre de variables endògenes i exògenes per tal d'identificar, desllorigar, i simultàniament estimar relacions causals complexes. Per tant, l'ús del modelatge d'equació estructural contribuirà a considerar, per exemple, els efectes compostos (directes i indirectes) del policentrisme i dels atributs del medi construït en l'eficiència dels patrons de mobilitat agregada, i la possible correlació entre les activitats i externalitats de la mobilitat (p. ex., entre la distància de viatge i les emissions de CO₂ del transport). L'aproximació Bayesiana, al seu torn, permet aprofitar millor el coneixement que es té sobre els paràmetres d'un model economètric, ja que simula les distribucions posteriors dels paràmetres en base a la seva distribució a priori i a la funció de versemblança avaluada fent servir les dades observades i, per tant, permet realitzar inferències causals on l'obtenció dels paràmetres és més robusta i amb menys biaix, en comparació a quan s'utilitza el mètode estàndard de Màxima Versemblança Robusta ('Robust Maximum Likelihood' en anglès).

Aquest capítol, finalment, també contribueix a la literatura en la mesura que estén el coneixement actual sobre com el policentrisme exerceix un impacte en l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes a partir de considerar (i estendre) el marc conceptual proposat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), amb l'objectiu de permetre una examinació àmplia dels efectes del policentrisme. L'aplicació (i extensió) d'aquest marc conceptual implica considerar en el plantejament d'aquesta recerca els següents dos aspectes. En

primer lloc, la consideració de la definició de centre proposada per [op. cit.](#) en lloc d'adoptar una definició generalista d'estructura policèntrica metropolitana, on els seus centres no són identificats i, per tant, una definició que obstaculitza una anàlisi empírica acurada dels efectes del policentrisme. D'aquesta manera, aquest capítol utilitza els 13 centres identificats en la regió metropolitana de Barcelona per [op. cit.](#) i que han resultat ser, en comparació a altres centres identificats en la mateixa regió, però considerant altres definicions, les ciutats que tenen el nivell més alt d'economies d'aglomeració i que projecten les ombres d'aglomeració de més ample abast (especialment) i més potents sobre els seus entorns (vegeu [capítol 5](#) de l'[op. cit.](#)). Una definició de centre equivalent a aquesta, tal i com s'ha argumentat en el [capítol 2](#), seria que els centres són aquelles ciutats que tenen el nivell més alt d'economies d'aglomeració en una àrea metropolitana i que millor exploten la mida local dels seus entorns i la d'altres ciutats mitjançant la seva integració en xarxes a múltiples escales (p. ex., metropolitana, regional i internacional) per obtenir majors externalitats d'aglomeració que els que s'esperaria en base a la seva mida local.

En segon lloc, la utilització de l'aproximació teòrica proposada en el [capítol 2 \(secció 2.3\)](#)⁹ amb relació a la mesura de l'impacte del policentrisme; aquesta sosté que la consideració de quatre dimensions diferents d'una estructura espacial policèntrica que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana—específicament, (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica als centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial)—permet extreure conclusions més àmplies sobre els efectes del policentrisme. Seguint el marc teòric proposat en el [capítol 2](#) i l'[op. cit.](#) aquest estudi tradueix les tres primeres de les quatre dimensions d'una estructura policèntrica¹⁰ en un marc empíric a partir d'examinar els efectes (1) d'estar localitzat en els centres, (2) d'estar localitzat a prop dels centres, i (3) dels patrons d'interacció entre els centres a l'escala metropolitana.

3.1.3.2 A les polítiques públiques

Els resultats empírics d'aquest estudi contribueixen a l'elaboració de polítiques públiques en els següents dos aspectes principals. En primer lloc, els resultats empírics sobre el temps de viatge, la distància de viatge, les emissions de CO₂ del transport, i la proporció de viatges amb transport públic podrien ser incorporats en l'elaboració dels plans territorials ja que els seus objectius i propostes d'actuació, o no han considerat encara com abordar la dimensió ambiental de la mobilitat sostenible (és a dir, p. ex., no han considerat la reducció de les emissions de GEH del transport) o, quan han abordat la dimensió social de la mobilitat sostenible (p. ex., reducció de les distàncies i temps de viatge), no han dut a terme una anàlisi empírica *ex ante* ni una avaluació d'impacte *ex post* per tal d'examinar fins a quin cert punt aquests objectius i propostes poden ser assolits. En concret, els efectes estimats (és a dir, elasticitats) de la relació entre policentrisme i mobilitat—que indiquen la magnitud de la influència de l'estructura metropolitana policèntrica amb relació a la magnitud d'altres efectes, com ara els dels atributs del medi construït i de les característiques sociodemogràfiques i de l'habitatge dels municipis—podrien haver estat utilitzats, per exemple, pels autors del Pla Territorial Metropolità de Barcelona de l'any 2010 per tal de desenvolupar propostes d'actuació dirigides a assolir els objectius d'aquest pla territorial amb relació a promoure d'una banda, una mobilitat de costos socials reduïts (distàncies i

9

Aquesta aproximació estén l'aproximació teòrica proposada anteriorment per [Masip-Tresserra \(2016\)](#).

10

La quarta dimensió del marc proposat en el [capítol 2](#) 'patrons d'interacció entre centres a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial)' no ha estat possible considerar-la en l'anàlisi empírica d'aquest capítol a causa de la manca de dades disponibles per a tots els centres i la resta de municipis de la regió metropolitana de Barcelona.

temps de viatge més curts) i, d'altra banda, una mobilitat que afavoreixi l'ús del transport públic (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2010](#)). En aquest sentit, el fet que es dugui a terme també en aquest capítol una anàlisi de sensibilitat dels resultats empírics mitjançant l'ús de simulació Monte Carlo, permet controlar adequadament l'existència de variàncies en els efectes estimats quan es considera, com és el cas d'aquesta tesi, un cas únic d'estudi (la regió metropolitana de Barcelona).

En segon lloc, els resultats empírics sobre les emissions de CO₂ del transport podrien ésser incorporats també en l'elaboració de polítiques públiques enfocades a la mitigació i adaptació del canvi climàtic a Catalunya. Les emissions de CO₂ del transport representen una part important del total d'emissions a causa de processos d'energia tant a Europa com a Catalunya. En el context català, el consum d'energia relacionat amb el transport causa el 39,5% de les emissions, comptabilitzant poc més de 11,5 milions de tones per l'any 2013. A més, les emissions del sector del transport, en comparació a les emissions d'altres sectors, són una de les que menys s'han reduït durant el darrer període del qual es disposa d'informació estadística, és a dir, entre el 2008 i el 2013. En concret, les emissions de CO₂ del sector del transport s'han reduït en un 23,17% durant aquest últim període de 5 anys; això és aproximament la meitat de les emissions dels sectors (emissions d'altres sectors i d'indústries del sector energètic) que més s'han reduït (-43,2% i -40% respectivament) des de 2008.

En vista d'aquest rol important del sector del transport en termes relatius envers les emissions de CO₂, l'anàlisi empírica sobre l'ús d'energia relacionada amb el transport que aquest capítol proposa pot ser, en concret, d'interès per a la futura 'Llei del Canvi Climàtic' de la Generalitat de Catalunya que, en aquests moments està en fase d'avantprojecte (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2015](#)). Més específicament, els resultats empírics sobre el consum d'energia a causa de la mobilitat de les persones, no només estan d'acord amb els plantejament del capítol 3 ('Integració dels objectius de la llei en polítiques sectorials'), article 19 ('Transports i mobilitat') de l'avantprojecte de llei, sinó que també podrien, depenent de la magnitud dels efectes de l'estructura urbana en les emissions de GEH, entreveure la necessitat d'incloure el policentrisme com a principi d'organització territorial en l'articulat de la futura llei.

3.1.4 Organització del capítol

La resta del capítol està organitzat de la següent manera. La [secció 3.2](#) explica el model conceptual i les seves hipòtesis subjacents, mentre que la [secció 3.3](#) tradueix el model i les hipòtesis en un marc empíric, i explica també les bases de dades i variables utilitzades. La [secció 3.4](#) presenta els resultats de l'anàlisi empírica sobre els patrons de mobilitat agregada. Finalment, la [secció 3.5](#) exposa les conclusions principals i explica com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial.

§ 3.2 Model conceptual i hipòtesis

Aquesta secció proposa un model conceptual que identifica les relacions entre activitats (temps i distància mitjana de viatge, i proporció de viatges amb transport públic) o externalitats (emissions mitjanes de CO₂ del transport) de la mobilitat agregada de les persones i factors amb relació al policentrisme, a atributs del medi construït, i a característiques sociodemogràfiques i de l'habitatge. L'estructura del model conceptual, sobre la qual es fonamenta l'aplicació del marc empíric exposat a la [secció 3.3](#), es presenta en la següent [Figura 3.1](#). Els vincles establerts entre els factors esmentats anteriorment i les hipòtesis plantejades que els recolzen són explicats a continuació mitjançant una sèrie de subseccions.

Aquestes subseccions expliquen, primer, les relacions que apareixen a la part superior de la [Figura 3.1](#), i posteriorment, desenvolupen els vincles representats a la part inferior. A més, aquestes subseccions desenvolupen aquells vincles amb relació a les activitats i externalitats de la mobilitat agregada que no han estat encara analitzats (vegeu els vincles de la [Figura 3.1](#) representats en color blau), però que el seu anàlisi pot aclarir les raons per les quals els estudis actuals sobre els determinants de les activitats i externalitats de la mobilitat no han conduït encara cap a resultats concloents sobre els seus efectes.

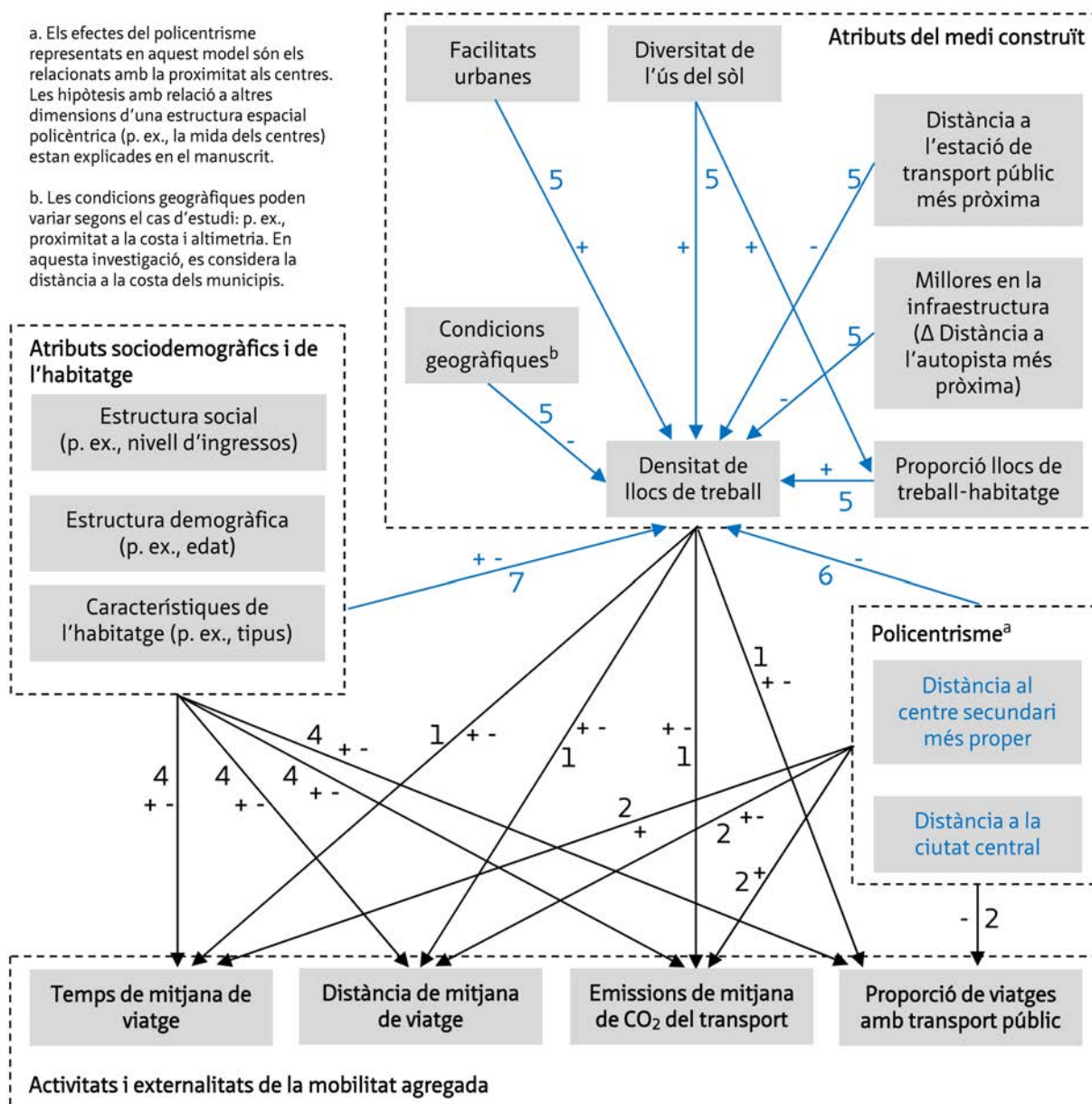


FIGURA 3.1 Model conceptual per avaluar les activitats i externalitats de la mobilitat agregada: relacions clau (amb hipòtesis plantejades) entre els principals determinants

Nota(es): les fletxes (i els símbols) en blau representen les relacions directes o indirectes (amb hipòtesis plantejades) que no han estat encara analitzades empíricament en la literatura acadèmica.

3.2.1 Atributs del medi construït

3.2.1.1 Vincles existents en la literatura

Actualment, existeix una extensa literatura sobre la connexió entre el medi construït, definit com els atributs morfològics i de localització d'una àrea, i una o més dimensions de la mobilitat de les persones: p. ex., temps de viatge, distància de viatge, mitjà de transport, i emissions de CO₂ (vegeu, p. ex., [Ewing i Cervero, 2001, 2010](#)). En la majoria d'aquests estudis, l'impacte directe de varis atributs del medi construït d'una localitat (p. ex., barri o municipi), com ara la densitat i la diversitat de l'ús del sòl o d'altres, com la densitat de carretera i la mida mitjana dels edificis, han estat analitzats.

En aquest model conceptual, es limita la discussió dels efectes directes (vegeu vincles causals 1 en la [Figura 3.1](#)) d'aquells atributs del medi construït pels quals hi han bases de dades disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona. D'acord amb la literatura, es formula la hipòtesi que l'impacte directe dels atributs del medi construït en les activitats i externalitats de la mobilitat de les persones, tant pot ser positiu com negatiu. En aquest sentit, els efectes directes dels atributs del medi construït es poden agrupar en tres grans blocs.

En primer lloc, un gran nombre d'estudis han examinat la influència de la densitat de població o de llocs de treball en la distància de viatge, el temps de viatge, la selecció de mitjans de transport sostenibles (transport públic i no motoritzat), i les implicacions ambientals del transport com ara les emissions de CO₂ o la petjada ecològica. La principal inferència casual descrita pels estudis acadèmics és que una major densitat està associada amb distàncies de viatge més curtes ([Cervero i Murakami, 2010](#); [Ding et al., 2014](#); [Eldér, 2014](#); [Ewing et al., 2014, 2015, 2016](#); [Hong et al., 2014](#); [Ma et al., 2015](#); [Nam et al., 2012](#); [Nasri i Zhang, 2012](#); [Nielsen, 2015](#)) i amb majors viatges realitzats amb transport públic, amb bicicleta, i a peu ([Cervero, 1996a, 2002](#); [Frank i Pivo, 1994](#); [Hamidi et al., 2015](#); [Nam et al., 2012](#); [Schwanen et al., 2004](#)) a causa que una major concentració espacial d'habitatges i de llocs de treball, facilita una major proximitat entre les llars i els seus llocs d'activitats diàries (p. ex., el lloc de feina), d'una banda, i una major reducció de la competitivitat relativa del transport privat, d'altra banda. La influència d'àrees densament poblades o de llocs de treball en els temps de viatge ha resultat ser, però, una mica més ambigua, ja que l'exposició d'aquestes àrees a la congestió del tràfic ([Glaeser i Khan, 2004](#))—sobretot, en àrees metropolitanes on el gruix de viatges es desenvolupen radialment cap a la ciutat central ([Anas et al., 1998](#))—podria implicar un augment dels temps de viatges ([Levinson i Kumar, 1997](#); [Schwanen et al., 2003](#)) o, fins i tot, una relació estadísticament no significativa ([Yang et al., 2012](#)). No obstant, un gran nombre d'estudis ha mostrat com una major densitat de les ciutats redueix els temps de viatges dels seus residents, malgrat l'existència d'externalitats de congestió (vegeu, p. ex., [García-Palomares, 2010](#); [Hamidi et al., 2015](#); [Lee, 2006b](#); [Schwanen i Dijst, 2002](#); [Veneri, 2010](#)).

Possiblement, aquesta tendència general descrita pels estudis empírics sobre la relació entre densitat i distàncies o temps de viatge i entre densitat i selecció de mitjans de transport sostenibles, també explica per què aquells estudis que han analitzat l'impacte directe de la densitat en les externalitats ambientals de la mobilitat, han il·lustrat que una major densitat poblacional o de llocs de treball redueix freqüentment les emissions de CO₂ ([Aguilera i Voisin, 2014](#); [Lee i Lee, 2014](#); [Ma et al., 2015](#); [Veneri, 2010](#); [Zhang i Xie, 2015](#)), la petjada ecològica ([Muñiz i Galindo, 2005](#); [Muñiz et al., 2013](#)), o l'impacte ambiental calculat a partir del temps de viatge i el mitjà de transport utilitzat per les persones ([Camagni et al., 2002](#); [Cirilli i Veneri, 2010b, 2010c](#)). La raó és obvia: es consumeix menys energia relacionada amb el transport a partir que els viatges de les persones siguin més curts en termes de distància i temps (sense canviar el mitjà de transport) i a partir que els mitjans de transport utilitzats per les persones siguin més sostenibles (considerant la distància de viatge constant), és a dir, generin menys emissions de GEH per kilòmetre transcorregut.

En segon lloc, la diversitat funcional és un altre atribut del medi construït que ha estat freqüentment considerat en els estudis sobre les causes de l'ús dels mitjans de transport més sostenibles, dels costos socials i de les externalitats ambientals de la mobilitat. La diversitat funcional és sovint aproximada a partir de considerar la diversitat de l'ús del sòl, no obstant, també s'ha considerat la diversitat funcional mitjançant la proporció de llocs de treball per habitatge o la presència de facilitats urbanes. Ja que les activitats econòmiques i les residencials estan, de forma relativa, densament distribuïdes en les àrees amb major diversitat de l'ús del sòl, s'espera que els residents d'aquestes àrees necessitin una distància de viatge més curt i un temps de viatge menor per accedir a aquestes activitats urbanes (Cervero, 1996a; Frank i Pivo, 1994). Similarment, una distribució més equilibrada entre les funcions residencials i econòmiques d'una àrea condueix cap a una major proximitat entre el lloc de residència i el de treball i, per tant, s'assumeix que les persones que viuen en aquestes àrees tendeixen a experimentar distàncies i temps de viatge reduïts (Giuliano i Small, 1993). Com a conseqüència d'una distància més reduïda entre les residències i els llocs de treball, la diversitat funcional pot també promoure un major ús de mitjans de transport sostenibles (Frank i Pivo, 1994) i mitigar el nivell d'emissions de CO₂ o d'altres contaminants (Cirilli i Veneri, 2010a).

Un raonament semblant es pot utilitzar en relació als efectes directes de la presència de facilitats urbanes. Es pot argumentar que una major concentració de facilitats urbanes (p. ex., d'hospitals, de teatres, d'estadis esportius, de restaurants, etc.) condueix cap a una reducció dels costos socials i ambientals de la mobilitat i cap a un major ús de mitjans de transport ambientalment més sostenibles (això són, viatges a peu, en bicicleta, i amb transport públic), doncs s'espera que les persones intentin maximitzar la utilitat dels seus viatges i, per tant, d'una banda necessitin menys temps i distàncies menors per arribar a les seves destinacions i, d'altra banda, seleccionin els mitjans de transport més competitius per aquests trajectes de distància i temps més curts (Masip-Tresserra, 2016).

No obstant, l'evidència empírica sobre l'efecte directe d'aquestes tres mesures de diversitat funcional és incerta. D'una banda, alguns estudis han mostrat l'existència d'una relació negativa entre la diversitat funcional (aproximada a partir de la diversitat de l'ús del sòl, de la proporció de llocs de treball per habitatge, o de la presència de facilitats urbanes) i la distància de viatge (Eldér, 2014; Ewing et al., 2015; Hong et al., 2014; Nielsen, 2015; Watts, 2009), el temps de viatge (Giuliano i Small, 1993; Hamidi et al., 2015; Lin et al., 2015; Modarres, 2011), l'ús de mitjans de transport més sostenibles (Cervero, 1996a; Hamidi et al., 2015; Silva et al., 2014; Sun et al., 2015) o l'impacte ambiental (Camagni et al., 2002; Trivisi et al., 2010). D'altra banda, altres investigacions empíriques han indicat una relació positiva entre la diversitat funcional i les dimensions de la mobilitat, prèviament mencionades (Bento et al., 2005; Camagni et al., 2002; García-Palomares, 2010; Melo et al., 2012; Silva et al., 2014) o, fins i tot, que aquesta relació no és estadísticament significativa (Ding et al., 2014; Feng et al., 2013; Nam et al., 2012; Schwanen et al., 2004; Veneri, 2010).

En tercer lloc, l'accessibilitat a les infraestructures (p. ex., autopistes i ferrocarrils) o a llocs de treball és un altre atribut principal del medi construït que pot afectar la distància de viatge, el temps de viatge, la selecció de mitjans de transport sostenibles i l'impacte ambiental del transport. En aquest sentit, la literatura acadèmica ha formulat la hipòtesi que les àrees urbanes amb una major accessibilitat podrien reduir la distància i el temps de viatge ja a que ofereixen als seus residents, no només un major nombre de llocs de feina per un temps i distància de viatge determinat, sinó també un ampli ventall d'alternatives de mitjans de transport (p. ex., Cervero i Murakami, 2010; Ding et al., 2014; Ewing et al., 2015; Hong et al., 2014; Levinson, 1998). A més, els estudis empírics actuals sobre mobilitat i medi construït han identificat la relació casual entre accessibilitat i la selecció de mitjans de transport, aquesta s'ha entès a partir d'assumir que una major accessibilitat a llocs de feina o al transport públic (p. ex., proximitat a l'estació de tren) mitiga l'ús relatiu del transport privat i, per tant, intensifica l'ús de mitjans de transport més sostenibles (p. ex., Cervero, 1996a; Ma et al., 2015; Naess, 2005).

Per exemple, [Levinson \(1998\)](#) indica que una major accessibilitat des del lloc de residència en àrees amb una major proporció de llocs de treball, i una major accessibilitat des del lloc de treball en àrees amb una major proporció d'habitatges, estan associades amb temps de viatges més curts mentre que [Vandersmissen et al. \(2003\)](#) il·lustra resultats empírics semblants, però amb relació al lloc de treball en àrees amb una major proporció de llocs de treball i al lloc de residència en àrees amb una major proporció d'habitatges. D'altra banda, [Cervero \(1996a\)](#), [Commins i Nolan \(2011\)](#), [García-Palomares \(2010\)](#), [Naess \(2005\)](#), i [Silva et al. \(2014\)](#) han mostrat com els residents d'àrees amb una major accessibilitat a un gran nombre de llocs de treball promou l'ús del transport públic en lloc del transport privat, a la vegada que incentiva els viatges a peu. Similarment, un gran nombre d'estudis empírics (p. ex., [Bento et al., 2005](#); [Commins i Nolan, 2011](#); [Kockelman, 1995](#); [Sun et al., 2015](#)) han emfatitzat el rol important de l'accessibilitat a les xarxes de transport públic envers la reducció de l'ús del transport privat.

No obstant, els resultats empírics d'altres estudis discrepen sobre aquests efectes beneficiosos de l'accessibilitat a les infraestructures o a llocs de treball en els patrons de mobilitat. Per exemple, [Cervero i Murakami \(2010\)](#) mostra que l'accessibilitat a llocs de treball està associada a distàncies de viatge més llargues i [Susilo i Maat \(2007\)](#) il·lustra que, mentre que les distàncies de viatge són escassament influenciades per una major accessibilitat a la xarxa de ferrocarrils i a llocs de treball, els temps de viatge augmenten a partir d'una millor accessibilitat a llocs de treball. D'altra banda, [Cervero \(2002\)](#) i [Susilo i Maat \(2007\)](#) mostren que una major accessibilitat a àrees amb un gran nombre de llocs de treball no està estadísticament associat amb un major ús de mitjans de transport més sostenibles, mentre que [Naess \(2005\)](#) i [Susilo i Maat \(2007\)](#) emfatitzen que una major accessibilitat a la xarxa de transport públic no augmenta l'ús del transport públic o, fins i tot, que no exerceix un efecte significatiu.

Malgrat aquests resultats no concloents sobre els efectes de l'accessibilitat en la distància de viatge, en el temps de viatge, i en la selecció dels mitjans de transport, els estudis que han examinat empíricament el rol de la xarxa d'infraestructures envers les externalitats ambientals de la mobilitat han mostrat, per exemple, com les emissions de CO₂ ([Cirilli i Veneri, 2010a](#); [Ma et al., 2015](#); [Yang et al., 2015](#)) i la petjada ecològica ([Muñiz i Galindo, 2005](#)) es redueixen quan s'augmenta l'accessibilitat.

Aquestes discrepàncies entre resultats empírics d'estudis sobre els efectes directes del medi construït en la distància de viatge, en el temps de viatge, en la selecció dels mitjans de transport, i en les externalitats ambientals derivades del transport suggereixen, per tant, la necessitat de més recerca per tal de desenvolupar més eficientment els vincles causals entre els atributs del medi construït i els patrons de mobilitat agregada.

3.2.1.2 Reconciliació de la literatura

El model conceptual proposat en aquest estudi (vegeu [Figura 3.1](#)) intenta abordar les raons teòriques per les quals hi ha aquestes discrepàncies en la literatura sobre els efectes dels atributs del medi construït en els patrons de mobilitat agregada (el marc empíric de la [secció 3.3](#) prova de fer-ho des de la vessant metodològica). Des del punt de vista d'aquest estudi, els resultats incerts de la influència dels atributs del medi construït s'atribueixen als diferents plantejaments conceptuals per part dels estudis existents respecte a com el medi construït podria afectar les diferents dimensions (p. ex., distància de viatge) de la mobilitat de les persones. Tres qüestions teòriques a resoldre afluïren en aquest sentit.

La primera qüestió té a veure amb la manca general d'avaluació empírica per part de la majoria dels estudis existents en la literatura dels efectes indirectes dels atributs del medi construït en els patrons de mobilitat, via el seu impacte en la densitat de llocs de treball (vegeu els vincles causals 5-1 en la [Figura 3.1](#)). Possiblement, la raó principal per la manca d'anàlisi d'aquesta seqüència casual en la literatura és la falta d'integració entre la literatura sobre els efectes de la densitat en l'àmbit de l'economia urbana i la

literatura sobre els efectes de la densitat en el camp de la geografia humana i del transport. Mentre que els estudis en l'àmbit de l'economia urbana han considerat la densitat com a variable endògena per tal d'avaluar empíricament els models teòrics policèntrics proposats per la 'Nova Economia Urbana' (vegeu, p. ex., [Anas et al., 1998](#); [McMillen i Lester, 2003](#); [McMillen i McDonald, 1998a](#)), els estudis en l'àmbit de la geografia urbana i del transport han identificat, tal i com s'ha explicat més amunt, la densitat com a variable exògena que influeix en l'impacte ambiental del transport com ara les emissions de CO₂ o la petjada ecològica (p. ex., [Camagni et al., 2002](#); [Muñiz i Galindo, 2005](#); [Muñiz et al., 2013](#)) i les decisions dels individus en múltiples aspectes com ara la distància i el temps de viatge (p. ex., [Eldér, 2014](#); [Susilo i Maat, 2007](#)) i la selecció dels mitjans de transport (p. ex., [Bento et al., 2005](#); [Commins i Nolan, 2011](#)).

La segona qüestió posa èmfasi en la manca d'anàlisi en la literatura existent sobre medi construït i mobilitat dels efectes de l'estructura espacial metropolitana, i en concret, dels efectes d'una estructura metropolitana policèntrica. Aquesta ommissió desestima la idea que el comportament de la mobilitat de les persones d'una localitat, per exemple, en un barri o municipi, s'ha tornat cada cop més influenciat, no només pels atributs del medi construït d'aquesta localitat (p. ex., densitat i diversitat de l'ús del sòl), sinó també per l'estructura espacial metropolitana, per exemple, pels efectes de la proximitat als centres que defineixen una estructura policèntrica d'una àrea metropolitana. Considerar tant els efectes del medi construït com de l'estructura espacial metropolitana en els patrons de mobilitat és important, doncs aquells pocs estudis que han examinat empíricament el rol d'aquests dos factors envers alguna de les dimensions de la mobilitat (p. ex., temps de viatge) han conclòs que l'estructura espacial metropolitana exerceix una forta influència en el comportament de la mobilitat de les persones (vegeu, p. ex., [Schwanen et al., 2003, 2004](#)). El model conceptual proposat en aquest estudi aborda aquesta qüestió amb profunditat en la següent subsecció.

La tercera qüestió fa referència a la direcció de la causalitat entre els atributs del medi construït i els patrons de mobilitat. Mentre que la majoria dels estudis fins a la data sobre els efectes del medi construït en una de les dimensions de la mobilitat de les persones (p. ex., distància de viatge) ha examinat aquest vincle assumint que l'efecte s'origina des de el medi construït cap a la mobilitat de les persones, un grup reduït d'estudis ha examinat de forma acurada aquesta seqüència causal, conclouent que la direccionalitat de la relació causal entre el medi construït i la mobilitat té dos finals. Un primer final estableix que les relacions observades entre el medi construït i la mobilitat de les persones reflecteixen l'impacte vertader dels atributs del medi construït. Un segon final reflecteix una falsa associació entre el medi construït i la mobilitat que resulta de l'efecte simultani de les preferències de les persones, tant de la selecció de la localització de la seva residència com de la seva actitud envers la mobilitat. Aquest efecte simultani de les preferències de les persones és àmpliament definit per la literatura (vegeu, p. ex., [Cao et al., 2007, 2009](#); [Mokhtarian i Cao, 2008](#)) com els efectes d'auto-selecció ('self-selection effects' en anglès).

Els efectes d'auto-selecció equivalen a argumentar que el comportament de la mobilitat de les persones, no només depèn dels atributs del medi construït de la localitat on les persones resideixen, sinó que també depèn de les seves actituds en relació a les residències i al transport. Per exemple, les persones amb un alt nivell d'ingressos podrien estar més disposades a viure en una àrea de baixa densitat, o aquelles persones que prefereixen realitzar viatges a peu podrien seleccionar el seu lloc de residència segons la proporció de zones peatonals de les diferents localitats. Malgrat que existeixen discrepàncies entre els estudis empírics sobre la magnitud dels efectes d'auto-selecció, existeix un consens sobre la necessitat de considerar-los, per tal de no sobreestimar els efectes del medi construït en els patrons de mobilitat (vegeu, p. ex., [Cao et al., 2007](#)). En aquest sentit, el model conceptual, a causa de la manca de dades agregades sobre les actituds de les persones per a la regió metropolitana de Barcelona, aborda indirectament els efectes d'auto-selecció a partir de considerar, tal i com la literatura suggereix en aquests casos (vegeu, p. ex., [Van Wee, 2009](#)), diferents atributs sociodemogràfics i de l'habitatge en relació a les àrees on les persones resideixen.

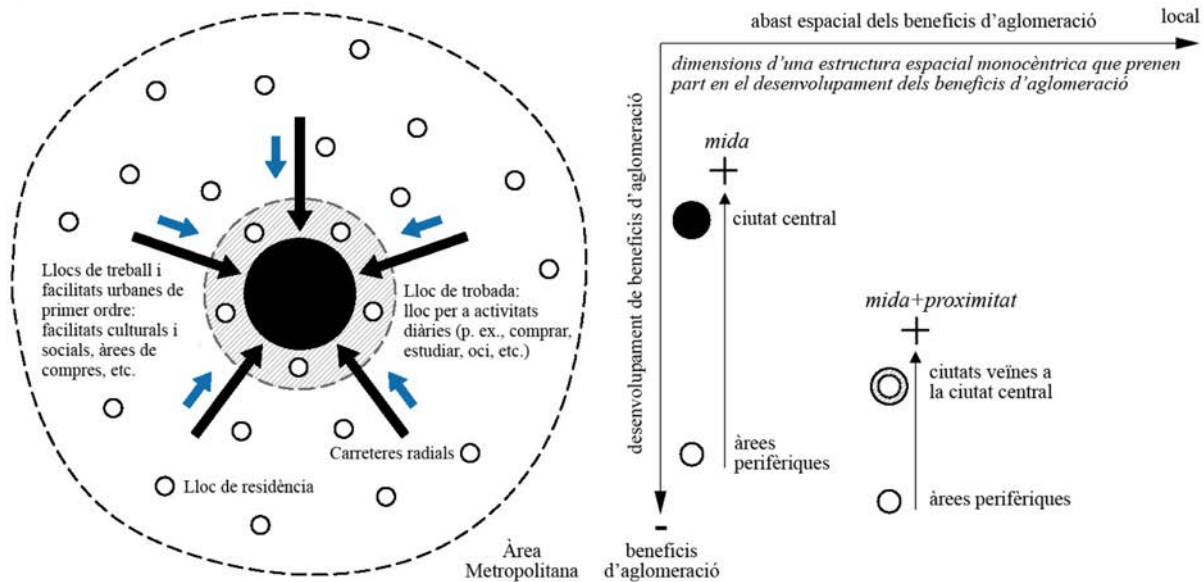
3.2.1.3 Proposta de seqüències causals

La incorporació de la densitat de llocs de treball com a variable endògena en el model conceptual, tal i com mostra la [Figura 3.1](#), requereix la consideració d'aquells factors que afecten el nivell de densitat segons la literatura d'economia urbana. Aquests fan referència a la proximitat de diferents tipus de localitzacions (és a dir, p. ex., distància a l'estació de transport públic més pròxima, increment de la distància a l'autopista més pròxima, i distància a la costa) i a atributs urbans (és a dir, p. ex., presència de facilitats urbanes, grau de diversitat de l'ús del sòl, i proporció de llocs de treball per habitatge). En acordança amb la literatura (vegeu p. ex., [Masip-Tresserra, 2016](#); [McMillen i Lester, 2003](#); [McMillen i McDonald, 1997, 1998a](#)), el model conceptual assumeix que la densitat de llocs de treball s'incrementa amb la millora d'accessibilitat a les infraestructures, amb una major proporció de llocs de treball per habitatge, i amb més diversitat de l'ús del sòl (distribucions més heterogènies de l'ús del sòl residencial i d'activitat econòmica) i presència de facilitats urbanes (p. ex., hospitals, teatres, restaurants, etc.). Per contra, el model conceptual formula, en acord amb la literatura citada més amunt, que la densitat de llocs de treball disminueix a major distància de la costa i de l'estació de transport públic més pròxima. A més, el model conceptual també contempla la relació causal entre la diversitat de l'ús del sòl i la proporció de llocs de treball per habitatge, doncs, tal i com la literatura de la geografia del transport proposa (vegeu, p. ex., [Cervero, 1996a, 1996b](#); [Frank i Pivo, 1994](#)), a mesura que una àrea presenta una major mixtura d'usos del sòl, la proporció entre usos econòmics i residencials d'aquesta és més homogènia.

3.2.2 Policentrisme i patrons de mobilitat

L'evolució dels patrons de mobilitat de les persones en les àrees metropolitanes ha estat contextualitzat a partir de la transició des d'una configuració espacial monocèntrica cap a una policèntrica. Considerant la literatura existent, la [Figura 3.2](#) presenta esquemàticament concepcions teòriques sobre com els patrons de mobilitat varien en àrees metropolitanes monocèntriques i policèntriques. A més, la [Figura 3.2](#) mostra com aquests diferents patrons de mobilitat estan vinculats a l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes, considerant la literatura sobre economies (beneficis) d'aglomeració que ha estat explicada en el [capítol 2](#) (vegeu [secció 2.2](#) i [2.3](#)). Aquestes concepcions teòriques serviran de guia pel desenvolupament de la part d'aquesta subsecció (següents dos apartats), que està orientada a revisar les aproximacions existents en la literatura acadèmica sobre l'estudi de com el monocentrisme i el policentrisme interactuen amb la distància de viatge, el temps de viatge, la selecció dels mitjans de transport i l'impacte ambiental de la mobilitat.

a) Monocèntric 'Centralizat'



b) Policèntric 'd'Intercanvi'

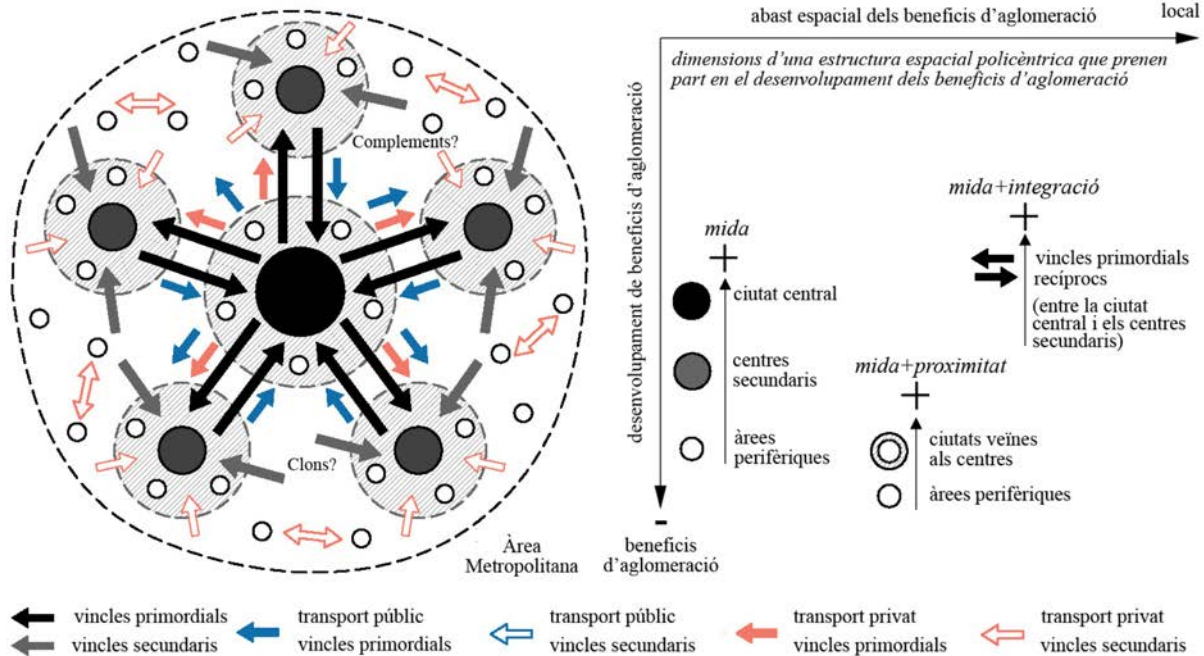


FIGURA 3.2 Patrons de mobilitat i eficiència territorial de les àrees metropolitanes monocèntriques versus les policèntriques, estudiats en la literatura
 Font: Masip-Tresserra (2016).

3.2.2.1 Vincles existents en la literatura: distàncies i temps de viatge

La primera aproximació teòrica que explica els patrons de mobilitat en les àrees metropolitanes és el model monocèntric desenvolupat per la 'Nova Economia Urbana' ('New Urban Economics' en anglès) (vegeu, p. ex., Alonso, 1964). Aquest model està basat en la teoria àmpliament coneguda de la 'renda-oferta' ('bid-rent theory' en anglès) i prediu que la majoria dels llocs de treball (p. ex., llocs de treball altament qualificats) i de les funcions urbanes (p.ex., àrees d'oci i comercials) estan altament concentrades en la ciutat central de les àrees metropolitanes. El patró de mobilitat resultant és un

patró 'monocèntric-centralitzat' que es desenvolupa mitjançant eixos de transport radials i, per tant, permetent d'aquesta manera a les persones de desplaçar-se per motius de treball des dels suburbis a la ciutat central, on també poden dur a terme altres activitats diàries (vegeu [Figura 3.2a](#)). L'elecció de les persones de viure en els suburbis segueix la teoria de la 'renda-oferta', aquesta teoria assumeix que a mesura que la distància (proximitat) a la ciutat central s'incrementa (disminueix), l'increment del cost per desplaçar-se a la ciutat central s'hauria de compensar per rendes més baixes que, a més, es tradueixen amb intensitats de l'ús del sòl menors. Això implica que les persones seleccionen el seu lloc de residència a partir de comparar el valor d'accés a la ciutat central amb el cost de l'habitatge. Conseqüentment, les persones tendeixen a localitzar les seves llars el més a prop possible de la ciutat central en una situació monocèntrica per tal d'economitzar els costos dels seus viatges, malgrat que com més curtes siguin les seves distàncies diàries de viatge cap a la ciutat central, gràcies a la seva localització, més alts seran la renda del sòl i el cost dels habitatges.

Aquesta proposició ha estat empíricament corroborada per una àmplia gamma d'estudis en diversos contextos geogràfics, com ara en els Estats Units (p. ex., [Ding et al., 2014](#); [Hong et al., 2014](#); [Nasri i Zhang, 2012](#)), a Europa (p. ex., [Naess, 2005](#); [Nielsen, 2015](#)), a Austràlia (p. ex., [Watts, 2009](#)), i a l'Àsia ([Ma et al., 2015](#)). En concret, aquests estudis citats més amunt han verificat que existeix un relació causal directe entre la distància a la ciutat central d'una àrea metropolitana i la distància de viatge; aquesta relació es basa en el fet que a una major proximitat d'una àrea a la ciutat central, la probabilitat que els residents d'aquesta àrea viatgin distàncies de viatge més curtes s'incrementa (vegeu vincle causal 2 en la [Figura 3.1](#)).

Tanmateix, l'evidència empírica suggereix que la proximitat a la ciutat central disminueix el temps de viatge és ambigua; doncs la congestió existent en els eixos de transport radials cap a la ciutat central podria conduir cap a velocitats de viatge menors. Mentre que [Dubin \(1991\)](#) i [Levinson \(1998\)](#) han il·lustrat, per exemple, que una major distància a la ciutat central està associada amb temps de viatge més llargs; [Wang \(2000\)](#) i [Feng et al. \(2013\)](#) han indicat que els viatges originats en àrees suburbanes no pròximes a la ciutat central condueixen cap a temps de viatge més curts. La raó principal per la qual no hi ha resultats concloents sobre com la proximitat a la ciutat central afecta els temps de viatges, podria estar també relacionada amb el fet que, actualment, les àrees metropolitanes ja no són completament monocèntriques i, per tant, varis centres coexisteixen en una àrea metropolitana, formant una estructura policèntrica. La conceptualització del patró de mobilitat policèntric, tal i com s'explica a continuació, dóna resposta a aquesta qüestió.

La segona conceptualització dels patrons de mobilitat en àrees metropolitanes està relacionada amb l'emergència del model policèntric. Aquest model s'ha entès com l'evolució a partir d'una estructura metropolitana monocèntrica original. Aquesta aproximació ha estat també contextualitzada en el marc teòric de la 'Nova Economia Urbana', on s'explica la transició cap a una àrea metropolitana policèntrica a partir de la descentralització de llocs de treball i de funcions urbanes des de la ciutat central cap a zones suburbanes a causa del sorgiment de forces centrífugues o de deseconomies d'aglomeració (vegeu [Masip-Tresserra, 2016](#)).

Amb aquesta descentralització d'empreses (llocs de treball) i de funcions urbanes, juntament amb la seva concentració en certes àrees suburbanes, per tant, formant múltiples centres, una nova relació d'equilibri de localització entre la centralitat i els costos de la mobilitat ha estat formulada pels models policèntrics de la 'Nova Economia Urbana'. Essencialment, aquests models prediuen que l'emergència de varis centres faciliten a les persones poder seleccionar múltiples localitzacions per a llocs de treball i per a d'altres activitats diàries permetent, d'aquesta manera, una millor proximitat entre els seus llocs de residència i els llocs de confluència (lloc de treball i llocs per a d'altres activitats diàries), i evitant els costos d'aglomeració relacionats amb una estructura monocèntrica, p. ex., la congestió i la renda del sòl (vegeu, p. ex., [Dubin, 1991](#), [White, 1988, 1999](#); [Yinger, 1992](#); [Zax i Kain, 1991](#)).

Aquestes prediccions dels models policèntrics de la 'Nova Economia Urbana' han estat empíricament corroborats per varis estudis. Per exemple, [Sasaki \(1990\)](#) i [Sasaki i Mun \(1996\)](#) il·lustren que les persones tendeixen a localitzar la seva residència en o a prop d'aquests nous centres per tal de reduir els costos de la mobilitat. [Fujita i Owaga \(1982\)](#) mostren teòricament que més centres apareixen quan els costos de transport i el creixement de la població augmenta, mentre que [McMillen i Smith \(2003\)](#) han corroborat empíricament que el nombre de centres en les àrees metropolitanes augmenta amb el nombre total de població, amb els costos de la mobilitat residència-treball, i amb un parc d'habitatges més antic.

Des de la dècada dels 1980, i en aquest context dels models policèntrics de la 'Nova Economia Urbana', un grup d'investigadors liderat per Peter Gordon va desenvolupar un conjunt d'estudis empírics que mostraven que la descentralització conduïa cap un patró de mobilitat més eficient ja que les persones residents d'àrees metropolitanes policèntriques experimentaven distàncies i temps de viatges més curts en comparació a les persones residents d'àrees metropolitanes monocèntriques (vegeu, p. ex., [Gordon i Wong, 1985](#); [Gordon et al., 1988, 1989a, 1989b, 1991](#)). Aquesta argumentació ha estat coneguda en la literatura acadèmica sobre economia urbana com la 'hipòtesi de co-localització'.

Essencialment, Gordon i els seus col·legues formulaven la hipòtesi que la concentració d'activitats (relacionades amb el treball o no) en configuracions monocèntriques causen la congestió com a conseqüència que els viatges ('suburbis-ciutat central') estaven desenvolupats en configuracions típicament radials. A més, també formulaven la hipòtesi que les persones i les empreses en àrees metropolitanes policèntriques intentarien evitar costos de mobilitat addicionals (en termes de distància i temps de viatge) mitjançant el canvi de la seva localització (lloc de residència, lloc de treball, o ambdós) i seleccionant noves localitzacions en àrees que fossin menys congestionades. Això podria resultar, tant en que les persones realitzessin viatges més curts en termes de distància, com també en que fessin viatges més curts de temps a través d'utilitzar rutes menys congestionades, cosa que condueix en ambdós casos cap un patró de mobilitat complex i diversificat entre múltiples orígens i destinacions, tal i com es mostra en la [Figura 3.2b](#).

D'aquesta manera, el patró de mobilitat pot tenir com a pauta un patró 'd'intercanvi' ('exchange' en anglès) ([Schwanen et al., 2003](#); [Van der Laan, 1998](#)). Aquest tipus de patró de mobilitat policèntric assumeix que les relacions primordials són recíproques entre la ciutat central i els nous centres (anomenats com a centres secundaris en la [Figura 3.2b](#)) ja que poden ser complementaris en termes de perfil econòmic i de funcions urbanes i, per tant, molts residents d'aquests centres secundaris podrien treballar o realitzar altres activitats diàries en la ciutat central ('mobilitat centralitzada'), mentre que altres molts residents de la ciutat central podrien desplaçar-se cap als centres secundaris o les àrees suburbanes dels seus entorns, tant per motius de treball com per altres propòsits. Aquest patró de mobilitat policèntrica podria també facilitar que els residents d'aquests nous centres poguessin beneficiar-se dels avantatges d'aglomeració (p. ex., una major accessibilitats a llocs de treball i a facilitats urbanes) que es desenvolupen localment a partir de la seva mida; avantatges que, al seu torn, podrien anar en augment si els processos de descentralització continuessin. Addicionalment, també facilitaria que els residents d'àrees suburbanes a l'entorn d'aquests nous centres, a causa de la seva major proximitat, es beneficiessin més de les economies d'aglomeració dels centres que no pas els residents d'àrees suburbanes més distants als centres.

Per tant, l'evolució d'aquest patró de mobilitat es podria traduir en una major probabilitat que les persones que viuen en aquests nous centres o en àrees properes a ells poguessin realitzar les seves activitats diàries (p. ex., treballar, estudiar, comprar, etc.) en el seu mateix lloc de residència o en una àrea propera a aquest, doncs no haurien de desplaçar-se cap a la ciutat central diàriament i, per tant, podrien gaudir de distàncies i temps de viatge més curts.

L'anàlisi empírica de la relació entre policentrisme i distància o temps de viatge en estudis posteriors s'ha abordat de manera diversa. D'una banda, un conjunt d'estudis ha analitzat aquest vincle a partir de l'efecte de les dinàmiques de descentralització/suburbanització en els costos de la mobilitat, és a dir, si existeixen diferències significatives entre les distàncies i el temps de viatge dels residents d'àrees suburbanes o de centres desenvolupats, en comparació als dels residents de la ciutat central i, en el cas que existeixin, concloure quines són les àrees que presenten distàncies i temps de viatge més curts. D'altra banda, un altre conjunt d'estudis ha examinat empíricament l'efecte directe d'una estructura policèntrica en els costos de la mobilitat, mitjançant l'estimació de models empírics.

En relació amb el primer conjunt d'estudis, una part dels estudis han mostrat com la descentralització de llocs de feina i de funcions urbanes cap als nous centres han conduït cap a la reducció dels costos de la mobilitat (distància i temps de viatge) de les persones que viuen fora de la ciutat central. Per exemple, la descentralització ha estat associada amb distàncies mitjanes de viatge més curtes, tant en el context d'àrees metropolitanes dels Estats Units (Angel i Blei, 2016; Cervero i Wu, 1997; Crane i Chatman, 2003; Kim, 2008; Wachs et al., 1993) com pel que fa al cas d'àrees metropolitanes Europees (Aguilera et al., 2009; Gutiérrez i García-Palomares, 2007). A més, alguns d'aquests estudis han emfatitzat que els residents d'àrees suburbanes són els que presenten les distàncies de viatge més curtes, mentre que els residents de la ciutat central són els que experimenten les distàncies de viatges més llargues (Gordon i Lee, 2014; Motte et al., 2016). Altres estudis han indicat que, tant les persones com les empreses, responen efectivament als canvis de requisits de la mobilitat, i ho fan a través de localitzar-se en àrees on puguin mantenir o reduir els temps de viatge (Anas, 2011; Levinson i Kumar, 1994; Levinson i Wu, 2005; Motte et al., 2016; Suárez et al., 2015), fins el punt que les persones que treballen en un dels nous centres desenvolupats presentarien un temps de mitjana de viatge més curt que el de les persones que treballen en la ciutat central (Lee, 2006b; Lin et al., 2015; Sultana, 2000).

No obstant, una altra part d'aquest primer conjunt d'estudis ha desestimat la 'hipòtesi de co-localització', a través d'il·lustrar dues tendències de la mobilitat de les persones que són contradictòries als resultats descrits més amunt. En primer lloc, el temps de mitjana de viatge de les persones que viuen en àrees suburbanes s'ha incrementat a causa del desequilibri entre llocs de treball i habitatges, observat en els nous centres suburbans (Cervero, 1989b, 1996b; Cervero i Landis, 1992; García-Palomares, 2010). En segon lloc, el temps (Cervero i Wu, 1998; Ewing, 1997; Lowe, 1998) i la distància (Aguilera, 2005; Aguilera i Mignot, 2004; Naess, 2006) de mitjana de viatge ha augmentat entre els residents d'àrees suburbanes degut a que la majoria de les persones que viuen en centres treballen en altres localitzacions, i la majoria dels llocs de treball localitzats en els centres són ocupats per persones que viuen en àrees distants a ells.

Respecte al segon conjunt d'estudis, una part d'aquests ha il·lustrat que la concentració de llocs de treball en àrees suburbanes (Crane i Chatman, 2003) o en centres secundaris (Nasri i Zhang, 2014) condueix cap a distàncies de viatge més curtes, en comparació a la concentració de llocs de treball en la ciutat central, mentre que d'altres estudis (Ma et al., 2015; Nielsen, 2015) han emfatitzat que els residents d'àrees properes als centres tendeixen a realitzar viatges més curts en termes de distància. Similarmet, altres estudis han emfatitzat, considerant àrees metropolitanes densament poblades (Yang et al., 2012) o aplicant diferents mesures de descentralització de llocs de treball (Gordon i Lee, 2014), que una estructura espacial policèntrica està estadísticament associada amb temps de viatges més curts.

Tanmateix, altres estudis han mostrat també com les tipologies més policèntriques de sistemes urbans (Schwanen et al., 2004) i una distribució del rang de mida ('rank-size' en anglès) de llocs de treball més plana entre àrees urbanes (Melo et al., 2012), fomenten distàncies de viatge més llargues. De forma similar, Nam et al. (2012), Schwanen et al. (2003, 2004), i Susilo i Maat (2007) han il·lustrat que els residents de sistemes policèntrics—en concret, de zones de més densitat de les àrees metropolitanes

de Corea del Sud, dels sistemes urbans 'descentralitzats' ('decentralized' en anglès) o 'd'intercanvi dels desplaçaments' ('exchange commuting' en anglès) en els Països Baixos, i de la regió urbana policèntrica del Randstad, respectivament—presenten temps de viatge més llargs. A més, altres estudis fins i tot han indicat que el policentrisme no exerceix un efecte significatiu en els temps o distància de viatge; p. ex., [Hamidi et al. \(2015\)](#) i [Veneri \(2010\)](#) arriben a aquesta conclusió considerant els temps de viatge dels residents d'àrees metropolitanes en els Estats Units i d'Itàlia, respectivament, mentre que [Nam et al. \(2012\)](#) conclou el mateix en termes de distància de viatge considerant les zones de menys densitat de les àrees metropolitanes de Corea del Sud.

Els resultats obtinguts per aquests dos grups d'estudis, per tant, no il·lustren un consens sobre si el desenvolupament d'estructures policèntriques a partir de la descentralització dóna com a resultat distàncies i temps de viatge més curts o si el sorgiment d'aquesta estructura metropolitana pot, almenys, estabilitzar els costos de la mobilitat a través del temps. Conseqüentment, més recerca sobre el vincle entre policentrisme i els costos de la mobilitat, abordant les raons per les quals existeixen aquestes discrepàncies sobre els efectes del policentrisme, és necessària per tal d'aclarir si un desenvolupament policèntric aporta beneficis o no amb relació als costos socials de la mobilitat de les persones.

3.2.2.2 Vincles existents en la literatura: mitjans de transport i impacte ambiental

En paral·lel a l'estudi de la relació entre el policentrisme i els canvis dels costos de la mobilitat, considerant la trajectòria de la descentralització cap a la formació d'àrees metropolitanes policèntriques, la literatura existent també ha explorat com la selecció dels mitjans de transport, per part de les persones, és influenciada per la descentralització de les persones, dels llocs de treball, i de les funcions urbanes. En una situació monocèntrica ([Figura 3.2a](#)), els acadèmics han suggerit que els viatges 'suburbis-ciutat central' organitzats de manera radial cap a la ciutat central són favorables pel desenvolupament del transport públic (vegeu p. ex., [Bertaud, 2002](#)). La principal raó podria ser que la mida substancial de la ciutat central, que fomenta un ampli ventall de beneficis d'aglomeració—p. ex., una major presència de diferents tipus de llocs de treball i de facilitats urbanes—promou més intensament l'ús del transport públic, doncs les persones residents d'àrees suburbanes tenen només una orientació. D'aquesta manera estudis com, p. ex., el de [García-Palomares \(2010\)](#), [Naess \(2005, 2010\)](#), [Naess i Sandberg \(1996\)](#), i [Silva et al. \(2014\)](#) han verificat empíricament que una major proximitat d'una àrea a la ciutat central causa un augment de la probabilitat que les persones residents d'aquesta àrea utilitzin mitjans de transport ambientalment més sostenibles (vegeu vincle causal 2 en la [Figura 3.1](#)).

En canvi, en una configuració policèntrica sorgida a partir de la descentralització ([Figura 3.2b](#)), la relació entre els patrons de mobilitat i el transport públic és menys evident, doncs les persones que viuen en les àrees suburbanes poden seleccionar múltiples destinacions (ciutat central i nous centres desenvolupats). A més, en acordança amb la 'hipòtesi de co-localització', el lloc de residència d'un gran nombre de persones podria estar ara més a prop del lloc de destinació on aquestes persones realitzen les seves activitats diàries. Els acadèmics han debatut sobre si aquesta re-localització també ha causat un canvi d'ús des dels mitjans de transport més sostenibles (aquests són el transport públic i els mitjans de transport no motoritzats com anar amb bicicleta i a peu) cap als mitjans de transport privats.

L'evidència empírica, tal i com s'ha apuntat més amunt, mostra que la majoria dels viatges 'suburbis-ciutat central' encara es realitzen mitjançant el transport públic, mentre que els viatges entre els nous centres i les seves zones suburbanes es duen a terme principalment mitjançant el transport privat. No obstant, no està clar en la literatura existent sobre la qüestió—tal i com els estudis explicats a continuació il·lustren—si els viatges entre centres (ciutat central i nous centres desenvolupats en els suburbis) promouen un ús més intens del transport públic en lloc del transport privat, i si això es pot traduir en un increment de la quota de mercat (competitivitat) del transport públic en l'àrea metropolitana.

Una primera perspectiva de la literatura indica que els processos de descentralització ha conduït cap a un canvi d'ús des del transport públic cap el transport privat. [Cervero \(1989a\)](#), [Cervero i Landis \(1992\)](#), i [Cervero i Wu \(1997, 1998\)](#) emfatitzen que la suburbanització en l'Àrea de la Badia de San Francisco ha comportat que les persones ocupades experimentin distàncies de viatge similars a una major velocitat, però també ha donat com a resultat un canvi de l'ús majoritari del transport públic per dur a terme els seus viatges per l'ús del transport privat. Efectes similars s'han trobat, p. ex., en el cas de Melbourne on, després d'experimentar processos de suburbanització, la quota de mercat del transport públic es va reduir des d'un 30% a un 10%, i la dels viatges a peu va disminuir des d'un 36% a un 13% ([Bell, 1991](#)). El mateix s'aplica pel cas de Toronto, on la majoria dels viatges originats per centres suburbans especialitzats en el sector terciari es realitzaven amb transport privat, malgrat que aquells centres suburbans que estaven localitzats a prop d'estacions de transport públic generaven un 20% més de viatges amb transport públic, en comparació als centres suburbans que estaven localitzats a una gran distància de la ciutat central ([Pivo, 1993](#)). A més, la relació negativa entre el policentrisme i la selecció de mitjans de transport ambientalment més sostenibles ha estat emfatitzada per aquells estudis empírics que han classificat els sistemes urbans en diversos patrons de formes monocèntriques i policèntriques, a partir de considerar els patrons de fluxos entre les diferents parts que formen cada sistema urbà. En aquest sentit, [Schwanen et al. \(2001, 2002, 2004\)](#) i [Dieleman et al. \(2002\)](#) indiquen que els sistemes urbans policèntrics i les àrees suburbanes dels Països Baixos promouen un ús més intens del cotxe, tant per viatges residència-treball com per viatges amb altres propòsits, mentre que els viatges amb transport públic i amb mitjans no motoritzats són més comuns en la ciutat central dels sistemes urbans. D'altra banda, altres estudis, fins i tot han mostrat com els efectes del policentrisme no són estadísticament significants en la promoció del transport públic ([Nam et al., 2012](#); [Sun et al., 2015](#)) i de mitjans no motoritzats ([Sun et al., 2015](#)).

Una segona perspectiva de la literatura suggereix una relació positiva entre el policentrisme i la selecció de mitjans de transport més sostenibles. Alguns estudis mostren, p. ex., que els sistemes urbans policèntrics que s'originen a partir de dinàmiques de descentralització no redueixen la competitivitat (quota de mercat) del transport públic ([Anas, 2011](#); [Bolotte, 1991](#); [Lin et al., 2015](#)). Fins i tot, altres estudis han indicat que els sistemes urbans policèntrics estan associats amb una disminució del ús del cotxe—especialment pels viatges entre centres que defineixen els sistemes policèntrics ([Aguilera et al., 2009](#))—i amb un major ús del transport públic i de viatges a peu ([Hamidi et al., 2015](#); [Ma et al., 2015](#); [Naess, 2005](#)). Similarment, [Vega i Reynolds-Feighan \(2008\)](#) il·lustra que les persones que viuen en la ciutat central de Dublín, o en els centres suburbans pròxims a ella, són menys propenses a utilitzar cotxes que les persones ocupades que viatgen cap a centres llunyans. [Song et al. \(2012\)](#), al seu torn, emfatitza que les persones que viuen o treballen en la ciutat central o en centres subregionals de la regió urbana de Shenzhen són més propensos a utilitzar transport públic en comparació a les persones que viuen o treballen en altres àrees.

Per tant, es pot concloure que els efectes del policentrisme són un altre cop incerts, doncs els resultats empírics dels estudis citats més amunt no condueixen cap a un consens sobre si les estructures espacials policèntriques que s'originen a causa de processos de descentralització faciliten un major ús relatiu de mitjans de transports ambientalment més sostenibles. Més ambigüitat es pot afegir als ja efectes contradictoris del policentrisme en els patrons de mobilitat quan es considera la seva influència en les externalitats ambientals del transport. Mentre que aquells estudis ([Camagni et al., 2002](#); [Muñiz i Galindo, 2005](#); [Muñiz et al., 2013](#); [Travisi i Camagni, 2005](#); [Travisi et al., 2010](#)) que han examinat empíricament la relació entre l'estructura metropolitana en una situació monocèntrica ([Figura 3.2a](#)) i l'impacte ambiental negatiu de la mobilitat convergeixen a concloure que una major proximitat d'una àrea a la ciutat central està associada a una reducció de les externalitats ambientals del transport, com ho és per exemple, la petjada ecològica (vegeu vincle causal 2 en la [Figura 3.1](#)), aquells estudis que ho han explorat considerant una situació policèntrica ([Figura 3.2b](#)) divergeixen sobre el sentit i el nivell de significació dels efectes del policentrisme.

D'una banda, alguns estudis han emfatitzat que els sistemes urbans policèntrics condueixen cap un patró de mobilitat energèticament més eficient. Aquesta conclusió està en acordança amb els postulats de la 'hipòtesi de co-localització' i dels efectes beneficiosos d'una estructura policèntrica sorgida a partir de la descentralització en la selecció de mitjans de transport més sostenibles descrits més amunt, doncs, si la distància o temps de viatge de les persones és més curt i aquestes utilitzen menys el transport privat, l'impacte ambiental de la mobilitat és redueix. Per exemple, [Veneri \(2010\)](#) i [Ma et al. \(2015\)](#) il·lustren que els patrons de mobilitat policèntrics són els que generen menys emissions de CO₂, tot considerant les àrees metropolitanes d'Itàlia i la regió urbana de Pequín, respectivament, mentre que [Travisi et al. \(2010\)](#) mostra com les estructures policèntriques també condueixen cap a una reducció de les externalitats ambientals del transport, però considerant l'impacte ambiental causat simultàniament pel temps de viatge i el mitjà de transport utilitzat per les persones.

D'altra banda, estudis recents han mostrat com el policentrisme està positivament associat amb un patró de mobilitat energèticament menys eficient o, fins i tot, que els seus efectes no són significants. Per exemple, [Lee i Lee \(2014\)](#) remarca que, com més policèntriques són les àrees metropolitanes dels Estats Units, més alt és el nivell d'emissions de CO₂ relacionades amb el transport, mentre que [Burgalassi i Luzzati \(2015\)](#) indica que el policentrisme ha passat de no exercir un efecte significatiu en les emissions de CO₂ del transport privat (cotxe) a estar actualment associat amb un major nivell d'emissions de CO₂ de les regions urbanes d'Itàlia.

Així doncs, el debat sobre la relació entre el policentrisme i les activitats o externalitats dels patrons de mobilitat es manté encara irresolt. Més recerca empírica és necessària, doncs, per tal d'aportar nova llum sobre el rol de les estructures policèntriques envers la distància de viatge, el temps de viatge, la selecció de mitjans de transport més sostenibles, i l'impacte ambiental del transport i, per tant, d'aquesta manera poder abordar adequadament els reptes actuals socials i ambientals que es deriven de la mobilitat de les persones.

3.2.2.3 Reconciliació de la literatura: conceptualització dels patrons de mobilitat policèntrics

El model conceptual proposat en aquest estudi (vegeu [Figura 3.1](#)) intenta abordar les raons teòriques per les quals hi ha aquestes discrepàncies en la literatura sobre els efectes del policentrisme en els patrons de mobilitat de les persones (el marc empíric de la [secció 3.3](#) prova de fer-ho des de la vessant metodològica). Des del punt de vista d'aquest estudi, els resultats incerts de la influència del policentrisme s'atribueixen als diferents plantejaments conceptuals per part dels estudis existents respecte als patrons de mobilitat policèntrics, a la definició del policentrisme, i a com es mesuren els seus efectes directes i indirectes. Tres qüestions teòriques a resoldre afluïren en aquest sentit; la primera s'explica en aquest apartat, mentre que les altres dues es presenten en el següent.

La conceptualització de les forces motrius que condueixen al desenvolupament policèntric és la primera qüestió que explica l'existència de discrepàncies entre els resultats d'estudis sobre policentrisme i patrons de mobilitat. Molts estudis han considerat la proposició que la transició cap a configuracions policèntriques ha estat exclusivament conseqüència de processos de descentralització (vegeu [Figura 3.2](#)), i han omès que les estructures metropolitanes policèntriques també poden sorgir mitjançant la incorporació-fusió de diferents ciutats, identificades com a centres, tal i com s'explica en l'estudi de [Masip-Tresserra \(2016\)](#) (vegeu [capítol 5](#) de l'estudi citat). Conseqüentment, els centres en la literatura existent sobre policentrisme i mobilitat són caracteritzats considerant la seva localització (p. ex., centres propers i perifèrics) amb relació a la ciutat central (p. ex., [Aguilera, 2005](#); [Cervero i Wu, 1998](#)).

No obstant, tal i com la [Figura 3.3](#) mostra, els patrons de mobilitat són diferents quan l'estructura policèntrica s'origina a partir de la incorporació-fusió de centres existents, doncs aquests centres

tendeixen a estar caracteritzats, p. ex., per una mida de ciutat substancial i per la presència de facilitats urbanes de primer ordre; a més de concentrar i tenir la capacitat d'atraure més activitat econòmica. Això significa que un patró policèntric 'creuat' ('cross' en anglès), tal i com [Schwanen et al. \(2003\)](#) i [Van der Laan \(1998\)](#) han definit, sigui més vigent (vegeu [Figura 3.3a](#)). Aquest patró de mobilitat policèntric també podria oferir una important font de potencial de complementarietat entre els centres d'una àrea metropolitana, en lloc d'un perfil similar. En aquest cas, el patró de mobilitat policèntric es pot definir com a 'creuat-d'intercanvi' ('cross-exchange' en anglès) o 'descentralitzat' ('decentralized' en anglès) (vegeu [Schwanen et al., 2003](#); [Van der Laan, 1998](#)) a causa dels vincles primordials recíprocs entre la ciutat central i els centres secundaris (vegeu [Figura 3.3b](#)).

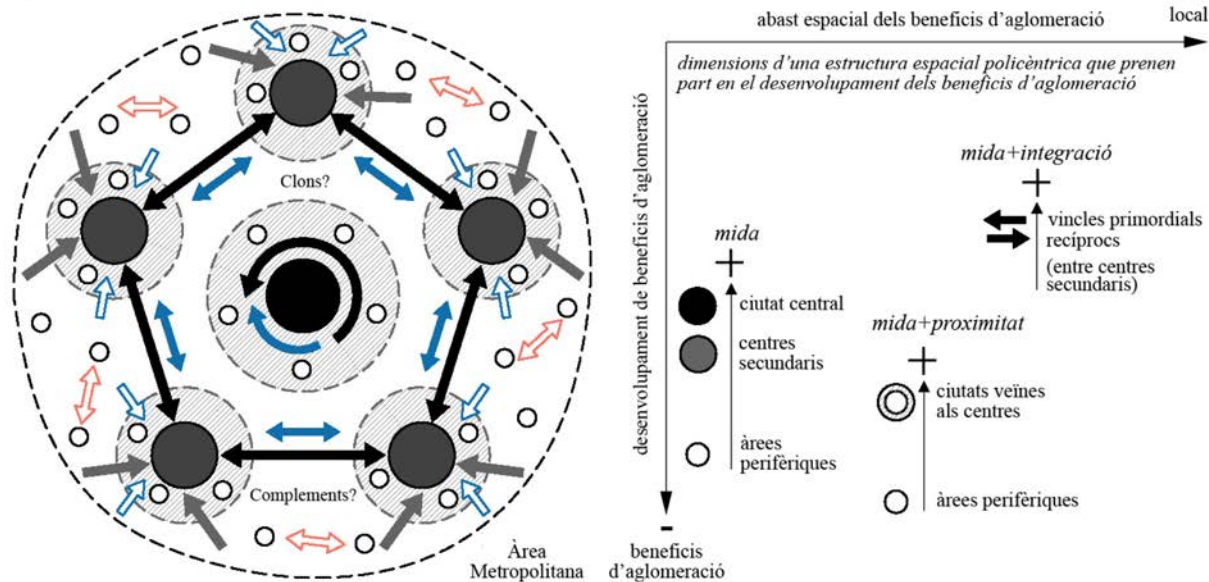
És important incloure la trajectòria d'incorporació-fusió cap al policentrisme, doncs aquesta trajectòria mostra quin patró de mobilitat en un sistema urbà policèntric podria ser el més socialment i ambientalment sostenible. El cas és que el desenvolupament dels beneficis d'aglomeració en una àrea metropolitana policèntrica varien substancialment segons l'origen dels centres ([Masip-Tresserra, 2016](#)). Es pot argumentar doncs que el patró de mobilitat policèntric 'creuat-d'intercanvi' ([Figura 3.3b](#)) és un patró de mobilitat una mica més sostenible que el patró policèntric 'creuat' ([Figura 3.3a](#)), i considerablement més sostenible que el patró policèntric 'd'intercanvi', associat amb el desenvolupament policèntric mitjançant processos de descentralització ([Figura 3.2b](#)), descrit anteriorment. Aquesta argumentació es suporta mitjançant tres raons, cada una fa referència a una dimensió diferent d'una estructura espacial policèntrica que, tal i com [Masip-Tresserra \(2016\)](#) i el [capítol 2](#) d'aquesta tesi (vegeu [secció 2.3](#)) indiquen, prenen part en el desenvolupament dels beneficis d'aglomeració en una àrea metropolitana.

En primer lloc, la major mida dels centres que resulten de la trajectòria d'incorporació-fusió (vegeu [Masip-Tresserra, 2016](#) o el [capítol 2](#) d'aquesta tesi per a una explicació detallada) condueixen cap a majors avantatges (economies) d'urbanització—p. ex., un major accés a diferents tipologies de llocs de treball i de facilitats urbanes—per a les persones que viuen en aquests centres. Per tant, els residents d'aquest tipus de centre són més propensos a experimentar distàncies i temps de viatge més curts. A més, els residents d'aquest tipus de centre són més propensos a utilitzar el transport públic i mitjans de transport no motoritzats (p. ex., bicicleta), en lloc del transport privat. La major concentració de diferents tipus de llocs de treball i de facilitats urbanes (p. ex., universitats, escoles, teatres, hospitals, etc.), que resulten dels avantatges d'urbanització d'aquests centres sorgits de dinàmiques d'incorporació-fusió, incrementa amb major mesura la competitivitat relativa del transport, públic i dels mitjans de transport no motoritzats, doncs els avantatges d'utilitzar el transport privat, com ara el cotxe (p. ex., temps de viatge més curts), es redueixen (p. ex., a causa de la congestió) quan les persones gaudeixen d'una major accessibilitat a les localitzacions on duen a terme les seves activitats diàries (p. ex., treballar, comprar, estudiar, etc.). D'altra banda, la conjunció de distàncies i temps de viatge més reduïts pels residents d'aquest tipus de centre, combinat amb el seu menor ús del transport privat, possibilita també una major reducció de l'impacte ambiental ocasionat per la mobilitat (p. ex., emissions de CO₂).

En segon lloc, els majors efectes de proximitat (també anomenats 'distance-decay effects' en anglès) dels centres que resulten de la trajectòria d'incorporació-fusió (vegeu tant l'explicació teòrica com la corroboració empírica a [Masip-Tresserra, 2016](#)) comporten que les persones i empreses localitzades a prop d'aquest tipus de centre, no només es beneficiaran d'aquesta proximitat (geogràfica), sinó que també seran més dependents del seu major accés als beneficis d'aglomeració d'aquests centres. Aquesta major dependència condueix cap a uns desplaçaments 'suburbis-centres' socialment i ambientalment més sostenibles en els patrons de mobilitat policèntrica, associats a centres sorgits de dinàmiques d'incorporació-fusió, que no pas en el patró de mobilitat policèntric relacionat amb centres que es formen mitjançant processos de descentralització. Per exemple, en termes de selecció de mitjans de

transport, per part de les persones, el transport públic pot resultar més competitiu que els cotxes en el patró de mobilitat policèntric 'creuat' o 'creuat-d'intercanvi' (vegeu els vincles secundaris amb relació al transport públic en les [Figures 3.3a-b](#)), doncs més persones són estimulades a desplaçar-se des de localitzacions a prop dels centres cap als centres per tal de realitzar les seves activitats diàries, tenint en compte els avantatges d'aglomeració dels centres, que resulten de processos d'incorporació-fusió sobre els dels centres, que s'originen a partir de descentralització.

a) Policèntric 'Creuat'



b) Policèntric 'Creuat-d'Intercanvi'

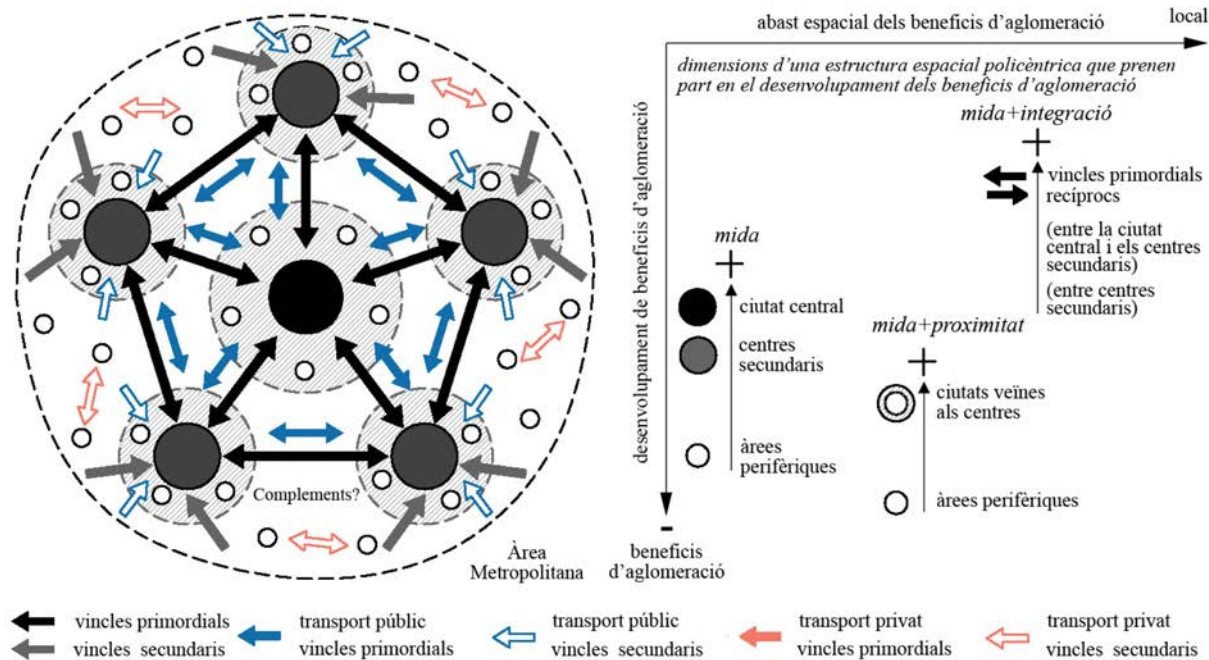


FIGURA 3.3 Patrons de mobilitat i eficiència territorial de les àrees metropolitanes policèntriques resultants de la trajectòria d'incorporació-fusió

Font: Masip-Tresserra (2016).

En tercer lloc, els vincles més intensos entre els centres 'incorporats-fusionats' i entre aquests centres i la ciutat central, evidencia que aquests centres 'incorporats-fusionats' exploten millor la seva mida urbana agregada, conduint, així, cap al desenvolupament de més economies d'aglomeració. En part, aquest desenvolupament de beneficis d'aglomeració que resulten de la mida agregada dels centres, mitjançant la intensitat de la seva integració, ocorre perquè els centres que s'originen a partir de dinàmiques d'incorporació-fusió són més complementaris entre ells (vegeu [Champion, 2001:664-665](#)), i la complementarietat fomenta tant la interacció com la integració (vegeu les relacions primordials recíproques entre els centres secundaris en les [Figures 3.3a-b](#)). Es pot argumentar, doncs, que les persones i les empreses localitzades en aquests centres 'integrats espacialment' gaudeixen d'avantatges addicionals. Per exemple, les persones que resideixen en un d'aquests centres 'integrats espacialment', no només gaudeixen d'una millor accessibilitat a diferents tipus de llocs de treball i de facilitats urbanes resultants dels avantatges d'urbanització del centre en el qual viuen, sinó que també disposen d'una major accessibilitat als beneficis d'aglomeració dels altres centres 'integrats'. Això podria proporcionar una reducció encara més gran en els costos de la mobilitat de les persones (distància i temps de viatge), fomentar cada cop més la competitivitat del transport públic, ja que més persones són estimulades a viatjar diàriament entre centres i, per tant, també podria facilitar una major mitigació de l'impacte ambiental del transport (p. ex., de les emissions de CO₂ i de la petjada ecològica).

El desenvolupament de beneficis d'aglomeració quan els centres exploten la seva mida agregada, d'acord amb la intensitat de la seva integració, explica també el perquè un patró de mobilitat 'creuat-d'intercanvi' és més sostenible que un patró de mobilitat policèntric 'creuat'. Ja que el patró de mobilitat policèntric 'creuat-d'intercanvi' assumeix també l'existència de relacions complementàries entre la ciutat central i els centres secundaris (compareu la [Figura 3.3a](#) amb la [Figura 3.3b](#)), els centres associats amb aquest patró de mobilitat seran encara més propensos a explotar la seva mida urbana agregada, cosa que condueix, per tant, a majors beneficis d'aglomeració.

La consideració d'aquestes dues forces motors darrere el desenvolupament policèntric i els seus patrons de mobilitat relacionats poden, per tant, aportar nova llum sobre la recerca empírica dels efectes del policentrisme en les activitats i externalitats de la mobilitat de les persones. En aquest sentit, el model conceptual d'aquest estudi proposa, a continuació, noves seqüències causals per identificar més àmpliament les relacions que s'estableixen entre els diferents patrons de mobilitat policèntrics i la distància de viatge, el temps de viatge, la proporció de viatges amb transport públic, i les emissions de CO₂ relacionades amb el transport. No obstant, aquest estudi profunditza abans amb les altres dues qüestions teòriques que s'han d'abordar en la literatura existent, per tal de resoldre la divergència de resultats empírics sobre la relació entre policentrisme i mobilitat.

3.2.2.4 Reconciliació de la literatura: definició i mesura del policentrisme

La segona qüestió per la qual existeixen discrepàncies en la literatura existent sobre els efectes del policentrisme té a veure amb l'existència de dues aproximacions per definir i mesurar els efectes del policentrisme. Sembla raonable que aquestes dues aproximacions s'haurien de reconciliar per tal d'obtenir respostes més concloents sobre el rol del policentrisme envers les activitats (p. ex., distància de viatge) i externalitats (p. ex., emissions de CO₂) de la mobilitat. D'una banda, un primer conjunt d'estudis ha comparat la distància de viatge, el temps de viatge, la selecció de mitjans de transport sostenibles, i les implicacions ambientals del transport entre els sistemes urbans monocèntrics i policèntrics. Aquest conjunt d'estudis ha utilitzat diferents aproximacions analítiques per definir un sistema urbà policèntric. Per exemple, els sistemes urbans han estat classificats en monocèntrics o policèntrics a partir de considerar la seva localització ([Dieleman et al., 2002](#); [Gordon i Wong, 1985](#); [Schwanen et al., 2002](#); [Susilo i Maat, 2007](#); [Travisi et al., 2010](#))—p. ex., si estan localitzats en una regió urbana policèntrica com ara el Randstad ([Susilo i Maat, 2007](#))—la tipologia d'una àrea urbana

o ciutat (Dieleman et al., 2002; Levinson i Kumar, 1997; Naess, 2005; Schwanen et al., 2002), la tipologia funcional d'un sistema urbà (Schwanen et al., 2001, 2002, 2003, 2004) basada en la classificació proposada per Van der Laan (1998), la distribució de ciutats en un sistema urbà utilitzant la regla del rang de mida (Burgalassi i Luzzati, 2015; Melo et al., 2012), i l'agrupació espacial de la població en un sistema urbà utilitzant l'índex de Moran (Nam et al., 2012).

No obstant, les contribucions d'aquests estudis poden ser limitades ja que els seus resultats presenten un cert grau de biaix, com a conseqüència que la seva definició d'estructura urbana policèntrica és massa general per tal d'abordar acuradament la relació entre policentrisme i activitats o externalitats de la mobilitat, doncs els centres que formen una estructura espacial policèntrica no són identificats. Per exemple, la classificació dels sistemes urbans basada en els vincles funcionals entre el nucli central i els suburbis (p. ex., Schwanen et al., 2003:416) obstaculitza una anàlisi acurada entre el desajust espacial entre les persones, les funcions urbanes, i els llocs de treball en els centres, doncs no pot considerar el fet que algunes àrees suburbanes ja han esdevingut centres mitjançant processos de descentralització, ni el fet que el sistema urbà ha pogut esdevenir més policèntric com a conseqüència de la incorporació-fusió de nous centres, tal i com s'ha explicat més amunt.

A més, aquest tipus de recerca dificulta l'anàlisi empírica dels efectes del policentrisme en base a diferents dimensions d'una estructura espacial policèntrica que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana—específicament, (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica als centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial). Considerar aquestes dimensions pot ser valuós per tal d'extreure conclusions més àmplies sobre els efectes del policentrisme (vegeu capítol 2; Masip-Tresserra, 2016). Per exemple, aquest tipus de recerca no permet corroborar empíricament si els efectes de la proximitat als centres desenvolupen un rol important envers la promoció de mitjans de transport ambientalment més sostenibles. Dit d'una altra manera, en lloc de classificar els sistemes urbans d'una manera general, és necessari considerar més detall geogràfic mitjançant l'examinació de com la mida dels centres, la proximitat als centres, i la integració entre centres afecten les activitats i les externalitats de la mobilitat. Aquest detall geogràfic és important, doncs aquestes dimensions d'una estructura policèntrica són les que defineixen els trets distintius de cada patró de mobilitat policèntric explicat anteriorment.

D'altra banda, un segon conjunt d'estudis identifica, primerament, tant subdivisions espacials diferents (p. ex., ciutat central, suburbis interiors, i suburbis exteriors) en una àrea metropolitana (p. ex., Gordon et al., 1989a; Levinson i Kumar, 1994; Lin et al., 2015; Motte et al., 2016; Suárez et al., 2015), com els centres d'una àrea metropolitana mitjançant l'ús de coneixement local (Bell, 1991; Ma et al., 2015; Naess, 2005; Nielsen, 2015; Silva et al., 2014; Song et al., 2012), l'examinació de la dispersió dels llocs de treball (p. ex., Angel i Blei, 2016; Giuliano i Small, 1993; Gordon i Lee, 2014; Hamidi et al., 2015; Lee, 2006b; Lee i Lee, 2014; Nasri i Zhang, 2014; Shearmur, 2006; Sun et al., 2015; Vega i Reynolds-Feighan, 2008; Wang, 2000; Yang et al., 2012; Zhang i Xie, 2015) i l'exploració de les relacions funcionals entre ciutats (p. ex., Aguilera, 2005; Veneri, 2010). Posteriorment, aquest segon conjunt d'estudis ha analitzat els efectes del policentrisme en els patrons de mobilitat, p. ex., a través de considerar alguns atributs d'aquests centres identificats, com ara la seva concentració de llocs de treball relativa a l'àrea metropolitana (p. ex., Hamidi et al., 2015; Nasri i Zhang, 2014) i la distància i temps de mitjana de viatge de les persones que viuen/treballen en aquests centres (p. ex., Aguilera, 2005; Cervero i Wu, 1998; Gordon i Lee, 2014; Lowe, 1998). Malgrat que aquest conjunt d'estudis si que consideren una escala geogràfica més apropiada, els seus resultats també podrien estar subjectes a un cert biaix, doncs no acaben de considerar les diferents vies per les quals els centres poden aparèixer en una àrea metropolitana: és a dir, la trajectòria de descentralització i

la d'incorporació-fusió. Tal i com s'explica en el [capítol 2](#) d'aquesta tesi i en l'anterior estudi de [Masip-Tresserra \(2016\)](#), aquesta distinció és important perquè els (des)avantatges del policentrisme depenen d'aquests dos tipus de centres.

Conseqüentment, l'aproximació del model conceptual d'aquest estudi a la definició del policentrisme i la mesura dels seus efectes en les activitats o externalitats de la mobilitat incorpora, tant la identificació dels centres d'una àrea metropolitana, com la consideració de les diferents dimensions d'una configuració espacial policèntrica que influeixen en el desenvolupament dels beneficis d'aglomeració. Per això, el model conceptual, en lloc de definir l'estructura espacial metropolitana d'una manera general, considera el mètode de identificació de centres proposat en el [capítol 5](#) de l'estudi de [Masip-Tresserra \(2016\)](#) i formula hipòtesis en base als efectes (1) d'estar localitzat en els centres, (2) d'estar localitzat a prop dels centres, i (3) dels patrons d'interacció entre els centres a l'escala metropolitana.

La tercera qüestió per la qual existeixen discrepàncies en la literatura existent sobre els efectes del policentrisme posa èmfasi en la manca d'anàlisi, en la literatura, dels efectes indirectes del policentrisme en les activitats o externalitats de la mobilitat de les persones, mitjançant el seu impacte en els atributs del medi construït. La connexió entre policentrisme i els atributs del medi construït es pot establir a partir de les teories d'aglomeració, doncs, tal i com s'argumenta en el [capítol 2](#) i en l'estudi de [Masip-Tresserra \(2016\)](#), els atributs del medi construït de les ciutats poden ser entesos com indicadors de la presència dels beneficis de l'aglomeració en aquestes, a la vegada que les externalitats de l'aglomeració són dependents de l'estructura espacial metropolitana. Per exemple, la densitat de llocs de treball s'entén com una mesura del nivell d'economies d'aglomeració de les ciutats en els models policèntrics teòrics i empírics de la 'Nova Economia Urbana'; models que, a més, prediuen que l'increment del nivell d'economies d'aglomeració (i per tant, de la densitat) està associat amb una major proximitat geogràfica als centres d'una estructura policèntrica.

Conseqüentment, considerar les relacions compostes (directes i indirectes) del policentrisme amb més detall, pot aportar nova llum en les causes sobre l'ambigüitat dels seus efectes, doncs evitaria subestimar o sobreestimar els efectes nets del policentrisme en les activitats (p. ex., temps de viatge) o externalitats (p. ex., emissions de CO₂) de la mobilitat.

Abordar aquestes dues qüestions teòriques, conjuntament amb l'anterior descrita més amunt, implica, doncs, advocar per una reconciliació de la literatura existent, això es tradueix en el model conceptual mitjançant la incorporació de noves variables per mesurar els efectes del policentrisme (p. ex., distància a la ciutat central i al centre secundari més proper) i la proposta de seqüències causals per identificar més àmpliament les relacions directes i indirectes del policentrisme en les activitats i externalitats de la mobilitat de les persones (vegeu, p. ex., el vincle causal 6-1 en la [Figura 3.1](#)). L'apartat següent explica aquestes seqüències i les seves hipòtesis corresponents.

3.2.2.5 Proposta de seqüències causals

Considerant les relacions directes i indirectes del policentrisme a partir dels efectes de la mida dels centres, el model conceptual formula hipòtesis; aquestes es basen en la literatura existent sobre les teories d'aglomeració i policentrisme (vegeu els estudis citats en el [capítol 2](#): p. ex., [Alonso, 1971](#); [Johansson i Quigley, 2004](#); [Phelps et al., 2001](#)), on s'extreu, per exemple, que els centres d'una àrea metropolitana són ciutats més denses, amb més diversitat de l'ús del sòl i amb una major accessibilitat a diferents tipus de facilitats urbanes i de llocs de treball en comparació a altres tipus de ciutats (p. ex., ciutats veïnes als centres i àrees perifèriques), a causa de la seva major mida, que origina el desenvolupament de més beneficis d'aglomeració. Dues hipòtesis principals es poden plantejar en aquest sentit.

En primer lloc, s'assumeix que estar localitzat en els centres (ciutat central i centres secundaris) d'una àrea metropolitana, en lloc d'estar-ho en altres tipus de ciutats, redueix més els costos (distància i temps de viatge) i les emissions de CO₂ de la mobilitat, a la vegada que augmenta amb major mesura la proporció de viatges amb transport públic ja que els seus residents, majoritàriament, accedeixen i, per tant, es beneficien més, dels seus majors avantatges d'aglomeració—p. ex., la major proximitat entre el lloc de residència i el lloc de treball en els centres, resultant de la seva gran concentració de diferents tipus de llocs de treball (exemple d'un dels seus beneficis d'aglomeració), permet als seus residents accedir al seu lloc de treball mitjançant distàncies de viatge més curtes.

En segon lloc, la mida dels centres afecta indirectament la distància de viatge, el temps de viatge, la proporció de viatges amb transport públic, i les emissions de CO₂ del transport a través del seu impacte en els atributs del medi construït (p. ex., densitat de llocs de treball i presència de facilitats urbanes); s'assumeix que, a causa del major desenvolupament de beneficis d'aglomeració en els centres, com a resultat de la seva mida més gran, el nivell de densitat de llocs de treball, el grau de diversitat de l'ús del sòl, la concentració de facilitats urbanes, i la proporció de llocs de treball per habitatge en els centres seran majors que els de les ciutats veïnes del seu entorn i els de les àrees perifèriques.

De manera semblant, a partir de considerar la literatura sobre teories d'aglomeració i policentrisme, on s'argumenta també que les economies d'aglomeració dels centres no estan confinades en els seus límits geogràfics i s'estenen atenuant-se envers els seus entorns (vegeu, p. ex., [Alonso, 1973](#); [Anas et al., 1998](#); [Rosenthal i Strange, 2003, 2004](#)), el model conceptual formula dues hipòtesis respecte a les relacions directes i indirectes del policentrisme a causa dels efectes de la proximitat als centres (vegeu [Figura 3.1](#)).

En primer terme, la proximitat als centres (ciutat central i centres secundaris) afecta directament les activitats i externalitats de la mobilitat; s'assumeix que els residents d'àrees més pròximes als centres presenten una distància de viatge més curta, utilitzen amb una major proporció el transport públic i generen menys emissions de CO₂ del transport, com a resultat de la seva major dependència a accedir als beneficis d'aglomeració dels centres per tal de realitzar les seves activitats diàries. No obstant, a causa dels efectes de congestió (vegeu, p. ex., [Anas et al., 1998](#)), s'assumeix també que els efectes de la proximitat als centres en el temps de viatge de les persones, tant poden ser positius com negatius (vegeu relació causal 2 en la [Figura 3.1](#)).

En segon terme, s'espera que la proximitat als centres influencii indirectament en les activitats i externalitats de la mobilitat a través d'atributs del medi construït, com ara la densitat de llocs de treball, la diversitat de l'ús del sòl, la presència de facilitats urbanes, i la proporció de llocs de treball per habitatge (vegeu, p. ex., vincles 6-1 i 6-5-1 en la [Figura 3.1](#)). La dispersió dels beneficis d'aglomeració dels centres envers els seus entorns en funció de la distància geogràfica fomenta, p. ex., segons els models teòrics i empírics de la 'Nova Economia Urbana', un major nivell de densitat (vegeu, p. ex., [McDonald i Prather, 1994](#); [McMillen i Lester, 2003](#)) i de proporció de llocs de treball per habitatge (vegeu, p. ex., [Giuliano i Small, 1993](#)) en les àrees més pròximes als centres en comparació a les àrees perifèriques.

L'últim conjunt d'hipòtesis, que el model conceptual formula per tal d'identificar més àmpliament els efectes directes i indirectes del policentrisme, tenen a veure amb les seqüències causals que s'estableixen a partir de considerar els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració. Aquestes hipòtesis parteixen de considerar també la literatura sobre les teories d'aglomeració, en concret, es basen en aquells estudis que argumenten que la presència d'intenses xarxes de complementarietat i cooperació entre persones i empreses localitzades en centres són claus pel desenvolupament de les economies d'aglomeració, doncs aquestes xarxes fomenten la interacció i integració entre centres que, al seu torn, els permeten explotar millor la seva mida agregada, conduint cap a majors beneficis d'aglomeració dels que es desenvoluparien a partir de la seva mida per separat, i

mantenint els costos d'aglomeració derivats de la seva mida localment (vegeu, p. ex., [Camagni i Capello, 2004; 2015; Camagni i Salone, 1993](#)). Dues hipòtesis principals es poden plantejar en aquest sentit.

En primer lloc, s'assumeix que els fluxos més intensos de migració de persones entre centres estan associats amb un major ús del transport públic, menys emissions de CO₂ del transport i uns costos de la mobilitat més reduïts, en comparació als fluxos de persones entre d'altres tipus de ciutats (p. ex., entre ciutats veïnes als centres o entre àrees perifèriques). Les externalitats positives de les economies d'aglomeració dels centres que es desenvolupen mitjançant l'explotació de la seva mida agregada, tal i com s'ha exemplificat anteriorment (vegeu l'apartat 'reconciliació de la literatura: conceptualització dels patrons de mobilitat policèntrics), s'erigeixen com a principals garants de la corroboració d'aquesta proposició.

En segon lloc, la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració influeix indirectament en les activitats i externalitats de la mobilitat a través del seu impacte en els atributs del medi construït. En concret, s'espera que, a causa del major desenvolupament de beneficis d'aglomeració resultat de l'explotació d'una mida agregada més gran quan s'estableixen xarxes de complementaritat i cooperació entre persones i empreses localitzades en centres, els vincles funcionals entre aquests centres impliquin un major nivell de densitat de llocs de treball, de diversitat de l'ús del sòl, de concentració de facilitats urbanes, i de llocs de treball per habitatge, en comparació als vincles funcionals entre altres tipus de ciutats (és a dir, entre ciutats veïnes als centres i entre àrees perifèriques).

La corroboració empírica d'aquestes sis hipòtesis indicaria, doncs, que un desenvolupament policèntric condueix cap a un patró de mobilitat socialment i ambientalment més sostenible. A manera de resum, les següents tres afirmacions sintetitzen, considerant el model conceptual proposat per aquest estudi, quan un desenvolupament policèntric per a una aglomeració metropolitana genera un patró de mobilitat més sostenible:

- 1 Mida dels centres: El desenvolupament policèntric és beneficiós quan les persones que viuen en els centres o hi realitzen les seves activitats diàries són més propenses a experimentar distàncies i temps de viatge més curts, a desplaçar-se amb transport públic o amb un mitjà de transport no motoritzat, i a generar un impacte ambiental menor com a conseqüència dels seus viatges diaris, en comparació a aquelles persones que no viuen en els centres o no hi duen a terme les seves activitats diàries.
- 2 Mida i proximitat als centres: El desenvolupament policèntric és beneficiós quan viure a prop dels centres, en lloc de fer-ho en àrees més perifèriques, condueix cap a una major selecció de mitjans de transport sostenibles i cap a una major reducció dels costos socials i ambientals de la mobilitat.
- 3 Mida i integració entre els centres: El desenvolupament policèntric és beneficiós quan els viatges entre centres, en lloc dels viatges entre altres tipus de ciutats (p. ex., entre àrees perifèriques), són els que més promouen l'ús del transport públic, la reducció de la distància i el temps de viatge, i la mitigació de l'impacte ambiental del transport.

3.2.3 Atributs sociodemogràfics i de l'habitatge

Els efectes dels atributs sociodemogràfics de les persones en les activitats i externalitats de la mobilitat s'han estudiat àmpliament, també, en l'àmbit de la recerca sobre el medi construït i la mobilitat. En aquest sentit, la literatura ha identificat que les característiques de les persones (p. ex., edat i nivell d'ingressos) influeixen en la distància de viatge, en el temps de viatge, l'ús del transport públic, i les emissions de CO₂ del transport, tant de forma directa, a través del seu comportament, com indirectament via, p. ex., els atributs del medi construït (p. ex., la densitat de llocs de treball), doncs aquests atributs del medi construït poden indicar en gran part les seves preferències envers la selecció de la seva residència i les seves actituds relacionades amb el transport (efectes d'auto-selecció): p. ex., les

persones amb un nivell d'ingressos major poden seleccionar una localitat de baixa densitat per viure-hi, per tal d'evitar les externalitats de soroll existents en aglomeracions urbanes d'alta densitat. També, la literatura sobre medi construït i la mobilitat ha examinat els efectes directes de les característiques de llar o de l'habitatge (p. ex., nombre de membres de la llar i tipus d'habitatge) en diferents aspectes de la mobilitat de les persones (p. ex., nombre de cotxes per llar).

Respecte als efectes directes dels atributs sociodemogràfics de les persones i de les característiques de l'habitatge en les activitats i externalitats de la mobilitat, els estudis empírics mostren que tant poden ser positius com negatius (vegeu seqüència causal 4 en la [Figura 3.1](#)). En general, els estudis il·lustren que el perfil de persona que presenta unes distàncies i temps de viatge més llargs, que selecciona preferentment mitjans de transport privat, i genera més emissions de CO₂ relacionades amb el transport és un (1) home adult (p. ex., [Commins i Nolan, 2011](#); [Naess, 2005](#); [Vega i Reynolds-Feighan, 2008](#)) de (2) mitjana edat (p. ex., [Bento et al., 2005](#); [Susilo i Maat, 2007](#); [Veneri, 2010](#)) amb (3) un nivell d'ingressos (p. ex., [Schwanen et al., 2003, 2004](#); [Shearmur, 2006](#); [Watts, 2009](#)) i (4) d'educació (p. ex., [Eldér, 2014](#); [Schwanen et al., 2003, 2004](#); [Veneri, 2010](#)) alt, que (5) té nens (p. ex., [Commins i Nolan, 2011](#); [Susilo i Maat, 2007](#)) i (6) a més disposa de segona residència (p. ex., [Camagni et al., 2002](#); [Veneri, 2010](#)). En relació amb els efectes indirectes dels atributs sociodemogràfics, els estudis empírics mostren també que el signe d'aquests efectes depèn de l'atribut considerat (vegeu relació causal 7-1 en la [Figura 3.1](#)). Per exemple, el model conceptual d'aquest estudi considera que les persones amb un alt nivell d'ingressos prefereixen viure en àrees de menys densitat, però en les quals hi hagi un equilibri entre llocs de treball i habitatges, és a dir, les persones amb una major renda generalment eviten localitzar-se en 'ciutats dormitori'.

La pròxima secció explica el plantejament de recerca que possibilita l'anàlisi empírica d'aquesta qüestió, conjuntament amb l'aplicació del model conceptual exposat.

§ 3.3 Plantejament de la recerca: bases de dades, variables i marc empíric

3.3.1 Dades i variables

Aquest estudi utilitza les dades de mobilitat derivades del cens de població per tal d'assolir l'objectiu de recerca. Aquestes dades de mobilitat proporcionen informació exhaustiva sobre els fluxos de la població (per sobre dels 16 anys) entre tots els 164 municipis de la regió metropolitana de Barcelona, amb relació al propòsit de viatge residència-treball (mobilitat obligada). Conseqüentment, és possible conèixer acuradament l'origen i la destinació del nombre total de persones ocupades que un municipi envia cap a o rep d'altres municipis. Les dades de mobilitat que s'obtenen a partir del cens de població són obtingudes a partir de l'Institut d'Estadística de Catalunya ('IDESCAT' d'ara en endavant) i de l'*Instituto Nacional de Estadística* ('INE' d'ara en endavant). En concret, l'IDESCAT proporciona les dades de mobilitat considerant l'agregació de tots els mitjans de transport per l'any 2001 mentre que l'INE proporciona aquestes dades a partir de la desagregació dels fluxos de persones entre municipis segons diferents tipus de mitjans de transport (p. ex., transport privat, transport públic, i bicicleta o viatges a peu) per l'any 2001.

És important mencionar, doncs, que aquest estudi només pot examinar la relació entre el policentrisme i els patrons de mobilitat agregada des de l'òptica de la mobilitat obligada residència-treball. Aquest tipus de mobilitat representa al voltant del 40% de tota la mobilitat que es genera, on el 60% restant,

fa referència als viatges de la mobilitat no obligada, és a dir, els viatges amb motiu de desplaçament en relació a l'estudi, a les compres, al lleure, etc. (Bertaud, 2002). La raó és la manca de dades de mobilitat agregada per a la regió metropolitana de Barcelona, considerant la mobilitat no obligada. En aquest sentit, es poden observar com els efectes del policentrisme en el comportament (no agregat a un nivell geogràfic determinat) de la mobilitat de les persones (p. ex., selecció del mitjà de transport i distància de viatge) varien segons diferents motius de viatge (p. ex., residència-treball, residència-compres, residència-estudi, etc.) en l'estudi realitzat per Masip-Tresserra (2016).

La combinació de variables amb relació als atributs sociodemogràfics de les persones i les característiques de l'habitatge, mesurats a nivell municipal amb altres variables respecte als atributs del medi construït i del policentrisme, també mesurats a nivell municipal, defineix el plantejament de la recerca d'aquest estudi per tal d'examinar la relació entre policentrisme i les activitats o externalitats de la mobilitat agregada, tal i com mostra la Figura 3.4.

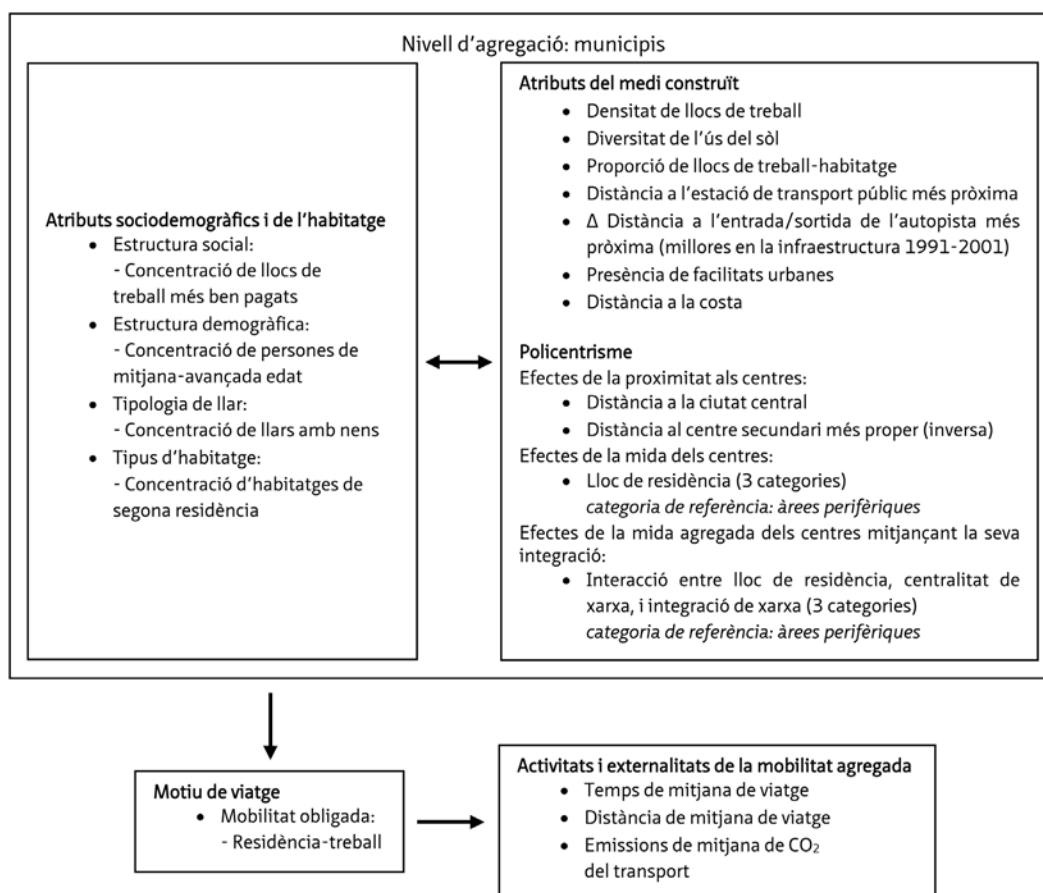


FIGURA 3.4 Plantejament de la recerca: anàlisi dels patrons de mobilitat agregada

3.3.1.1 Atributs sociodemogràfics i de l'habitatge

Els atributs sociodemogràfics i de l'habitatge dels municipis es consideren, en primer terme, a partir de l'estructura social del municipi que és mesurada mitjançant la concentració de llocs de treball més ben

pagats¹¹. En segon terme, aquest estudi mesura l'estructura demogràfica del municipi a través de definir la proporció entre la presència de persones de mitjana-avançada edat (entre 45 i 64 anys) amb relació a la presència de persones més joves (entre 15-44 anys). En tercer terme, aquesta investigació té en compte els atributs del parc d'habitatges dels municipis a través de definir dues variables contínues: la concentració (proporció) de llars amb nens i la concentració (proporció) d'habitatges de segona residència.

Les dades utilitzades per tal de construir aquestes variables provenen de dues fonts. D'una banda, les dades demogràfiques i dels habitatges dels municipis s'obtenen a partir del cens de població del 2001 elaborat per l'INE. D'altra banda, les dades sobre els llocs de treball més ben pagats s'obtenen mitjançant la combinació de les dades sobre llocs de treball segons tipus d'ocupació a 2 dígits de desagregació elaborat per l'IDESCAT per l'any 2001 (les ocupacions d'aquesta base de dades estan definides segons la classificació CCO-94), amb les dades de l'Estadística Estructural Salarial elaborada per l'IDESCAT per l'any 2002; en concret, s'utilitzen les dades sobre el salari de mitjana anual per cada tipus d'ocupació a 2 dígits de desagregació.

3.3.1.2 Atributs del medi construït

Els atributs del medi construït són considerats mitjançant la definició dels atributs morfològics i de localització descrits en el model conceptual (vegeu [Figura 3.1](#)). Els atributs del medi construït mesurats a escala municipal, utilitzant les bases d'informació estadística disponibles per la regió metropolitana de Barcelona i per l'any 2001 són: densitat de llocs de treball, diversitat de l'ús del sòl, proporció llocs de treball per habitatge, distància a l'estació de transport públic (tren i metro) més pròxima, increment de la distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima entre 1991 i 2001—que representa els efectes de la millora en infraestructures—presència de facilitats urbanes, i distància a la costa. En aquest sentit, tant les estacions de transport públic com les millores en infraestructura es poden observar en [l'Apèndix 5.1](#) de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#).

Les dades utilitzades per tal de construir aquestes variables provenen de les següents fonts. En primer lloc, les dades de llocs de treball provenen del cens de població de l'any 2001, elaborat per l'INE. En segon lloc, les dades sobre l'ús del sòl han estat proporcionades pel Departament de Política Territorial i Obres Públiques (actualment denominat com a Departament de Territori i Sostenibilitat) del Govern de Catalunya. Aquestes dades, que han estat utilitzades en l'elaboració del Pla Territorial Metropolità de Barcelona de l'any 2010, fan referència a set categories diferents de l'ús del sòl: urbà-industrial, urbà-residencial d'alta densitat, urbà-residencial de baixa densitat, urbà-residencial en els centres històrics de les ciutats, serveis urbans, sistemes-facilitats urbanes, i sistemes-serveis urbans. Considerant aquests usos del sòl, aquest estudi pot calcular la densitat de llocs de treball i la diversitat de l'ús del sòl, considerant l'índex d'entropia proposat per [Frank i Pivo \(1994\)](#). En tercer lloc, les dades sobre habitatges provenen del cens de població de l'any 2001 elaborat per l'INE. Utilitzant aquestes dades d'habitatge i les de llocs de treball, aquest estudi calcula la proporció de llocs de treball per habitatge. En quart lloc, les dades sobre les xarxes d'autopistes (entrades i sortides) i les de ferrocarril, incloent la localització de les estacions de transport públic, han estat proporcionades també pel Departament de Política Territorial i Obres Públiques ('DPTOP' d'ara en endavant) del Govern de Catalunya. El càlcul de les distàncies (en kilòmetres) cap a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima i cap a l'estació de transport públic més propera s'ha realitzat a partir d'utilitzar programes informàtics de Sistemes d'Informació Geogràfica (GIS, per les sigles en anglès). En cinquè lloc, les dades sobre les facilitats urbanes s'obtenen de l'IDESCAT. Aquestes dades fan referència a l'any 2000, 2001, i 2003, depenent del tipus de facilitat urbana (educacional, cultural, esportiva, sanitària, d'oci, i

11

Per tal de calcular la concentració de llocs de treball més ben pagats en un municipi, aquest estudi identifica primerament aquelles ocupacions que presenten un salari de mitjana anual superior al percentil 90. Posteriorment, aquest estudi calcula el coeficient de localització d'aquest grup d'ocupacions per a cada municipi.

de benestar social) que es consideri. Per tal de calcular la presència de facilitats urbanes, es construeix un índex de valors normalitzats que van des del 0 al 100. En sisè lloc, les dades necessàries per tal de construir la variable 'distància a la costa' provenen de la matriu de distància mínima per carretera (en kilòmetres) entre municipis de Catalunya elaborada pel DPTOP per l'any 2001. A partir d'aquesta matriu, la distància de cada municipi de la regió metropolitana de Barcelona al municipi coster més proper és calculada a partir d'utilitzar programes informàtics de GIS.

3.3.1.3 Policentrisme

Tal i com s'ha explicat en la [secció 3.2](#), els estudis que s'han centrat en analitzar els efectes del policentrisme en les activitats i externalitats de la mobilitat han definit el policentrisme d'una manera que deixa marge per a la millora. En aquest capítol, tres efectes diferents del policentrisme són considerats d'acord amb l'aproximació teòrica proposada en el [capítol 2](#) amb relació als vincles entre policentrisme a l'escala intrametropolitana i l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes¹². Cada un d'aquests efectes correspon a una dimensió diferent d'una configuració espacial policèntrica que pren part en el desenvolupament dels beneficis d'aglomeració en una àrea metropolitana. Aquesta aproximació al policentrisme permet a aquest estudi definir un marc empíric més ampli i sistemàtic per examinar els seus efectes, en comparació als estudis ja existents sobre policentrisme i mobilitat i per tant, també permet assolir conclusions més àmplies sobre els seus efectes. Considerant, doncs, tal i com s'exposa en la [secció 3.2](#) anterior, els centres (ciutat central i 12 centres secundaris) identificats a l'any 2001 utilitzant el mètode d'identificació proposat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), aquest estudi defineix les següents variables per tal de considerar aquests tres efectes del policentrisme.

En primer lloc, aquest estudi considera l'atenuació amb la distància dels beneficis d'aglomeració resultant de la mida dels centres a través de definir dues variables: la distància a la ciutat central (Barcelona) i la inversa de la distància al centre secundari més proper¹³. Aquestes dues variables han estat àmpliament utilitzades pels acadèmics per tal d'avaluar empíricament el model policèntric de les àrees metropolitanes (vegeu [capítol 5](#) de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra, 2016](#)) i, essencialment, mesuren els efectes de la proximitat geogràfica als centres (ciutat central i centres secundaris).

En segon lloc, aquesta investigació considera els beneficis d'aglomeració resultats de la mida dels centres mitjançant la definició d'una variable categòrica. Aquesta variable mesura fins a quin cert punt els efectes de la mida dels centres varien (p. ex., són més importants que) dels efectes de la mida d'altres tipus de ciutats. En concret, aquesta variable categòrica fa referència al lloc de residència de les persones i es defineix a partir de tres categories: centres (ciutat central i centres secundaris), ciutats veïnes als centres (municipis adjacents als centres), i àrees perifèriques (municipis localitzats a una gran distància dels centres).

En tercer lloc, aquest estudi considera els beneficis d'aglomeració que resulten de la mida agregada dels centres mitjançant la intensitat de la seva integració a partir de definir dues variables d'efectes d'interacció, que relacionen les diferents localitzacions residencials de les persones utilitzant els tres tipus de ciutats mencionats més amunt amb el grau d'integració i de centralitat del seu lloc de residència. Aquestes variables, per tant, mesuren fins a quin cert punt els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració varien (p. ex., són més importants que) dels efectes de la mida

12 La quarta dimensió del marc proposat en el [capítol 2](#) 'patrons d'interacció entre centres a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial)', no ha estat possible considerar-la en l'anàlisi empírica d'aquest capítol a causa de la manca de dades disponibles per a tots els centres i la resta de municipis de la regió metropolitana de Barcelona.

13 La definició de la distància al centre secundari més proper utilitzant la forma inversa permet mitigar el problema de multicol·linealitat que s'origina entre aquesta variable i la distància a la ciutat central. Tal i com explica el [capítol 5](#) de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), aquesta decisió ha estat proposada per la majoria dels estudis que han avaluat l'existència d'un model policèntric en les àrees metropolitanes (p. ex., [McMillen i Smith, 2003](#)).

agregada d'altres tipus de ciutats a causa de la seva integració. Per tal de mesurar el grau de centralitat de xarxa ('network centrality' en anglès) i d'integració de xarxa ('network integration' en anglès) de cada municipi, aquest estudi construeix l'índex d'integració normalitzada i l'índex de centralitat de vector propi ('eigenvector centrality' en anglès), a partir de considerar els estudis actuals en l'àmbit de la recerca sobre xarxes socials ('social networks' en anglès) (vegeu, p. ex., [De Nooy et al., 2005](#))¹⁴.

Les bases de dades per construir aquestes variables provenen de la matriu de distància mínima per carretera (en kilòmetres) entre municipis de Catalunya per l'any 2001 i de la matriu de mobilitat obligada (residència-treball) entre municipis de la regió metropolitana de Barcelona per l'any 2001, considerant l'agregació de tots els mitjans de transport. Mentre que la matriu de distància mínima ha estat proporcionada pel DPTOP del Govern de Catalunya, la matriu de mobilitat obligada derivada del cens de població s'ha obtingut de l'IDESCAT. D'una banda, a partir d'aquestes bases de dades, la distància de cada municipi de la regió metropolitana de Barcelona a la ciutat central i al centre secundari més proper és calculada mitjançant l'ús de programes informàtics de GIS. D'altra banda, es calculen també els índex de centralitat i d'integració mencionats més amunt.

3.3.1.4 Activitats i externalitats de la mobilitat agregada

Aquest estudi defineix les activitats i externalitats de la mobilitat agregada a partir de les bases d'informació disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona de la manera següent. Mentre que les activitats de la mobilitat agregada de les persones s'han examinat a partir de considerar la distància de mitjana de viatge, el temps de mitjana de viatge, i la proporció de viatges amb transport públic, les externalitats de la mobilitat s'han aproximat mitjançant les emissions de CO₂ del transport, considerant tant la distància de viatge com les emissions de CO₂ de cada mitjà de transport. La distància i el temps de mitjana de viatge es calcula a partir de considerar els fluxos de persones ocupades entre municipis i, segons convingui, de la distància o temps per carretera entre els municipis de la regió metropolitana de Barcelona. Al seu torn, la proporció de viatges amb transport públic es calcula també a partir de considerar els fluxos de persones ocupades entre municipis de la regió metropolitana de Barcelona, però considerant aquests fluxos de persones segons el seu mitjà de transport. Les bases de dades necessàries per tal de quantificar aquestes tres dimensions de la mobilitat provenen de (1) les dades de mobilitat del cens de població de l'any 2001, ja mencionades anteriorment, i de (2) les matrius de mínima distància per carretera (kilòmetres) i de mínim temps per carretera (minuts) entre els municipis de Catalunya elaborades pel DPTOP per l'any 2001.

Les emissions de mitjana de CO₂ del transport s'han calculat a partir de les estimacions realitzades per [Amici della Terra \(2005:25-26\)](#) (que proporciona el pes equivalent de CO₂ generat per kilòmetre transcorregut segons diferents mitjans de transport)¹⁵, de les dades anteriors referents a la matriu de distància mínima entre municipis proporcionades pel DPTOP, i de les dades de mobilitat del cens de població desagregades segons mitjans de transport.

14 A part de considerar l'índex de centralitat de vector propi, aquest estudi també ha considerat altres índexs de centralitat existents en la literatura sobre xarxes socials. Aquests són: centralitat de grau ('degree centrality' en anglès), centralitat de intermediació ('betweenness centrality' en anglès), i centralitat de proximitat ('closeness centrality' en anglès). No obstant, la interacció entre aquests índexs alternatius de centralitat amb el d'integració de xarxa i el tipus de ciutat condueixen cap a resultats similars. En aquest sentit, aquest estudi selecciona l'índex de centralitat de vector propi a causa del fet que aquest índex aborda la consideració que el grau de centralitat d'un ciutat està relacionat també amb la seva capacitat d'influència en la xarxa de ciutats. És a dir, aquest índex de centralitat assigna valors a tots els nodes de la xarxa en base al concepte que les connexions amb nodes d'alta centralitat contribueixen més al valor final de centralitat d'un node en qüestió que no pas si aquest node en qüestió presentés connexions equivalents però amb nodes de baixa centralitat.

15 Després d'adaptar les estimacions realitzades per [Amici della Terra \(2005\)](#) a les dades de mobilitat del cens de població desagregades segons diferents mitjans de transport, el nombre de CO₂ equivalent (Kg) per cada kilòmetre d'un viatge origen-destí s'estima de la següent manera: transport públic=33, transport privat=103, bicicleta o a peu=0. És important mencionar que aquest estudi ha considerat també les estimacions realitzades per l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic (vegeu, p. ex., [Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2012](#)) amb l'objectiu d'utilitzar factors d'emissions de CO₂ segons mitjans de transport dins del context català. No obstant, i en base que les estimacions són similars, s'ha decidit utilitzar les estimacions dutes a terme per [Amici della Terra \(2005\)](#) ja que són més properes a l'any utilitzat (2001) per calcular la resta de les variables considerades en aquest estudi.

3.3.1.5 Estadístiques descriptiva sobre les activitats i externalitats de la mobilitat agregada

En base a les variables construïdes a partir de l'ús de les bases d'informació explicades en els apartats anteriors, les següents Figures 3.5 i 3.6 presenten estadístiques descriptiva sobre les activitats i externalitats de la mobilitat agregada per a la regió metropolitana de Barcelona que permeten examinar, de forma preliminar, les hipòtesis formulades pel model conceptual proposat en la secció 3.2.

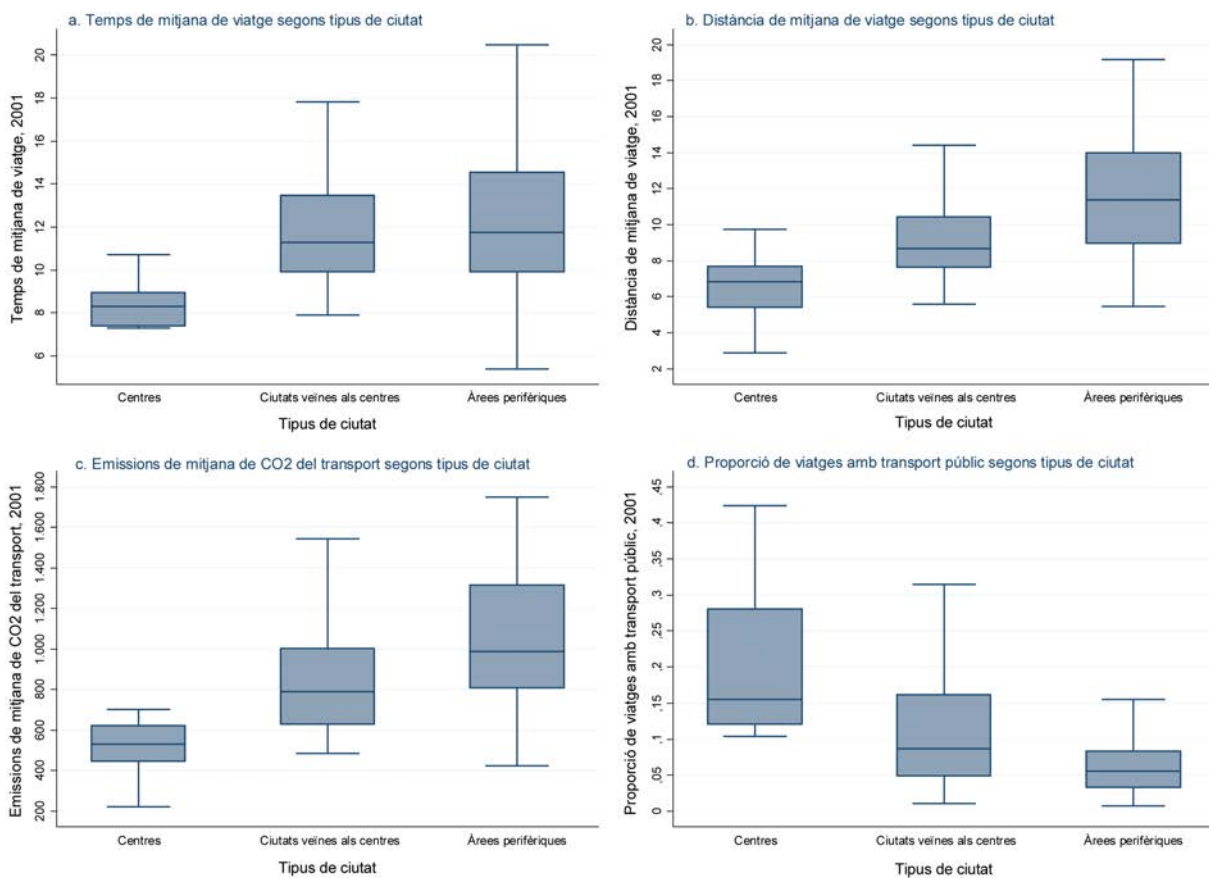


FIGURA 3.5 Activitats i externalitats de la mobilitat agregada segons atributs de l'estructura metropolitana policèntrica

Nota(es): les bases de dades utilitzades provenen principalment de la matriu de costos (distància i temps mínim) de l'any 2001 i del cens de població i d'habitatges de l'any 2001. Aquesta informació estadística ha estat elaborada per el Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya i per l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT), conjuntament amb el Instituto Nacional de Estadística (INE), respectivament.

L'anàlisi de les dades descriptives que apareixen en aquesta Figura 3.5 pot conduir cap a dos conclusions principals. En primer lloc, les persones que viuen en els centres presenten de mitjana un patró de mobilitat socialment i ambientalment més eficient que els residents d'àrees perifèriques de la regió metropolitana de Barcelona. En concret, tant el temps de viatge (Figura 3.5a) com la distància de viatge (Figura 3.5b) són de mitjana més curts quan les persones es localitzen en centres en lloc de localitzar-se en àrees perifèriques, a la vegada que les emissions de CO₂ generades pels desplaçaments residència-treball (Figura 3.5c) i la proporció de viatges realitzats amb transport públic (Figura 3.5d) esdevenen també menors i majors, respectivament, si les persones resideixen en centres.

En segon lloc, les persones que resideixen en les ciutats veïnes als centres, considerant el temps de viatge, la distància de viatge, les emissions de CO₂ del transport, i la proporció de viatge amb transport públic, exhibeixen de mitjana també un patró de mobilitat socialment i ambientalment més sostenible que les persones que viuen en les àrees perifèriques, però menys eficient que el de persones que resideixen en els centres.

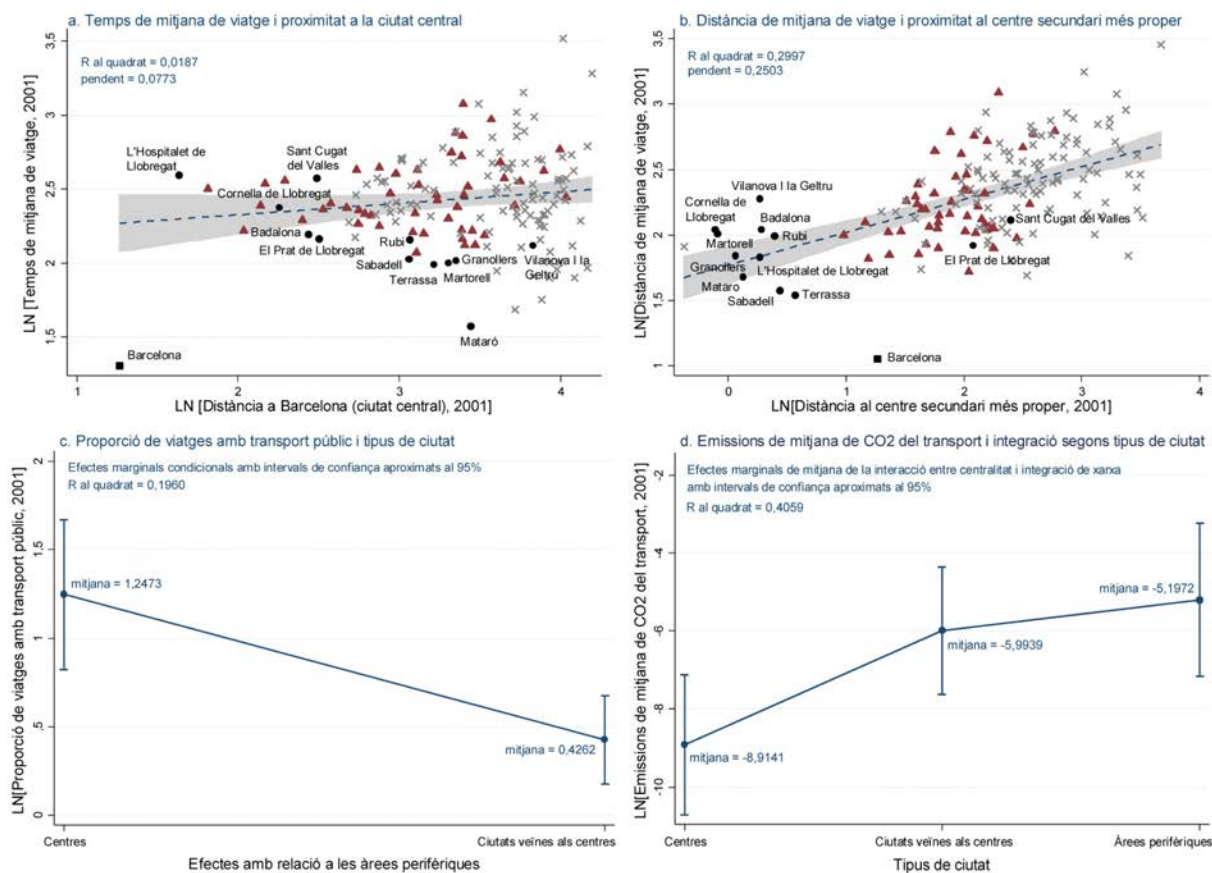


FIGURA 3.6 Relacions entre diferents indicadors d'activitats i externalitats de la mobilitat agregada i diversos factors referents al policentrisme

Llegenda: el quadrat negre representa la ciutat central (Barcelona); els cercles negres, els centres secundaris; els triangles vermells, les ciutats veïnes als centres; i les creus grises, les àrees perifèriques.

Nota(es): les bases de dades utilitzades provenen principalment de la matriu de costos (distància i temps mínim) de l'any 2001 i del cens de població i d'habitatges de l'any 2001. Aquesta informació estadística ha estat elaborada pel Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya i per l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT), conjuntament amb el Institut Nacional de Estadística (INE), respectivament.

La descripció de les relacions estadístiques entre les diferents activitats i externalitats de la mobilitat agregada que han estat considerades en aquest estudi i diversos factors referents al policentrisme, (Figura 3.6) aporten més evidència per sostenir aquestes dues conclusions prèvies. Per exemple, l'elasticitat a la proximitat als centres en el temps de mitjana de viatge és de 0,0773 amb relació a la ciutat central (Figura 3.6a) i en la distància de mitjana de viatge és de 0,2503 respecte als centres secundaris (Figura 3.6b), mentre que quan els viatges de les persones s'originen en un centre en lloc d'àrees perifèriques, la competitivitat relativa del transport públic augmenta en un 124,73% (Figura 3.6c). A més, una major centralitat i integració de xarxa dels centres redueix més intensament les emissions de CO₂ relacionades amb el transport, que no pas la major centralitat i integració de xarxa d'altres tipus de ciutat (Figura 3.6d).

3.3.2 Marc empíric

3.3.2.1 Modelatge d'equació estructural

Aquesta investigació presenta, en aquesta subsecció, un marc empíric que intenti abordar les raons metodològiques per les quals es troben, tal i com la secció 3.2 anterior emfatitza, discrepàncies de resultats en la literatura sobre els efectes del policentrisme i dels atributs del medi construït en les activitats i externalitats de la mobilitat de les persones.

Aquest estudi aplica, doncs, el modelatge d'equació estructural ('structural equation modeling' en anglès) per tal d'examinar empíricament les seqüències causals identificades pel model conceptual descrit per la [Figura 3.1](#). Aquesta tècnica de modelatge economètric no només s'ha utilitzat en l'àmbit de recerca de psicologia, educació, i sanitat pública, sinó que també s'ha utilitzat en estudis sobre el transport ([Golob, 2003](#)).

L'ús del modelatge d'equació estructural permet gestionar un gran nombre de variables endògenes, exògenes, i latents (no observades) que s'especifiquen com una combinació lineal de variables observables (indicadors de manifest: 'manifest indicators' en anglès) per tal d'identificar i, simultàniament, estimar interrelacions causals complexes. La construcció d'aquesta combinació lineal de variables és un dels trets principals que distingeix el modelatge d'equació estructural d'altres tècniques de modelatge economètric, doncs habilita el model estimar els efectes causals en efectes directes i indirectes. Els efectes totals són la suma dels efectes directes i indirectes, mentre que aquests últims representen la suma de tots els altres efectes intervinguts per almenys una altra variable. Un altre tret característic del modelatge d'equació estructural és la seva essència d'anàlisi de confirmació en lloc d'exploració, doncs avalua una teoria, conjuntament amb les seves hipòtesis, en base a unes relacions causals entre variables representades en l'especificació d'un model estadístic.

Aquests dos trets fan del modelatge d'equació estructural la tècnica de modelatge economètric més adequada, en comparació a altres, per tal d'assolir l'objectiu de recerca d'aquest estudi, doncs possibilita considerar els següents dos aspectes, tot avaluant empíricament la teoria del conceptual proposat en la [secció 3.2](#). En primer lloc, permet considerar les relacions compostes que el policentrisme estableix amb les activitats (p. ex., distància de viatge) i les externalitats (p. ex., emissions de CO₂ del transport) de la mobilitat de les persones (això és, considerar-ne els seus efectes totals, directes i indirectes) i, per tant, contribueix a clarificar les causes sobre l'ambigüitat dels efectes del policentrisme, doncs s'evita subestimar o sobreestimar els seus efectes nets totals. En segon lloc, permet considerar el fet que els atributs del medi construït estan interconnectats entre ells i, per tant, habilita la consideració dels efectes (indirectes) dels atributs del medi construït (p. ex., de la diversitat de l'ús del sòl) en les activitats i externalitats de la mobilitat intercedits per altres atributs del medi construït (p. ex., la densitat de llocs de treball i la proporció de llocs de treball per habitatge), contribuint així, també, a aportar llum sobre la incertesa dels efectes del medi construït, doncs s'evita subestimar o sobreestimar els seus efectes nets totals.

D'aquesta manera, l'ús del modelatge d'equació estructural permet resoldre el principal problema de la majoria d'estudis existents sobre policentrisme (p. ex., [Burgalassi i Luzzati, 2015](#); [Gordon i Lee, 2014](#); [Melo et al., 2012](#); [Veneri, 2010](#)) o atributs del medi construït (p. ex., [Camagni et al., 2002](#); [Muñiz i Galindo, 2005](#); [Muñiz et al., 2013](#); [Naess, 2005](#); [Susilo i Maat, 2007](#)) i el comportament de la mobilitat de les persones, basat en el fet que no han tingut en compte la naturalesa composta dels efectes del policentrisme i del medi construït, produint així, possiblement, un biaix important en la magnitud dels efectes estimats en els models econòmics i, per tant, resultats que no condueixen cap a conclusions robustes.

Tanmateix, l'ús de dades agregades en aquest estudi (p. ex., distància mitjana de viatge i proporció de llocs de treball més ben pagats en un municipi) no està exempt de crítiques, doncs els resultats d'una recerca que utilitza aquest tipus de dades poden estar subjectes a la fal·làcia ecològica¹⁶, produint així, també, biaixos en els paràmetres dels models econòmics estimats. No obstant, tal i com s'ha mencionat en la introducció d'aquest capítol (vegeu [secció 3.1](#)), un dels objectius d'aquesta recerca és el

16

La presència de fal·làcia ecològica en estudis que utilitzen dades agregades és a causa del fet que s'assumeix que les unitats espacials són els actors que actuen (p. ex., percentatge de població en un municipi que disposa d'estudis universitaris) quan, en realitat, els actors són les persones (vegeu, p. ex., [Ewing i Cervero, 2010](#); [Schwanen et al., 2003, 2004](#)).

d'estendre el coneixement dels efectes del policentrisme en els patrons de mobilitat, en el context de la regió metropolitana de Barcelona, un cop ja s'ha realitzat una investigació (vegeu [Masip-Tresserra, 2016](#)) sobre la relació entre policentrisme i mobilitat pel mateix cas d'estudi, mitjançant l'ús de dades desagregades i l'aplicació d'un nou marc empíric (model d'equació estructural multinivell), que aborda les raons metodològiques per les quals existeixen discrepàncies de resultats en la literatura sobre el rol del policentrisme envers el comportament de la mobilitat de les persones.

D'aquesta manera, l'ús de dades agregades en el context d'aquest estudi no suposaria un problema de fal·làcia ecològica. És més, els resultats d'aquest estudi permet la comparació de la magnitud dels efectes del policentrisme, quan es considera la variació agregada del comportament de la mobilitat de les persones, amb la magnitud dels efectes del policentrisme estimats per [Masip-Tresserra \(2016\)](#) considerant la variació micronivell del comportament de la mobilitat de les persones.

L'especificació d'un model d'equació estructural està, doncs, generalment format per model/s de mesurament que inclou indicadors observables per mesurar les variables latents, com en l'anàlisi factorial confirmatòria ('confirmatory factor analysis' en anglès) juntament amb un model estructural que especifica els efectes causals de les variables exògenes (observables o latents) sobre les variables endògenes i els efectes causals entre variables endògenes. L'especificació general del model de mesurament es pot definir a partir de la següent equació:

$$Y_i = \tau + \Lambda \eta_i + KX_i + \varepsilon_i$$

EQUACIÓ 3.1

On 'i' indica els casos (p. ex., municipis), Y_i és un vector columna $p \times 1$ de variables observables, τ és un vector columna $p \times 1$ d'interseccions, ε_i és un vector columna $p \times 1$ de termes d'error, Λ és una matriu $p \times m$ on m és el nombre de variables latents, η_i és un vector $m \times 1$ de variables latents, i K és una matriu $p \times q$ de coeficients per les variables exògenes 'q' a X_i . L'especificació general del model estructural pot ser formulat tal i com la següent equació presenta:

$$\eta_i = \alpha + B\eta_i + \Gamma X_i + \zeta_i$$

EQUACIÓ 3.2

On α és un vector $m \times 1$ d'interseccions, B és una matriu $m \times m$ de coeficients pel vector de totes les variables latents (η_i), Γ és una matriu $m \times q$ de coeficients per les variables exògenes, i ζ_i és un vector $m \times 1$ de termes d'error. Els residus en ε_i i ζ_i s'assumeix que tenen una distribució normal amb mitjana igual a zero i de matriu de covariància Θ i Ψ , respectivament. No obstant, aquesta especificació de model d'equació estructural s'ha de restringir per tal d'adequar-se al cas particular d'aquest estudi, doncs el model teòric proposat en la [secció 3.2](#) no incorpora variables latents i, per tant, aquest estudi no especifica cap model de mesurament.

L'estimació d'aquests tipus de models d'equació estructural (sense l'especificació de variables latents) es duen a terme normalment en la literatura existent mitjançant l'aproximació freqüentista a l'estadística i, per tant, utilitzant estimadors com ara de Màxima Versemblança (ML, per les sigles en anglès), de Màxima Versemblança Robusta (MLR, per les sigles en anglès), i de Mínims Quadrats Ponderats amb Variables Omeses (WLSMV, per les sigles en anglès). Per exemple, aquest és el cas dels pocs estudis que han utilitzat el modelatge d'equació estructural dins de l'àmbit de recerca dels efectes del policentrisme ([Lee i Lee, 2014](#); [Ma et al., 2015](#); [Masip-Tresserra, 2016](#); [Motte et al., 2016](#); [Nam et al., 2012](#); [Nasri i](#)

Zhang, 2014; Sun et al., 2015)¹⁷ o del medi construït (p. ex., Cervero i Murakami, 2010; Ewing et al., 2014, 2016; Wang, 2013) en la mobilitat de les persones (p. ex., en la distància de viatge).

3.3.2.2 Aproximació Bayesiana

Malgrat l'ús generalitzat de l'aproximació freqüentista a l'estadística per a l'estimació de models d'equació estructural, actualment hi ha un creixent interès en la literatura economètrica per promoure l'ús de la inferència Bayesiana (vegeu, p. ex., Asparouhov i Muthén, 2010a, 2010b, 2015; Muthén i Asparouhov, 2012; Van de Schoot et al., 2016; Zyphur i Oswald, 2013). Això s'explica ja que l'aproximació Bayesiana a l'estadística presenta una sèrie d'avantatges importants. Segons Muthén i Asparouhov (2012:314), cinc aspectes principals motiven l'ús d'inferències Bayesianes en lloc de les freqüentistes.

En primer lloc, permet aprofitar millor el coneixement que es té sobre els paràmetres dels models; conduint cap a una obtenció dels paràmetres més robusta i amb menys biaix. En segon lloc, en comparació a la inferència freqüentista, on l'estimació dels paràmetres i els seus errors estàndards es fan en base a uns resultats asimptòtics que acaben suposant que el model s'estima amb una distribució normal, la inferència Bayesiana no es basa en aquesta teoria i proporciona la distribució posterior dels paràmetres, basada tant en la seva distribució a priori com en la funció de versemblança avaluada, fent servir les dades observades. En tercer lloc, ja que la inferència Bayesiana no es basa en la teoria asimptòtica, s'obté una major eficiència d'estimació quan s'utilitza una mostra petita, tant pel cas de dades agregades com pel de dades jeràrquiques. En quart lloc, els models estadístics esdevenen computacionalment més fàcils d'implementar. La inferència Bayesiana no és tant dependent del nombre existent de dimensions d'integració numèrica per estimar models estadístics com ho és la inferència freqüentista on, un model estadístic que inclogui, per exemple, variables categòriques i vàries variables latents, impossibilita, o fa molt difícil, la seva computació numèrica, utilitzant el mètode de Màxima Versemblança. En cinquè lloc, permet analitzar més fàcilment models amb un gran nombre de paràmetres (és a dir, models més complexos) o amb problemes d'identificació, quan s'utilitza el mètode de Màxima Versemblança; per exemple, aquest seria el cas quan es consideren càrregues creuades ('cross-loadings' en anglès) o correlacions residuals ('residual correlations' en anglès) en l'estimació d'una anàlisi factorial confirmatòria.

Aquests avantatges de la inferència Bayesiana es deuen a la utilització del Teorema de Bayes per a la formació de les distribucions dels paràmetres dels models, d'una banda, i a l'actualització de les distribucions d'aquests mitjançant l'ús d'algoritmes de Cadenes de Màrkov Monte Carlo (MCMC, per les sigles en anglès), d'altra banda (vegeu, p. ex., Kaplan i Depaoli, 2012). L'ús del mètode MCMC permet una computació numèrica més manejable dels models Bayesianes, doncs, en lloc de calcular analíticament les distribucions posteriors dels paràmetres, simula mostres construïdes a partir de les distribucions posteriors dels paràmetres del model (Lee, 2007). L'avaluació de la convergència dels models d'equació estructural simulats per MCMC es duen a terme a partir de considerar el test de Reducció d'Escala Potencial (PSR, per les sigles en anglès) i el de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Els models convergeixen adequadament si s'obtenen valors inferiors a 1,05 en relació al test PSR i si, respecte al test K-S, els valors són baixos i estadísticament no significatius (superiors a 0,05) (Kaplan i Depaoli 2012; Muthén i Asparouhov, 2012). Per a una descripció tècnica més àmplia sobre els algoritmes de MCMC, vegeu, p. ex., els estudis de Gelman et al. (2004) i Muthén i Asparouhov (2012); i per a una descripció

17

Els estudis de Lee i Lee (2014) i Masip-Tresserra (2016) han utilitzat de manera pionera diferents especificacions de modelatge d'equació estructural multinivell, en lloc d'utilitzar l'especificació general del modelatge d'equació estructural, amb l'objectiu d'abordar correctament la variació micronivell del comportament de la mobilitat de les persones quan s'utilitzen dades desagregades (vegeu més informació de les diferències entre les especificacions multinivell i l'especificació general d'un model d'equació estructural a Masip-Tresserra, 2016).

tècnica més detallada de la seva aplicació en el modelatge d'equació estructural (equacions 3.1-3.2), vegeu, p. ex., [Asparouhov i Muthén \(2010a, 2010b, 2015\)](#) i [Muthén i Asparouhov \(2012\)](#).

Així doncs, aquest estudi ajusta un conjunt de models d'equació estructural, adoptant preferiblement la inferència Bayesiana en lloc de la freqüentista, per tal d'examinar empíricament la relació entre policentrisme i les activitats o externalitats de la mobilitat agregada. El seu ús es justifica en base als avantatges de la inferència Bayesiana explicats més amunt, doncs la traducció del model conceptual proposat en la [secció 3.2](#) en un marc empíric implica considerar un gran nombre de paràmetres, a la vegada que l'aplicació d'aquest marc empíric per a la regió metropolitana de Barcelona, considerant les dades disponibles (vegeu subsecció anterior), implica la utilització d'una petita mostra d'observacions (164 municipis).

3.3.2.3 Modelatge d'equació estructural: implementació

Els dos últims apartats d'aquesta subsecció presenten el procés d'implementació dels diferents models d'equació estructural estimats en aquest estudi i les estadístiques de bondat d'ajust que es consideren per tal d'avaluar-los. La implementació del modelatge d'equació estructural en aquest estudi es desenvolupa partint dels tres efectes del policentrisme explicats pel model conceptual (vegeu [Figura 3.1](#)). Del plantejament de la recerca (vegeu [Figura 3.4](#)), s'extreuen tres especificacions diferents de model d'equació estructural: aquestes tres especificacions fan referència als diferents efectes del policentrisme i són les següents: (1) la primera considera els efectes de la proximitat als centres (model 1-P1), (2) la segona fa referència als efectes de la mida dels centres (model 2-P2), i (3) la tercera fa referència als efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (model 3-P3).

La implementació del modelatge d'equació estructural en aquest estudi segueix les següents pautes. En primer lloc, aquest estudi ajusta un model d'equació estructural per a cada una de les tres especificacions citades més amunt utilitzant, d'una banda el mètode de Màxima Versemblança Robusta (MLR, per les sigles en anglès) amb Quadratura de Gauss Adaptativa (15 punts d'integració) i, d'altra banda, els algorismes de Cadenes de Màrkov Monte Carlo (MCMC, per les sigles en anglès) amb mostreig Gibbs (dues cadenes i 10.000 iteracions); d'aquesta manera es pot dur a terme una anàlisi de sensibilitat dels resultats, comparant la inferència freqüentista amb la Bayesiana. La inferència Bayesiana d'aquests models d'equació estructural utilitza distribucions a priori dels paràmetres del model, mitjançant la definició de distribucions a priori no-informatives, a causa de la manca de coneixement, a priori, en la literatura. En aquest sentit, aquest estudi, d'acord amb [Asparouhov i Muthén \(2010a, 2010b, 2015\)](#), especifica una distribució de probabilitats a priori dels paràmetres (relativament plana), és a dir, una distribució a priori amb una gran variància: p. ex., s'especifica una distribució normal per un efecte (β) amb una mitjana $\mu_{\beta}=0$ i una variància $\sigma_{\beta}^2=10^{10}$ (és a dir, $N(0,10^{10})$ per a les variables contínues). A més, aquest estudi avalua la convergència dels models d'equació estructural simulats per MCMC a partir de considerar els tests PSR i K-S descrits en l'anterior apartat. És important mencionar que, segons aquests tests de diagnòstic de convergència, tots els models d'equació estructural convergeixen satisfactòriament; respecte el test PSR obtenen valors inferiors a 1,05, i amb relació al K-S test, els valors són baixos i estadísticament no significatius (superiors a 0,05).

En segon lloc, l'ajust de tots els models d'equació estructurals estimats per MLR i simulats per MCMC s'ha avaluat mitjançant la consideració d'estadístiques de bondat d'ajust. Aquestes inclouen, p. ex., l'Índex d'Ajust Comparatiu (CFI, per les sigles en anglès), quan es considera l'estimació freqüentista, i inclouen, p. ex., el valor-P predictiu posterior (PPP, per les sigles en anglès), quan s'utilitza l'aproximació Bayesiana a l'estadística. L'últim apartat d'aquesta subsecció explica la definició d'aquestes estadístiques de bondat d'ajust, juntament amb els seus criteris d'avaluació corresponents.

En tercer lloc, aquest estudi avalua la possibilitat que existeixi causalitat recursiva en certes relacions causals identificades pel model conceptual proposat (vegeu [Figura 3.1](#)), doncs, tant les variables endògenes com les exògenes introduïdes en els models d'equació estructural estimats/simulats, estan construïdes pel mateix període de temps, a causa de la manca de dades disponibles per períodes anteriors al 2001 en la regió metropolitana en Barcelona (p. ex., en termes de presència de facilitats urbanes) i, per tant, no es pot abordar directament el criteri d'ordre temporal entre les variables que formen una seqüència casual.

Tal i com [Masip-Tresserra \(2016:173\)](#) apunta, exemples de causalitat recursiva poden existir en les relacions (1) entre les millores de les infraestructures i la densitat de llocs de treball, així com també (2) entre les variables respecte a l'estructura metropolitana policèntrica (p. ex., distància al centre secundari més proper) i la densitat de llocs de treball. També, els estudis en la literatura sobre medi construït i mobilitat han indicat l'existència de simultaneïtat causal entre la densitat de llocs de treball i (3) la distància de viatge (p. ex., [Cervero, 1996a](#); [Crane i Chatman, 2003](#)), (4) el temps de viatge (p. ex., [Gordon i Lee, 2014](#); [Lee, 2006b](#)) i, fins i tot, (5) les emissions de CO₂ (p. ex., [Cirilli i Veneri, 2010a](#)).

Aquest estudi avalua, doncs, l'existència d'aquestes causalitats recursives i d'altres possibles (p. ex., entre les activitats o externalitats de la mobilitat i les variables respecte a l'estructura metropolitana policèntrica), reajustant tots els models d'equació estructural estimats per MLR i simulats per MCMC, a partir d'incloure per a cada seqüència casual on pot existir causalitat recursiva: (1) variables instrumentals que exerceixen un efecte en la variable exògena de la relació causal en qüestió (p. ex., densitat de llocs treball), i (2) una correlació entre el terme d'error d'aquesta variable, ara endògena (p. ex., densitat de llocs de treball), i el terme d'error de la variable dependent (p. ex., distància de viatge). Les variables instrumentals utilitzades; p. ex., camins romans, camins postals (1760), xarxa de ferrocarril històrica (1880), i perfil de l'ús del sòl històric (1956), són les recomanades per [Masip-Tresserra \(2016:174-176\)](#) per ésser rellevants i vàlides (vegeu, p. ex., els desenvolupaments de les infraestructures històriques a Catalunya en l'[Apèndix 5.2](#) de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra, 2016](#)). Els resultats d'aquests models d'equació estructural reajustats (resultats disponibles a petició) indiquen que la direcció de causalitat de totes les seqüències causals identificades pel model conceptual proposat en aquest estudi (vegeu [Figura 3.1](#)) és la correcta, ja que no existeixen variacions importants en les magnituds dels efectes obtinguts ni en els nivells de significació de les variables. A més, els valors la Desviació del Model (DIC), el Nombre Estimat de Paràmetres (pD), i el Criteri d'Informació Bayesià (BIC) per a aquests models són més alts, cosa que indica una bondat d'ajust menys bona. Així doncs, s'utilitzen els models d'equació estructural estimats sense variables instrumentals i correlacions entre termes d'error per tal d'explicar la relació entre el policentrisme i les activitats o externalitats de la mobilitat agregada.

En quart lloc, aquest estudi duu a terme una anàlisi de sensibilitat per examinar la robustesa dels resultats obtinguts mitjançant els models d'equació estructural Bayesianes (models preferits). Aquesta anàlisi es basa en l'ús de la simulació Monte Carlo, amb l'objectiu d'examinar en quina magnitud variarien els efectes del policentrisme segons diversos condicionants (p. ex., en l'hipotètic cas d'una regió metropolitana de gran mida). D'aquesta manera l'ús de la simulació Monte Carlo permetria a aquest estudi poder generalitzar els resultats obtinguts en els models d'equació estructural amb més garantia, doncs abordaria adequadament el fet d'haver considerat com a cas únic d'estudi la regió metropolitana de Barcelona.

3.3.2.4 Modelatge d'equació estructural: estadístiques de bondat d'ajust

Moltes estadístiques de bondat d'ajust s'han desenvolupat en la literatura per avaluar un model d'equació estructural i quantificar en quina mesura un model és més vàlid en comparació a un

altre (vegeu, p. ex., [Garson, 2012](#)). El test més comú utilitzat en el modelatge d'equació estructural quan es considera la inferència freqüentista és l'estadística Khi-Quadrat ('chi-square' en anglès); aquesta mesura la diferència mínima entre la matriu de variància-covariància observada i estimada. L'objectiu és obtenir un model on Khi-Quadrat no sigui significat ($p > 0,05$), ja que, si el valor de Khi-Quadrat és significat, llavors la matriu de covariància estimada és significativament diferent que l'observada.

Els tests alternatius aplicats en la literatura inclouen l'Índex d'Ajust Comparatiu (CFI, per les sigles en anglès), l'Índex Tucker-Lewis (TLI, per les sigles en anglès), l'Error Quadràtic Mig d'Arrel en l'Aproximació (RMSEA, per les sigles en anglès), i el Residu Quadràtic Mig d'Arrel Estandarditzat (SRMR, per les sigles en anglès). El CFI compara fins a quin cert punt un model és més vàlid que el model nul, on s'assumeix que no hi ha cap relació entre covariants. Pren valors entre 0 i 1, i valors més grans que 0,90 indiquen un ajust del model raonablement bo. El TLI és similar al CFI i aborda la mida de la mostra, a la vegada que penalitza la complexitat del model. El TLI pren valors més alts en la mesura que les correlacions també ho siguin. El seu interval de valors és també entre 0 i 1, i valors més grans de 0,90 significa un bon ajust del model. El RMSEA considera la quantitat d'error en cada grau de llibertat del model i penalitza el model per la presència no necessària de complexitat. A més, és una de les estadístiques de bondat d'ajust que està menys influenciada per la mida de la mostra. Valors inferiors a 0,05 de RMSEA indiquen un bon ajust del model, mentre que valors inferiors a 0,08 indiquen un ajust del model acceptable. El SRMR quantifica la proximitat amb la qual el model reproduïx cada correlació. Aquest test de bondat d'ajust s'obté, doncs, per a tots els nivells d'agregació de les dades i valors inferiors a 0,08 indiquen un bon ajust.

El test més comú en el modelatge d'equació estructural quan es considera la inferència Bayesiana (vegeu, p. ex., [Asparouhov i Muthén, 2010b](#)) és la Comprovació Predictiva Posterior ('Posterior Predictive Checking' en anglès) i, en concret, el valor-P predictiu posterior (PPP, per les sigles en anglès). El PPP reflecteix la proporció de quantes vegades les dades observades són més probables que les generades, simulant el model predictiu posteriori (això és, la proporció de vegades que les dades observades tenen un menor Khi-Quadrat que les dades generades). Valors estadísticament significatius del PPP (inferiors a 0,05) indiquen un ajust dolent del model, doncs significa que les dades observades s'ajusten millor que les dades generades molt infreqüentment (p. ex., menys d'un 5%), mentre que valors no significatius i més a prop de 0,50 mostren que les dades observades de mitjana són tan probables com les dades generades i, per tant, indiquen un bon ajust del model.

Altres estadístiques alternatives de bondat d'ajust amb relació a la inferència Bayesiana són la Desviació del Model (DIC), el Nombre Estimat de Paràmetres (pD), i el Criteri d'Informació Bayesià (BIC). Tant el DIC, com el pD i el BIC comparen la bondat d'ajust entre dos models a partir de definir, segons cada cas, diferents penalitzacions per a la complexitat del model (vegeu, p. ex., [Asparouhov i Muthén, 2015](#); [Kaplan i Depaoli, 2012](#) per a més informació sobre la seva computació numèrica). La regla general és que el model amb un valor més baix de BIC, DIC, o pD és el preferit entre els models comparats. En aquest sentit, la consideració d'aquestes tres mesures de bondat d'ajust s'ha utilitzat, tal i com s'ha mencionat en l'apartat anterior, per tal de descartar la variació d'especificació de models d'equació estructural basada en la inclusió de variables instrumentals i correlacions entre termes d'error.

A més, tant en els models d'equació estructural que adopten la inferència freqüentista com la Bayesiana, es pot obtenir una estadística de bondat d'ajust que avaluï cada variable endògena del model. Aquesta estadística és el Coeficient de Determinació (R^2 , per les sigles en anglès) que mesura la proporció de la variància de les variables endògenes que és explicada per les variables independents.

§ 3.4 Policentrisme i patrons de mobilitat agregada

3.4.1 Bondat dels models d'equació estructural estimats

El diagrama de causalitat del model d'equació estructural Bayesià, considerant els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1), la mida dels centres (model 2-P2), i la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (model 3-P3), es mostra en les [Figures 3.7, 3.8, i 3.9](#) respectivament, mentre que els diagrames de causalitat dels models d'equació estructural estimats per a cada una d'aquestes tres especificacions, tot considerant la inferència freqüentista, estan disponibles a petició.

En aquests tres diagrames de causalitat es representen les variables observades en forma de rectangles, i els efectes d'interacció ('interaction effects' en anglès) entre més d'una variable en forma de cercle negre. Les variables endògenes (dependents) i les exògenes (independents) estan connectades per fletxes que especifiquen la direcció de l'efecte. L'efecte està representat pel coeficient estandarditzat estimat (elasticitat) amb el seu nivell de significació. Les elasticitats permeten una interpretació més clara dels efectes estimats i a més proporcionen informació útil als legisladors de política pública, per tal de formular recomanacions de polítiques de planificació territorial (vegeu [Ewing i Cervero, 2010](#)); per tant, la seva estimació pot contribuir a aportar nova llum sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial ([Masip-Tresserra, 2016](#)). El nivell de significació considerat és del 95% i es representa amb un superíndex en forma d'asterisc. És important apuntar que l'interval de credibilitat Bayesiana, a diferència d'un interval de confiança convencional, és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Això implica que els efectes estadísticament significatius al 95% són aquells que presenten un interval de credibilitat on no inclou el zero.

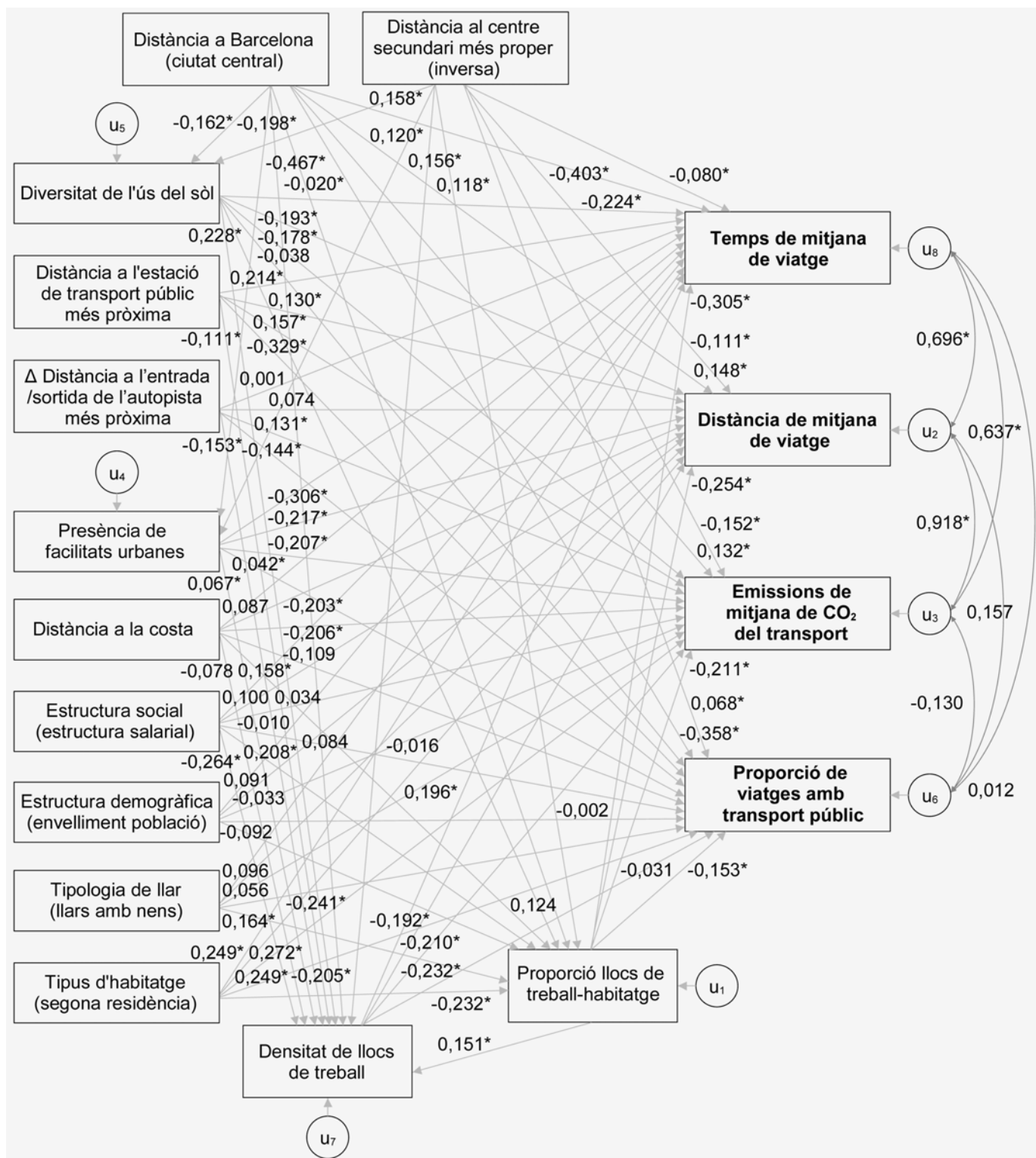


FIGURA 3.7 Model d'equació estructural Bayesià: resultats considerant els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1)

* variables estadísticament significatives al 95 per cent. Això vol dir que l'interval de credibilitat aproximat fent servir les cadenes MCMC (Cadenes de Màrkov Monte Carlo) no inclou el zero (p. ex., l'interval de credibilitat de l'efecte directe de la distància a Barcelona en les emissions de CO₂ del transport és 0,02; 0,24). Vegeu els altres intervals de credibilitat del 95% per a cada paràmetre a la Taula 3.2. Nota(es): les estadístiques de bondat d'ajust d'aquest model es poden observar a la Taula 3.1, mentre que els resultats dels tests de convergència del model es mostren a la Taula 3.2.

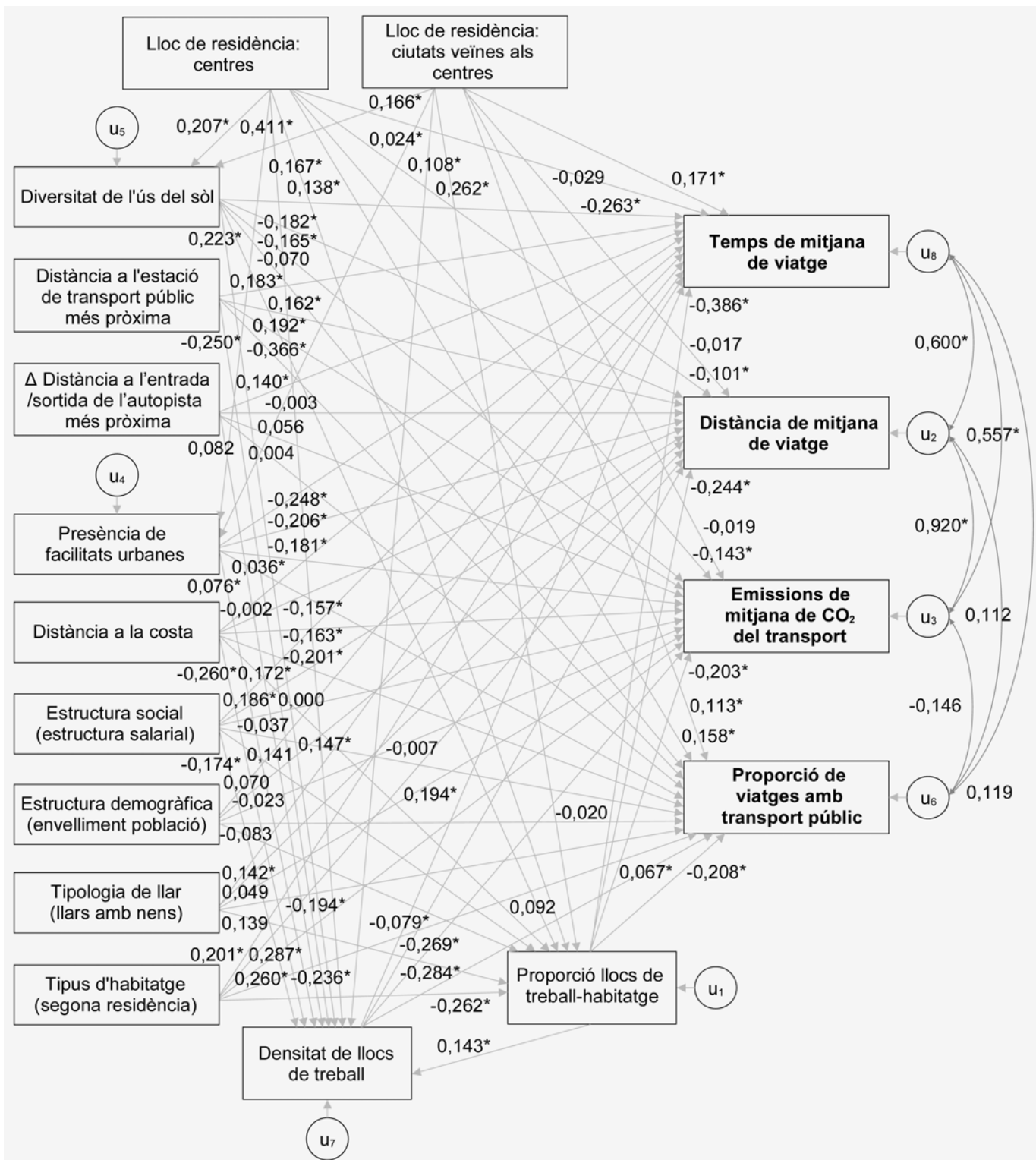


FIGURA 3.8 Model d'equació estructural Bayesià: resultats considerant els efectes del policentrisme via la mida dels centres (model 2-P2)

* variables estadísticament significatives al 95 per cent. Això vol dir que l'interval de credibilitat aproximat fent servir les cadenes MCMC (Cadenes de Màrkov Monte Carlo) no inclou el zero (p. ex., l'interval de credibilitat de l'efecte directe d'estar localitzat en centres en lloc d'àrees perifèriques en les emissions de CO₂ del transport és -0,25; -0,03). Vegeu els altres intervals de credibilitat del 95% per a cada paràmetre a la Taula 3.3. Nota(es): les estadístiques de bondat d'aquest model es poden observar a la Taula 3.1, mentre que els resultats dels tests de convergència del model es mostren a la Taula 3.3.

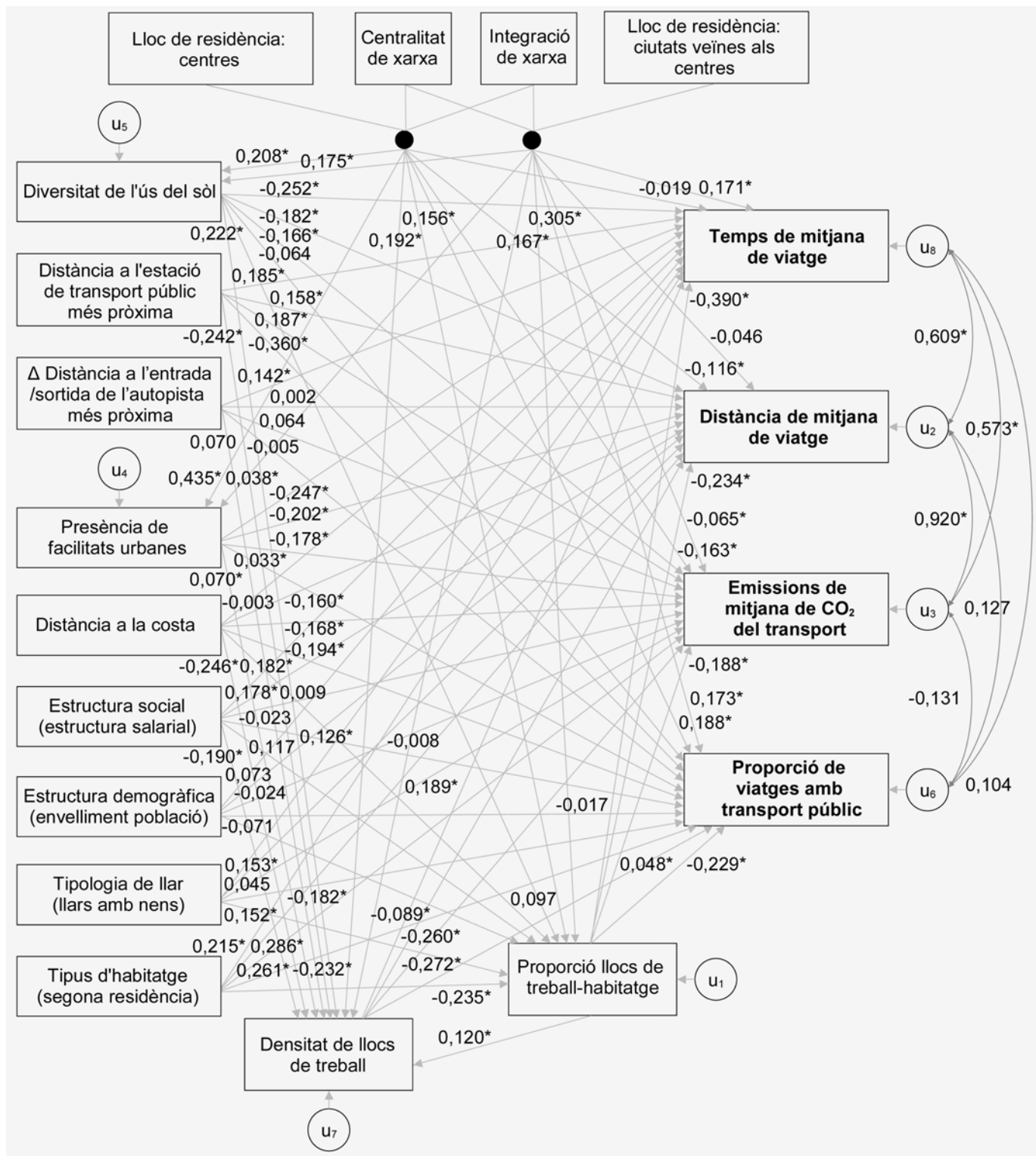


FIGURA 3.9 Model d'equació estructural Bayesià: resultats considerant els efectes del policentrisme via la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (model 3-P3)

* variables estadísticament significatives al 95 per cent. Això vol dir que l'interval de credibilitat aproximat fent servir les cadenes MCMC (Cadenes de Màrkov Monte Carlo) no inclou el zero (p. ex., l'interval de credibilitat de l'efecte directe de la interacció entre estar localitzat en centres, centralitat de xarxa, i integració de xarxa en les emissions de CO₂ del transport és -0,28; -0,04). Vegeu els altres intervals de credibilitat del 95% per a cada paràmetre a la Taula 3.4.

Nota(es): els cercles negres representen els efectes d'interacció entre estar localitzat en centres, centralitat de xarxa, i integració de xarxa, d'una banda, i entre estar localitzat en les ciutats veïnes als centres, centralitat de xarxa, i integració de xarxa, d'altra banda. Les estadístiques de bondat d'ajust d'aquest model es poden observar a la Taula 3.1, mentre que els resultats dels tests de convergència del model es mostren a la Taula 3.4.

Les estadístiques de bondat d'ajust dels models d'equació estructural multinivell estimats a partir de considerar tant la inferència freqüentista com la Bayesiana i cada una de les tres especificacions de model definides per aquest estudi es presenten en la [Taula 3.1](#). Els resultats emfatitzen que tots els models d'equació estructural multinivell estimats (model 1-P1, model 2-P2, model 3-P3) s'ajusten correctament i, per tant, no és necessari reajustar els models per tal de dur a terme de forma acurada l'anàlisi empírica de la relació entre el policentrisme i les activitats o externalitats de la mobilitat agregada.

D'una banda, les estadístiques de bondat d'ajust disponibles quan s'estimen models d'equació estructural, mitjançant l'aproximació freqüentista a l'estadística, són raonablement bones. En primer lloc, els tres models presenten valors de CFI, TLI, RMSEA i SRMR que excedeixen o satisfan l'interval de valors suggerit per a cada índex, pel qual es pot corroborar un bon ajust del model (p. ex., més de 0,90 quan es considera el CFI). En segon lloc, el Coeficient de Determinació és raonablement acceptable, suggerint així que la distància de viatge, el temps de viatge, les emissions de CO₂ relacionades amb el transport, i la proporció de viatges amb transport públic poden ser predites per les variables explicatives. Per exemple, els valors més baixos de l'R² per aquestes quatre variables endògenes són amb relació al model 2-P2, no obstant, aquests valors es mantenen per sobre del 0,50 acceptable. En tercer lloc, el valor-P necessari (p>0,05) del Khi-Quadrat, que indica un bon ajust del model, s'obté en tots tres models d'equació estructural estimats.

MODELS D'EQUACIÓ ESTRUCTURAL AJUSTATS EN AQUEST ESTUDI:	MODEL 1-P1	MODEL 2-P2	MODEL 3-P3
Inferència freqüentista^A			
Khi-Quadrat (χ^2) test [valor-P]	7,233 [0,2999]	9,585 [0,1432]	9,056 [0,1705]
CFI	0,999	0,997	0,997
TLI	0,985	0,955	0,962
RMSEA [valor-P]	0,035 [0,538]	0,050 [0,443]	0,046 [0,482]
SRMR	0,011	0,016	0,015
R ² : Temps de mitjana de viatge	0,670	0,633	0,631
R ² : Distància de mitjana de viatge	0,704	0,693	0,695
R ² : Emissions de mitjana de CO ₂ del transport	0,693	0,684	0,687
R ² : Proporció de viatges amb transport públic	0,628	0,601	0,613
Inferència Bayesiana^B			
PPP [interval de credibilitat del 95%]	0,416 [-33,7; 46,4]	0,356 [-31,7; 47,1]	0,365 [-32,1; 46,4]
R ² : Temps de mitjana de viatge	0,647	0,611	0,609
R ² : Distància de mitjana de viatge	0,681	0,670	0,672
R ² : Emissions de mitjana de CO ₂ del transport	0,669	0,660	0,663
R ² : Proporció de viatges amb transport públic	0,603	0,578	0,589

TAULA 3.1 Estadístiques de bondat d'ajust dels models ajustats

a. Models d'equació estructural estimats a partir de MLR amb Quadratura de Gauss Adaptativa (15 punts d'integració).
b. Models d'equació estructural simulats a partir de MCMC amb mostreig Gibbs (2 cadenes i 10.000 iteracions).

D'altra banda, les estadístiques de bondat d'ajust disponibles quan es simulen models d'equació estructural a partir de considerar la inferència Bayesiana són també raonablement bones. En primer lloc, els tres models presenten valors estadísticament no significatius del PPP (vegeu com tots els intervals de credibilitat que es mostren a la [Taula 3.1](#) amb relació a l'índex de Comprovació Predictiva Posterior inclouen el 0) i, per tant, això indica un bon ajust del model: les dades observades de mitjana

són aproximadament tan probables com les dades generades, p. ex., un 36,5% en el cas del model 3-P3. En segon lloc, els valors dels R^2 amb relació a la distància de viatge, el temps de viatge, a les emissions de CO_2 del transport, i a la proporció de viatges amb transport públic són raonablement bons, superant tots el llindar del 0,50 per a tots els diferents models d'equació estructural ajustats.

3.4.2 Els efectes totals dels determinants de les activitats i externalitats de la mobilitat

3.4.2.1 Els efectes de la proximitat als centres

Els efectes directes, indirectes i totals dels determinants del temps de mitjana de viatge, de la distància de mitjana de viatge, de les emissions de mitjana de CO_2 del transport, i de la proporció de viatges amb transport públic; considerant els efectes de la proximitat als centres (model 1-P1), es mostren en la [Taula 3.2](#). En relació amb els efectes totals dels atributs sociodemogràfics i de l'habitatge dels municipis, només els efectes de les variables explicatives relacionades amb les característiques dels habitatges tendeixen a ser estadísticament significatives—això vol dir en la inferència Bayesiana que el seu interval de credibilitat del 95% no inclou el 0. En concret, una major concentració d'habitatges de segona residència està associada amb un temps i distància de viatge més llarg, amb majors emissions de CO_2 del transport, i amb menor ús del transport públic, mentre que una major concentració de llars amb nens només està positivament i negativament, estadísticament, associada a les emissions de CO_2 i a la proporció de viatges amb transport públic, respectivament. L'efecte total dels determinants amb relació als atributs sociodemogràfics i de l'habitatge dels municipis que presenta una magnitud més gran és l'associat amb el tipus d'habitatge. Per exemple, doblant el nivell de concentració d'habitatges de segona residència en un municipi, condueix cap a un increment del temps de mitjana de viatge, de la distància de mitjana de viatge, i de les emissions de mitjana de CO_2 del transport d'un 32,7%, 33,8%, i d'un 30,6%, respectivament, a la vegada que condueix també cap a una disminució de la competitivitat del transport públic d'un 16,9%.

La magnitud dels efectes dels atributs del medi construït i del policentrisme és aproximadament tan gran com la de les variables explicatives relacionades amb els atributs demogràfics i de l'habitatge dels municipis. A més, aquests efectes generalment no només presenten el signe esperat d'acord amb el model conceptual descrit en la [Figura 3.1](#), sinó que també són estadísticament significants al 95% de credibilitat. En relació amb les elasticitats netes dels atributs del medi construït, es poden extreure les següents observacions. L'efecte total de les facilitats urbanes és bastant gran; en concret, origina una elasticitat neta de -0,319, -0,231, -0,223, i 0,040 respecte al temps de mitjana de viatge, a la distància de mitjana de viatge, a les emissions de mitjana de CO_2 del transport, i a la proporció de viatges amb transport públic, respectivament. Aquests valors d'elasticitats netes indiquen que, doblant la concentració de facilitats urbanes en un municipi, en resulta una reducció d'un 31,9% en el temps de mitjana de viatge, una disminució d'un 23,1% en la distància de mitjana de viatge, una mitigació d'un 22,3% en les emissions de mitjana de CO_2 del transport, i un augment d'un 4% en la proporció dels viatges amb transport públic. Similarment, l'impacte d'una major densitat de llocs de treball, diversitat de l'ús del sòl, i proporció de llocs de treball per habitatge està estadísticament associada a un temps i distància de viatge més curt i a una major reducció d'emissions de CO_2 relacionades amb el transport. Per exemple, doblar el nivell de densitat de llocs de treball (compacitat) d'un municipi, possibilita la reducció dels costos socials i de l'impacte ambiental de la mobilitat d'un 20% aproximadament (vegeu [Taula 3.2](#)). A més, és important indicar que una millora en la proximitat cap a les estacions (tren i metro) de transport públic (p. ex., un augment d'un 10%) condueix, d'una banda, cap a una reducció del temps de viatge d'un 2,35%, de la distància de viatge d'un 1,53%, i de les emissions de CO_2 del transport 1,83% i, d'altra banda, cap a un augment de la competitivitat del transport públic d'un 3,26%.

MODEL 1-P1 (FIGURA 3.7)	VARIABLE ENDÒGENA: TEMPS DE MITJANA DE VIATGE					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Atributs sociodemogràfics i de l'habitatge						
Estructura social						
Concentració de llocs de treball més ben pagats	0,100	-0,02; 0,22	-0,019	-0,09; 0,05	0,082	-0,04; 0,20
Estructura demogràfica						
Concentració de persones de mitjana-avançada edat (45-64/15-44 anys)	0,091	-0,03; 0,21	0,031	-0,02; 0,09	0,122	-0,01; 0,25
Tipologia de llar						
Concentració de llars amb nens	0,096	-0,03; 0,22	-0,055	-0,12; -0,00	0,041	-0,09; 0,17
Tipus d'habitatge						
Concentració d'habitatges de segona residència	0,249	0,13; 0,37	0,078	0,03; 0,14	0,327	0,20; 0,45
Atributs del medi construït						
Densitat de llocs de treball	-0,192	-0,34; -0,05	-	-	-0,192	-0,34; -0,05
Diversitat de l'ús del sòl	-0,224	-0,35; -0,10	-0,085	-0,15; -0,03	-0,309	-0,43; -0,18
Proporció de llocs de treball-habitatge	-0,305	-0,42; -0,18	-0,029	-0,07; -0,00	-0,334	-0,46; -0,21
Distància a l'estació de transport públic més pròxima	0,214	0,07; 0,36	0,021	-0,01; 0,06	0,235	0,09; 0,38
Δ Distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima (1991-2001)	0,001	-0,14; 0,14	0,029	-0,00; 0,08	0,031	-0,12; 0,18
Presència de facilitats urbanes	-0,306	-0,41; -0,20	-0,013	-0,04; 0,01	-0,319	-0,42; -0,21
Distància a la costa	0,087	-0,08; 0,25	-0,038	-0,10; 0,02	0,049	-0,12; 0,22
Policentrisme: efectes de la proximitat als centres						
Distància a Barcelona (ciutat central)	-0,403	-0,56; -0,25	0,210	0,10; 0,33	-0,194	-0,36; -0,02
Distància al centre secundari més proper (inversa)	-0,080	-0,15; -0,01	-0,156	-0,25; -0,07	-0,236	-0,36; -0,10
Observacions					164	
Nombre de paràmetres lliures					95	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)					1,001	
Test de Kolmogorov-Smirov (K-S/valor-P)					0,16/0,26	

TAULA 3.2 Efectes directes, indirectes i totals del model d'equació estructural Bayesià ajustat: model 1-P1

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 3.2 fan referència a la solució estandaritzada (els resultats de la solució no estandaritzada estan disponibles a petició).

b. L'estimació representada en aquesta Taula 3.2 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

	VARIABLE ENDÒGENA: DISTÀNCIA DE MITJANA DE VIATGE					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
	0,034	-0,08; 0,15	-0,004	-0,07; 0,06	0,030	-0,09; 0,14
	-0,033	-0,14; 0,08	0,026	-0,02; 0,08	-0,007	-0,12; 0,11
	0,056	-0,06; 0,17	-0,047	-0,10; -0,00	0,009	-0,11; 0,13
	0,272	0,16; 0,38	0,066	0,02; 0,12	0,338	0,22; 0,45
	-0,210	-0,34; -0,08	-	-	-0,210	-0,34; -0,08
	-0,193	-0,30; -0,08	-0,083	-0,15; -0,03	-0,277	-0,39; -0,16
	-0,254	-0,37; -0,14	-0,032	-0,07; -0,00	-0,285	-0,40; -0,17
	0,130	0,01; 0,25	0,023	-0,01; 0,07	0,153	0,02; 0,29
	0,074	-0,06; 0,21	0,032	0,00; 0,08	0,106	-0,03; 0,24
	-0,217	-0,32; -0,12	-0,014	-0,04; 0,01	-0,231	-0,33; -0,13
	-0,203	-0,35; -0,05	-0,029	-0,09; 0,03	-0,231	-0,39; -0,07
	0,148	0,01; 0,29	0,194	0,09; 0,30	0,343	0,19; 0,49
	-0,111	-0,21; -0,00	-0,138	-0,22; -0,06	-0,249	-0,37; -0,13
					164	
					95	
					1,001	
					0,16/0,26	

>>>

MODEL 1-P1 (FIGURA 3.7)	VARIABLE ENDÒGENA: EMISSIONS DE MITJANA DE CO ₂ DEL TRANSPORT					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Atributs sociodemogràfics i de l'habitatge						
Estructura social						
Concentració de llocs de treball més ben pagats	-0,010	-0,13; 0,10	0,010	-0,06; 0,08	0,000	-0,12; 0,12
Estructura demogràfica						
Concentració de persones de mitjana-avançada edat (45-64/15-44 anys)	-0,016	-0,13; 0,10	0,023	-0,02; 0,07	0,006	-0,11; 0,13
Tipologia de llar						
Concentració de llars amb nens	0,196	0,08; 0,32	-0,041	-0,09; -0,00	0,155	0,03; 0,28
Tipus d'habitatge						
Concentració d'habitatges de segona residència	0,249	0,14; 0,36	0,057	0,02; 0,11	0,306	0,19; 0,42
Atributs del medi construït						
Densitat de llocs de treball	-0,232	-0,37; -0,10	-	-	-0,232	-0,37; -0,10
Diversitat de l'ús del sòl	-0,178	-0,29; -0,06	-0,084	-0,15; -0,03	-0,261	-0,38; -0,14
Proporció de llocs de treball-habitatge	-0,211	-0,33; -0,09	-0,035	-0,08; -0,00	-0,246	-0,37; -0,13
Distància a l'estació de transport públic més pròxima	0,157	0,02; 0,30	0,026	-0,01; 0,07	0,183	0,04; 0,33
Δ Distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima (1991-2001)	0,131	0,01; 0,25	0,035	0,00; 0,08	0,166	0,03; 0,31
Presència de facilitats urbanes	-0,207	-0,31; -0,10	-0,015	-0,05; 0,01	-0,223	-0,33; -0,12
Distància a la costa	-0,206	-0,36; -0,05	-0,021	-0,08; 0,04	-0,227	-0,39; -0,07
Policentrisme: efectes de la proximitat als centres						
Distància a Barcelona (ciutat central)	0,132	0,02; 0,24	0,200	0,10; 0,30	0,331	0,17; 0,48
Distància al centre secundari més proper (inversa)	-0,152	-0,36; -0,05	-0,133	-0,21; -0,06	-0,286	-0,40; -0,17
Observacions					164	
Nombre de paràmetres lliures					95	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)					1,001	
Test de Kolmogorov-Smirov (K-S/valor-P)					0,16/0,26	

TAULA 3.2 Efectes directes, indirectes i totals del model d'equació estructural Bayesià ajustat: model 1-P1

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 3.2 fan referència a la solució estandaritzada (els resultats de la solució no estandaritzada estan disponibles a petició).

b. L'estimació representada en aquesta Taula 3.2 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesià és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesià conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

	VARIABLE ENDÒGENA: PROPORCIÓ DE VIATGES AMB TRANSPORT PÚBLIC					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
	0,084	-0,04; 0,20	-0,024	-0,08; 0,03	0,059	-0,06; 0,17
	-0,002	-0,12; 0,12	0,014	-0,01; 0,05	0,012	-0,11; 0,13
	-0,241	-0,36; -0,12	-0,026	-0,06; 0,00	-0,267	-0,39; -0,14
	-0,205	-0,32; -0,09	0,037	0,01; 0,08	-0,169	-0,28; -0,05
	-0,031	-0,18; 0,12	-	-	-0,031	-0,18; 0,12
	-0,038	-0,16; 0,08	-0,027	-0,08; 0,02	-0,065	-0,18; 0,05
	-0,153	-0,28; -0,03	-0,005	-0,03; 0,02	-0,157	-0,28; -0,04
	-0,329	-0,47; -0,19	0,003	-0,02; 0,03	-0,326	-0,46; -0,18
	-0,144	-0,28; -0,01	0,005	-0,02; 0,04	-0,139	-0,27; -0,01
	0,042	0,02; 0,06	-0,002	-0,02; 0,01	0,040	0,02; 0,06
	-0,109	-0,27; 0,05	-0,022	-0,06; 0,01	-0,131	-0,29; 0,03
	-0,358	-0,52; -0,20	0,020	-0,06; 0,10	-0,338	-0,48; -0,18
	0,068	0,02; 0,12	-0,029	-0,08; 0,02	0,039	0,01; 0,07
					164	
					95	
					1,001	
					0,16/0,26	

Al seu torn, la reducció d'un 10% en la distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima (això és, un augment de les millores en infraestructures d'un 10%) condueix cap a una reducció de les emissions de CO₂ del transport d'un 1,66% i cap a un augment de la proporció de viatges amb transport públic d'un 1,39%; no obstant, els efectes totals de la millora en infraestructures no són estadísticament significatius amb relació al temps i distància de viatge, malgrat tenir el signe esperat. A més, l'efecte total estimat de la densitat de llocs de treball en la proporció de viatges amb transport públic no és significatiu, i el de la proporció de llocs de treball per habitatge redueix la competitivitat del transport públic en lloc d'augmentar-la, tal i com s'assumia en el model conceptual proposat per aquest estudi.

Aquests efectes inesperats de la densitat i de la diversitat funcional mereixen més discussió. El fet que l'efecte de la densitat de llocs de treball variï segons el tipus de ciutat (p. ex., entre els centres i les àrees perifèriques) on les persones resideixen, pot explicar el seu efecte no significatiu amb relació a l'augment de la proporció de viatges amb transport públic: és a dir, l'efecte de la densitat podria ser significatiu per augmentar de forma rellevant la competitivitat del transport públic en els centres, però més modest i, fins i tot, insignificant, per fer-ho en les àrees perifèriques més lluny dels centres. D'altra banda, el fet que l'efecte de la proporció de llocs per habitatge tingui forma d'U-invertida pot explicar l'associació negativa del seu efecte amb relació a la millora de la competitivitat del transport públic: és a dir, quan la proporció de llocs de treball per habitatge d'un municipi supera un determinat llindar (podríem dir, quan concentra en gran mesura molts més llocs de treball que no pas habitatges), aquest municipi comença a atraure persones que resideixen en àrees perifèriques que gaudeixen d'una baixa accessibilitat al transport públic i, per tant, que es desplacen en transport privat.

Respecte als efectes del policentrisme amb relació als beneficis d'aglomeració associats amb la proximitat geogràfica als centres (model 1-P1), l'elasticitat neta de la distància a la ciutat central (Barcelona) i de la inversa de la distància al centre secundari més proper indiquen en general que, com més gran és la proximitat de les àrees residencials als centres, menor és la distància de viatge, el temps de viatge i les emissions de CO₂ del transport, a la vegada que també la competitivitat del transport públic augmenta. Una reducció del 10% en la distància geogràfica entre una àrea i el seu centre secundari més proper, condueix cap a una reducció d'un 2,36% del temps de mitjana de viatge, d'un 2,49% de la distància de mitjana de viatge, d'un 2,86% de les emissions de mitjana de CO₂ del transport, a la vegada que condueix també cap a un augment de la proporció de viatges amb transport públic d'un 0,39%. La magnitud dels efectes totals de la proximitat a la ciutat central de Barcelona és més gran amb relació a la distància de viatge (3,43% per una disminució d'un 10%), a les emissions de CO₂ del transport (3,31% per una disminució d'un 10%), i a la competitivitat del transport públic (3,38% per augment d'un 10%). No obstant, els residents d'una àrea localitzada a una major distància de la ciutat central tendeixen a realitzar desplaçaments amb un temps de mitjana de viatge menor: p. ex., un increment d'un 10% en la distància a la ciutat central dona com a resultat una reducció del temps de mitjana de viatge d'un 1,94%. Això confirma que la congestió existent en els eixos de transport radials cap a la ciutat central podria continuar desenvolupant un rol important per a la regió metropolitana de Barcelona; doncs és la causa principal de velocitats de viatge menors i de majors temps de viatge per a les persones que es desplacen cap a la ciutat de Barcelona diàriament.

Aquestes magnituds de les elasticitats netes dels atributs del medi construït i de la proximitat als centres, recolzen la idea que l'abordament dels reptes socials (p. ex., reducció de les distàncies i temps de viatge pels grups de població amb menys ingressos) i ambientals (p. ex., mitigació i adaptació del canvi climàtic) relacionats amb la mobilitat de les persones es pot duu a terme mitjançant l'elaboració de polítiques de planificació territorial orientades cap a la modificació dels atributs del medi construït i de l'estructura espacial metropolitana. Per exemple, els resultats anteriors indiquen que una bona

política territorial per reduir la distància de viatge, el temps de viatge, i les emissions de CO₂ del transport, a la vegada que es fomenta una major competitivitat del transport públic, podria anar lligada al desenvolupament de xarxes de transport més eficients entre els centres (excloent la ciutat central) i les ciutats veïnes del seu entorn, així com també amb la promoció, en xarxa, d'un desenvolupament orientat al transport públic ('transit-oriented development' en anglès) en els centres (preferiblement els secundaris) i en les seves ciutats veïnes (ciutats més petites i properes). No obstant, s'han de considerar també altres aspectes del vincle entre el policentrisme i la mobilitat per tal de poder elaborar recomanacions per polítiques de planificació territorial amb una suficient solvència empírica. Per exemple, s'ha d'examinar la magnitud de l'elasticitat neta total de la mida dels centres i de la mida agregada dels centres, mitjançant la seva integració o els efectes directes i indirectes del policentrisme. La resta d'aquesta [secció 3.4](#) aborda aquests aspectes.

3.4.2.2 Els efectes de la mida dels centres

La [Taula 3.3](#) i la [Figura 3.8](#) presenten els resultats dels efectes directes, indirectes i totals dels determinants del temps de mitjana de viatge, de la distància de mitjana de viatge, de les emissions de mitjana de CO₂ del transport, i de la proporció de viatges amb transport públic; considerant els efectes de la mida dels centres. Respecte als efectes totals dels atributs sociodemogràfics i de l'habitatge dels municipis, és remarcable que, generalment, tant la magnitud d'aquests efectes com el seu signe i nivell de significació no presenten diferències importants en comparació als resultats obtinguts anteriorment amb relació als efectes de la proximitat als centres (vegeu [Taula 3.2](#) i [Figura 3.7](#)). Per exemple, doblar la concentració d'habitatges de segona residència condueix cap a un increment del temps de mitjana de viatge, de la distància de mitjana de viatge, i de les emissions de mitjana de CO₂ del transport d'un 30,5%, 36,1%, i d'un 32,4% respectivament; i cap a una disminució de la competitivitat del transport públic d'un 18,4%. L'únic tret diferencial destacable, és que ara el nivell d'ingressos (mesurat a través de la concentració de llocs de treball més ben pagats en un municipi) està associat amb distàncies de viatge més llargues, cosa que és consistent amb la literatura sobre factors de la mobilitat citada en la [secció 3.2](#).

En relació amb les elasticitats netes dels atributs del medi construït, tret dels efectes nets de la densitat de llocs de treball i de les millores en infraestructures, tampoc s'observen grans canvis tant en termes de magnitud dels efectes com del seu signe i nivell de significació, en comparació amb els resultats obtinguts en l'anterior model d'equació estructural (model 1-P1). En aquest sentit, es pot observar que ara l'efecte de la densitat de llocs de treball en la competitivitat del transport públic és estadísticament significatiu un cop s'ha controlat el tipus de ciutat: doblar el nivell de densitat de llocs de treball en un municipi condueix cap a un increment de la proporció de viatges amb transport públic d'un 6,7%. D'altra banda, els efectes de l'increment de la distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima en les emissions de mitjana de CO₂ del transport i la proporció de viatges amb transport públic són ara estadísticament insignificants.

En termes dels efectes totals del policentrisme s'observa una diferència important amb relació al temps de mitjana de viatge, mentre que la magnitud i el signe de la resta de les elasticitats netes del policentrisme (en la distància de mitjana de viatge, les emissions de mitjana de CO₂ del transport, i la proporció de viatges amb transport públic) no experimenten canvis importants en comparació amb les estimacions obtingudes anteriorment amb relació als efectes de la proximitat als centres. En concret, localitzar-se en els centres en comparació a fer-ho en àrees perifèriques disminueix un 26,7% més el temps de mitjana de viatge. D'altra banda, es redueix un 33,4% més la distància de mitjana de viatge i un 35,9% les emissions de mitjana de CO₂ del transport, a la vegada que s'augmenta un 14,3% més la competitivitat del transport públic si les persones localitzen el seu lloc de residència en els centres en lloc d'àrees perifèriques.

MODEL 2-P2 (FIGURA 3.8)	VARIABLE ENDÒGENA: TEMPS DE MITJANA DE VIATGE					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Atributs sociodemogràfics i de l'habitatge						
Estructura social						
Concentració de llocs de treball més ben pagats	0,186	0,07; 0,31	-0,043	-0,11; 0,02	0,144	0,01; 0,27
Estructura demogràfica						
Concentració de persones de mitjana-avançada edat (45-64/15-44 anys)	0,070	-0,06; 0,19	0,033	-0,03; 0,10	0,103	-0,04; 0,24
Tipologia de llar						
Concentració de llars amb nens	0,142	0,01; 0,27	-0,055	-0,12; 0,01	0,086	-0,05; 0,22
Tipus d'habitatge						
Concentració d'habitatges de segona residència	0,201	0,08; 0,33	0,104	0,05; 0,17	0,305	0,17; 0,43
Atributs del medi construït						
Densitat de llocs de treball	-0,079	-0,14; -0,02	-	-	-0,079	-0,14; -0,02
Diversitat de l'ús del sòl	-0,263	-0,39; -0,14	-0,054	-0,12; 0,01	-0,317	-0,45; -0,18
Proporció de llocs de treball-habitatge	-0,386	-0,51; -0,26	-0,011	-0,04; 0,01	-0,397	-0,52; -0,27
Distància a l'estació de transport públic més pròxima	0,183	0,03; 0,33	0,020	-0,02; 0,06	0,203	0,06; 0,35
Δ Distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima (1991-2001)	0,140	0,01; 0,27	-0,007	-0,03; 0,01	0,134	-0,00; 0,26
Presència de facilitats urbanes	-0,248	-0,37; -0,13	-0,006	-0,03; 0,01	-0,254	-0,37; -0,13
Distància a la costa	-0,002	-0,16; 0,16	-0,048	-0,12; 0,02	-0,051	-0,21; 0,12
Policentrisme: efectes de la mida dels centres						
Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)	-0,029	-0,15; 0,09	-0,238	-0,34; -0,14	-0,267	-0,40; -0,13
ciutats veïnes als centres	0,171	0,05; 0,29	-0,172	-0,27; -0,08	-0,001	-0,14; 0,14
Observacions					164	
Nombre de paràmetres lliures					95	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)					1,001	
Test de Kolmogorov-Smirov (K-S/valor-P)					0,13/0,34	

TAULA 3.3 Efectes directes, indirectes i totals del model d'equació estructural Bayesià ajustat: model 2-P2

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 3.3 fan referència a la solució estandaritzada (els resultats de la solució no estandaritzada estan disponibles a petició).
b. L'estimació representada en aquesta Taula 3.3 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

	VARIABLE ENDÒGENA: DISTÀNCIA DE MITJANA DE VIATGE					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
	0,000	-0,11; 0,11	0,007	-0,05; 0,07	0,007	-0,11; 0,13
	-0,023	-0,14; 0,09	0,023	-0,02; 0,07	0,000	-0,12; 0,12
	0,049	-0,07; 0,17	-0,039	-0,09; 0,00	0,010	-0,11; 0,13
	0,287	0,17; 0,40	0,074	0,03; 0,13	0,361	0,25; 0,47
	-0,269	-0,39; -0,14	-	-	-0,269	-0,39; -0,14
	-0,182	-0,30; -0,07	-0,086	-0,15; -0,03	-0,268	-0,39; -0,14
	-0,244	-0,36; -0,13	-0,038	-0,09; -0,00	-0,283	-0,40; -0,16
	0,162	0,03; 0,29	0,067	0,02; 0,13	0,229	0,09; 0,36
	-0,003	-0,12; 0,12	-0,022	-0,07; 0,02	-0,025	-0,15; 0,10
	-0,206	-0,31; -0,10	-0,020	-0,06; 0,02	-0,226	-0,34; -0,11
	-0,157	-0,30; -0,01	0,021	-0,05; 0,10	-0,135	-0,29; 0,02
	-0,101	-0,19; -0,01	-0,232	-0,32; -0,15	-0,334	-0,45; -0,21
	-0,017	-0,13; 0,09	-0,153	-0,24; -0,08	-0,170	-0,29; -0,04
					164	
					95	
					1,001	
					0,13/0,34	

>>>

MODEL 2-P2 (FIGURA 3.8)	VARIABLE ENDÒGENA: EMISSIONS DE MITJANA DE CO ₂ DEL TRANSPORT					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Atributs sociodemogràfics i de l'habitatge						
Estructura social						
Concentració de llocs de treball més ben pagats	-0,037	-0,15; 0,08	0,015	-0,04; 0,08	-0,022	-0,14; 0,10
Estructura demogràfica						
Concentració de persones de mitjana-avançada edat (45-64/15-44 anys)	-0,007	-0,12; 0,11	0,020	-0,02; 0,06	0,013	-0,10; 0,13
Tipologia de llar						
Concentració de llars amb nens	0,194	0,07; 0,31	-0,034	-0,08; 0,00	0,160	0,03; 0,28
Tipus d'habitatge						
Concentració d'habitatges de segona residència	0,260	0,14; 0,37	0,064	0,02; 0,12	0,324	0,21; 0,44
Atributs del medi construït						
Densitat de llocs de treball	-0,284	-0,41; -0,16	-	-	-0,284	-0,41; -0,16
Diversitat de l'ús del sòl	-0,165	-0,28; -0,05	-0,086	-0,15; -0,03	-0,251	-0,37; -0,13
Proporció de llocs de treball-habitatge	-0,203	-0,32; -0,08	-0,041	-0,09; -0,00	-0,243	-0,37; -0,12
Distància a l'estació de transport públic més pròxima	0,192	0,05; 0,33	0,071	0,02; 0,13	0,263	0,12; 0,40
Δ Distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima (1991-2001)	0,056	-0,07; 0,18	-0,023	-0,07; 0,02	0,033	-0,10; 0,16
Presència de facilitats urbanes	-0,181	-0,29; -0,07	-0,021	-0,07; 0,02	-0,203	-0,32; -0,09
Distància a la costa	-0,163	-0,31; -0,01	0,032	-0,04; 0,11	-0,131	-0,29; 0,03
Policentrisme: efectes de la mida dels centres						
Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)	-0,143	-0,25; -0,03	-0,216	-0,30; -0,13	-0,359	-0,47; -0,24
ciutats veïnes als centres	-0,019	-0,13; 0,09	-0,141	-0,22; -0,07	-0,160	-0,28; -0,03
Observacions					164	
Nombre de paràmetres lliures					95	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)					1,001	
Test de Kolmogorov-Smirnov (K-S/valor-P)					0,13/0,34	

TAULA 3.3 Efectes directes, indirectes i totals del model d'equació estructural Bayesià ajustat: model 2-P2

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 3.3 fan referència a la solució estandaritzada (els resultats de la solució no estandaritzada estan disponibles a petició).

b. L'estimació representada en aquesta Taula 3.3 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesià és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesià conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirnov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

VARIABLE ENDÒGENA: PROPORCIÓ DE VIATGES AMB TRANSPORT PÚBLIC						
EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A		
ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	
0,147	0,03; 0,26	-0,040	-0,09; -0,00	0,107	-0,01; 0,22	
-0,020	-0,14; 0,10	0,016	-0,01; 0,05	-0,004	-0,13; 0,12	
-0,194	-0,31; -0,07	-0,028	-0,07; 0,00	-0,221	-0,34; -0,10	
-0,236	-0,36; -0,11	0,052	0,01; 0,10	-0,184	-0,30; -0,06	
0,067	0,02; 0,11	-	-	0,067	0,02; 0,11	
-0,070	-0,19; 0,05	-0,003	-0,05; 0,04	-0,074	-0,19; 0,05	
-0,208	-0,34; -0,08	0,010	-0,01; 0,04	-0,199	-0,33; -0,07	
-0,366	-0,50; -0,22	-0,017	-0,06; 0,02	-0,382	-0,51; -0,24	
0,004	-0,12; 0,13	0,005	-0,01; 0,03	0,009	-0,12; 0,14	
0,036	0,01; 0,06	0,005	-0,01; 0,03	0,041	0,02; 0,06	
-0,201	-0,36; -0,04	-0,052	-0,11; -0,00	-0,253	-0,40; -0,10	
0,158	0,04; 0,27	-0,015	-0,09; 0,06	0,143	0,02; 0,26	
0,113	0,03; 0,20	-0,056	-0,11; -0,01	0,057	0,01; 0,10	
				164		
				95		
				1,001		
				0,13/0,34		

MODEL 3-P3 (FIGURA 3.9)	VARIABLE ENDÒGENA: TEMPS DE MITJANA DE VIATGE						
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A		
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	
Atributs sociodemogràfics i de l'habitatge							
Estructura social							
Concentració de llocs de treball més ben pagats	0,178	0,06; 0,30	-0,030	-0,10; 0,04	0,148	0,02; 0,28	
Estructura demogràfica							
Concentració de persones de mitjana-avançada edat (45-64/15-44 anys)	0,073	-0,05; 0,20	0,029	-0,03; 0,09	0,102	-0,04; 0,24	
Tipologia de llar							
Concentració de llars amb nens	0,153	0,03; 0,28	-0,061	-0,13; -0,00	0,092	-0,05; 0,23	
Tipus d'habitatge							
Concentració d'habitatges de segona residència	0,215	0,09; 0,34	0,094	0,04; 0,16	0,309	0,18; 0,43	
Atributs del medi construït							
Densitat de llocs de treball	-0,089	-0,16; -0,02	-	-	-0,089	-0,16; -0,02	
Diversitat de l'ús del sòl	-0,252	-0,38; -0,13	-0,058	-0,13; 0,01	-0,311	-0,44; -0,18	
Proporció de llocs de treball-habitatge	-0,390	-0,52; -0,26	-0,011	-0,04; 0,01	-0,401	-0,53; -0,27	
Distància a l'estació de transport públic més pròxima	0,185	0,03; 0,33	0,022	-0,01; 0,07	0,206	0,06; 0,36	
Δ Distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima (1991-2001)	0,142	0,01; 0,27	-0,006	-0,03; 0,01	0,135	0,00; 0,27	
Presència de facilitats urbanes	-0,247	-0,37; -0,13	-0,006	-0,03; 0,01	-0,253	-0,37; -0,13	
Distància a la costa	-0,003	-0,16; 0,16	-0,051	-0,12; 0,02	-0,055	-0,22; 0,11	
Policentrisme: efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració							
Lloc de residència * centralitat de xarxa * integració de xarxa: àrees perifèriques (referència)							
centres (ciutat central i centres secundaris)	-0,019	-0,14; 0,11	-0,254	-0,35; -0,16	-0,273	-0,40; -0,13	
ciutats veïnes als centres	0,171	0,05; 0,29	-0,201	-0,30; -0,11	-0,031	-0,17; 0,11	
Observacions					164		
Nombre de paràmetres lliures					95		
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)					1,001		
Test de Kolmogorov-Smirov (K-S/valor-P)					0,14/0,26		

TAULA 3.4 Efectes directes, indirectes i totals del model d'equació estructural Bayesià ajustat: model 3-P3

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 3.4 fan referència a la solució estandaritzada (els resultats de la solució no estandaritzada estan disponibles a petició).
b. L'estimació representada en aquesta Taula 3.4 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

VARIABLE ENDÒGENA: DISTÀNCIA DE MITJANA DE VIATGE						
EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A		
ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	
0,009	-0,11; 0,12	0,018	-0,04; 0,08	0,028	-0,09; 0,15	
-0,024	-0,14; 0,09	0,019	-0,02; 0,06	-0,005	-0,13; 0,11	
0,045	-0,07; 0,16	-0,040	-0,09; -0,00	0,005	-0,12; 0,13	
0,286	0,17; 0,40	0,062	0,02; 0,11	0,348	0,24; 0,46	
-0,260	-0,38; -0,14	-	-	-0,260	-0,38; -0,14	
-0,182	-0,30; -0,07	-0,083	-0,15; -0,03	-0,265	-0,38; -0,15	
-0,234	-0,35; -0,11	-0,031	-0,08; 0,01	-0,265	-0,39; -0,14	
0,158	0,02; 0,29	0,063	0,02; 0,12	0,221	0,08; 0,36	
0,002	-0,12; 0,12	-0,018	-0,06; 0,02	-0,016	-0,14; 0,11	
-0,202	-0,31; -0,09	-0,018	-0,06; 0,02	-0,220	-0,33; -0,11	
-0,160	-0,30; -0,01	0,016	-0,05; 0,09	-0,144	-0,29; 0,01	
-0,116	-0,23; -0,00	-0,242	-0,33; -0,16	-0,358	-0,47; -0,24	
-0,046	-0,08; -0,01	-0,179	-0,27; -0,10	-0,225	-0,35; -0,10	
				164		
				95		
				1,001		
				0,14/0,26		

>>>

MODEL 3-P3 (FIGURA 3.9)	VARIABLE ENDÒGENA: EMISSIONS DE MITJANA DE CO ₂ DEL TRANSPORT					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Atributs sociodemogràfics i de l'habitatge						
Estructura social						
Concentració de llocs de treball més ben pagats	-0,023	-0,14; 0,09	0,026	-0,03; 0,09	0,003	-0,12; -0,12
Estructura demogràfica						
Concentració de persones de mitjana-avançada edat (45-64/15-44 anys)	-0,008	-0,12; 0,11	0,016	-0,02; 0,05	0,008	-0,11; 0,12
Tipologia de llar						
Concentració de llars amb nens	0,189	0,07; 0,30	-0,033	-0,08; -0,00	0,155	0,03; 0,27
Tipus d'habitatge						
Concentració d'habitatges de segona residència	0,261	0,15; 0,37	0,052	0,01; 0,10	0,313	0,20; 0,42
Atributs del medi construït						
Densitat de llocs de treball	-0,272	-0,40; -0,15	-	-	-0,272	-0,40; -0,15
Diversitat de l'ús del sòl	-0,166	-0,28; -0,05	-0,082	-0,14; -0,03	-0,247	-0,37; -0,13
Proporció de llocs de treball-habitatge	-0,188	-0,31; -0,07	-0,032	-0,08; 0,01	-0,220	-0,35; -0,09
Distància a l'estació de transport públic més pròxima	0,187	0,05; 0,32	0,066	0,02; 0,13	0,253	0,11; 0,39
Δ Distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima (1991-2001)	0,064	-0,06; 0,18	-0,019	-0,06; 0,02	0,044	-0,08; 0,17
Presència de facilitats urbanes	-0,178	-0,29; -0,07	-0,019	-0,06; 0,02	-0,197	-0,31; -0,08
Distància a la costa	-0,168	-0,32; -0,01	0,027	-0,04; 0,101	-0,142	-0,29; 0,01
Policentrisme: efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració						
Lloc de residència * centralitat de xarxa * integració de xarxa: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)	-0,163	-0,28; -0,04	-0,223	-0,31; -0,14	-0,386	-0,50; -0,27
ciutats veïnes als centres	-0,065	-0,12; -0,01	-0,163	-0,25; -0,09	-0,228	-0,35; -0,10
Observacions					164	
Nombre de paràmetres lliures					95	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)					1,001	
Test de Kolmogorov-Smirov (K-S/valor-P)					0,14/0,26	

TAULA 3.4 Efectes directes, indirectes i totals del model d'equació estructural Bayesià ajustat: model 3-P3

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 3.4 fan referència a la solució estandarditzada (els resultats de la solució no estandarditzada estan disponibles a petició).
b. L'estimació representada en aquesta Taula 3.4 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

VARIABLE ENDÒGENA: PROPORCIÓ DE VIATGES AMB TRANSPORT PÚBLIC						
EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A		
ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	
0,126	0,01; 0,24	-0,035	-0,08; 0,01	0,091	-0,03; 0,21	
-0,017	-0,14; 0,10	0,016	-0,02; 0,06	-0,001	-0,13; 0,12	
-0,182	-0,30; -0,06	-0,034	-0,08; -0,00	-0,216	-0,34; -0,09	
-0,232	-0,35; -0,11	0,053	0,02; 0,10	-0,179	-0,30; -0,06	
0,048	0,01; 0,09	-	-	0,048	0,01; 0,09	
-0,064	-0,18; 0,06	-0,011	-0,06; 0,04	-0,075	-0,19; 0,05	
-0,229	-0,36; -0,10	0,006	-0,01; 0,03	-0,223	-0,35; -0,09	
-0,360	-0,49; -0,22	-0,012	-0,05; 0,02	-0,372	-0,50; -0,23	
-0,005	-0,13; 0,12	0,003	-0,01; 0,02	-0,001	-0,13; 0,13	
0,033	0,01; 0,06	0,003	-0,01; 0,02	0,037	0,01; 0,06	
-0,194	-0,35; -0,04	-0,052	-0,11; -0,00	-0,246	-0,39; -0,09	
0,188	0,06; 0,31	-0,025	-0,10; 0,05	0,163	0,04; 0,28	
0,173	0,05; 0,290	-0,072	-0,14; -0,01	0,101	0,02; 0,18	
				164		
				95		
				1,001		
				0,14/0,26		

Similarment, localitzar-se en les ciutats veïnes als centres, en comparació a les àrees perifèriques, també dona com a resultat un patró de mobilitat socialment i ambientalment més sostenible, encara que en menys mesura: és a dir, es redueix comparativament un 17,0% més la distància de mitjana de viatge i un 16,0% les emissions de mitjana de CO₂ del transport, a la vegada que s'augmenta un 5,7% més la proporció de viatges amb transport públic. No obstant, localitzar-se en les ciutats veïnes als centres en lloc de fer-ho en àrees perifèriques no es tradueix en temps de viatge més curts; això s'explica possiblement, tal i com s'ha mencionat anteriorment, per la presència important d'externalitats de congestió al llarg dels eixos de transport radials cap a la ciutat central de Barcelona. En conseqüència, es pot concloure, de moment, que la dimensió més important d'una estructura metropolitana policèntrica per fomentar un patró de mobilitat socialment i ambientalment més sostenible és el tipus de ciutat (p. ex., centres i ciutats veïnes als centres), seguit per la proximitat als centres. El següent apartat aporta més llum pel que fa a aquesta qüestió.

3.4.2.3 Els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració

La [Taula 3.4](#) anterior i la [Figura 3.9](#) mostren els efectes totals, indirectes i totals dels determinants de les activitats i externalitats de la mobilitat agregada, considerant els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració. Respecte als efectes totals dels atributs sociodemogràfics i de l'habitatge dels municipis i del medi construït, es pot observar que, tant la magnitud d'aquests efectes com el seu signe i nivell de significació, no presenten variacions rellevants en comparació als resultats obtinguts en el model d'equació estructural anterior (model 2-P2). Per exemple, en el cas que la concentració de llocs de treball més ben pagats en un municipi es dupliqués, això conduiria a un increment d'un 14,8% del temps de mitjana de viatge dels residents d'aquest municipi (la magnitud d'aquesta elasticitat neta és sols un 0,4% més que en el cas anterior del model 2-P2 estimat).

No obstant, la magnitud dels efectes totals del policentrisme en les activitats (distància de mitjana de viatge, temps de mitjana de viatge, i proporció de viatges amb transport públic) i externalitats (emissions de mitjana d'emissions de CO₂) dels patrons de la mobilitat agregada de les persones augmenten considerablement. Per exemple, augmentar el grau d'integració i centralitat de xarxa d'una ciutat quan es considera els fluxos de persones residents en centres, en comparació a considerar els fluxos de persones residents en àrees perifèriques, redueix un 27,3% més el temps de mitjana de viatge, un 35,8% més la distància de mitjana de viatge, i un 38,6% més les emissions de mitjana de CO₂ del transport, a la vegada que s'augmenta un 16,3% més la competitivitat del transport públic. De forma similar, una major integració i centralitat de xarxa per a les ciutats veïnes als centres, en lloc de per a les àrees perifèriques, condueix també cap a uns costos socials i ambientals de la mobilitat menors, p. ex., les emissions de mitjana de CO₂ del transport és redueixen un 22,8% més (vegeu [Taula 3.4](#)). En conseqüència, es pot concloure, d'una banda, que el procés de metropolitanització pot tenir un impacte positiu en l'eficiència territorial d'una àrea metropolitana quan es tradueix en una major integració entre els centres d'aquesta àrea o entre les ciutats veïnes als centres. D'altra banda, es pot concloure que la dimensió més important d'una estructura metropolitana policèntrica per fomentar un patró de mobilitat socialment i ambientalment més sostenible és el tipus d'interacció, seguit pel tipus de ciutat (p. ex., centres i ciutats veïnes als centres) que, a la vegada, és més important que la proximitat als centres.

La següent subsecció presenta els resultats detallats dels efectes directes i indirectes del policentrisme, per descriure així la importància dels seus efectes compostos—això és, l'exploració de la connexió entre policentrisme i atributs del medi construït, tal i com s'ha explicat en el plantejament de la recerca (vegeu [secció 3.3](#)) en base al model conceptual proposat en aquest estudi (vegeu [Figura 3.1](#)).

3.4.3 Els efectes directes i indirectes del policentrisme

3.4.3.1 Els efectes de la proximitat als centres

Els efectes directes i indirectes de la proximitat als centres corroboren les hipòtesis plantejades pel model conceptual. L'elasticitat directa entre la distància a la ciutat central (Barcelona) i el temps de mitjana de viatge, la distància de mitjana de viatge, les emissions de mitjana de CO₂ del transport, i la proporció de viatges amb transport públic és bastant substancial i estadísticament significativa. Essent la resta del model 1-P1 igual, un augment d'un 10% en la proximitat entre una àrea i la ciutat central de Barcelona condueix cap a una reducció d'un 1,48% en la distància de mitjana de viatge i d'un 1,32% en les emissions de mitjana de CO₂ del transport, a la vegada que dona com a resultat un augment d'un 4,03% en el temps de mitjana de viatge i d'un 3,58% en la competitivitat del transport públic.

Aquests efectes directes són (fins a un cert punt) compensats o millorats per efectes indirectes positius, produint així com a resultat unes elasticitats netes totals de -0,194 (temps de mitjana de viatge), 0,343 (distància de mitjana de viatge), 0,331 (emissions de mitjana de CO₂ del transport), i -0,338 (proporció de viatges amb transport públic). És important apuntar que la magnitud dels efectes indirectes associats amb la proximitat a la ciutat central de Barcelona és rellevant, doncs representen un 56,73% del seu efecte total o compensen el seu efecte directe aproximadament en un 5,59% com a mínim. Per exemple, l'efecte indirecte net de la distància a la ciutat central en el temps de mitjana de viatge intercedit per la densitat de llocs de treball, la diversitat de l'ús del sòl, les facilitats urbanes, i la proporció de llocs de treball per habitatge és de 0,210¹⁸. Això pot indicar que, possiblement, els efectes de la congestió al llarg dels eixos de transport radials cap a la ciutat central, discutits més amunt, són mitigats per la influència indirecta dels efectes de la proximitat a la ciutat central, que condueixen tant cap a una major densitat de llocs de treball, diversitat de l'ús del sòl i concentració de facilitats urbanes com cap a un major balanç entre les funcions econòmiques i residencials, en la mesura que la localització d'una àrea urbana és més pròxima a la ciutat central.

La composició d'aquest efecte indirecte de la proximitat a la ciutat central en el temps de mitjana de viatge (0,210) i els tres altres en relació a la distància de mitjana de viatge (0,194), les emissions de mitjana de CO₂ del transport (0,200), i la proporció de viatges amb transport públic (0,020), mostra que l'efecte net indirecte que presenta una major magnitud és l'intercedit únicament per la densitat de llocs de treball, seguit pel de la presència de facilitats urbanes. Per exemple, amb relació a la distància de mitjana de viatge, l'efecte indirecte de la proximitat a la ciutat intercedit únicament per la densitat de llocs de treball (-0,467 x 0,210) i per la presència de facilitats urbanes (-0,198 x -0,217) (vegeu [Figura 3.7](#)) representen un 50,51% i 22,16%, respectivament, de l'efecte indirecte net (0,194).

A més, de l'anàlisi de les composicions de l'efecte indirecte de la proximitat a la ciutat central, en cada una de les dimensions de la mobilitat agregada examinada (p. ex., emissions de mitjana de CO₂ del transport), se'n poden extreure dues observacions importants. D'una banda, es corroboren empíricament les altres hipòtesis planejades en el model conceptual, on s'apuntava que els residents d'àrees més pròximes als centres en comparació als residents d'àrees perifèriques viatgen distàncies i temps de viatge més curts, generen menys emissions de CO₂ del transport, i utilitzen amb major proporció al transport públic, ja que la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns dona com a resultat un increment (1) de la densitat de llocs de treball, (2) de la diversitat de l'ús del sòl, (3) de la presència de facilitats urbanes, i (4) del balanç entre les funcions econòmiques

18

$[(-0,467 \times -0,192) + (-0,162 \times -0,224) + (-0,198 \times -0,306) + (-0,020 \times -0,305) + (-0,162 \times 0,228 \times -0,192) + (-0,198 \times 0,067 \times -0,192) + (-0,020 \times 0,151 \times -0,192) + (-0,162 \times 0,124 \times -0,305) + (-0,162 \times 0,124 \times 0,151 \times -0,192)]$.

i residencials (proporció de llocs de treball per habitatge). Per exemple, un augment del 10% en la proximitat entre una àrea i la ciutat central condueix cap un increment d'un 4,67% de la densitat de llocs de treball, d'un 1,62% de la diversitat de l'ús del sòl, d'un 1,98% de la presència de les facilitats urbanes, i d'un 0,2% de la proporció de llocs de treball per habitatge (vegeu [Figura 3.7](#)).

D'altra banda, també es verifiquen empíricament les hipòtesis formulades en el model conceptual amb relació a la importància de considerar els efectes compostos dels atributs del medi construït, per tal de no subestimar o sobreestimar els seus efectes en els patrons de mobilitat de les persones. Per exemple, l'elasticitat indirecta neta de la diversitat de l'ús del sòl representa aproximadament un 30% del seu efecte total, mentre que l'efecte indirecte total de les millores en les infraestructures i de la proporció de llocs de treball per habitatge comptabilitzen al voltant d'un 21% i d'un 11,5% respectivament de l'efecte total net.

Els efectes directes de la proximitat als centres secundaris són similars als de la proximitat a la ciutat central; no obstant, dos matisos rellevants es poden observar. En primer lloc, els efectes de la proximitat al centre secundari més proper són generalment més moderats i immunes a les externalitats de congestió. En concret, un augment d'un 10% en la proximitat entre una àrea i un centre secundari condueix cap a una reducció d'un 0,8% en el temps de mitjana de viatge, d'un 1,11% en la distància de mitjana de viatge i d'un 1,52% en les emissions de mitjana de CO₂ del transport, a la vegada que dona com a resultat un augment d'un 0,68% en la competitivitat del transport públic. En segon lloc, aquests efectes directes són incrementats o compensats per efectes indirectes de més intensitat. En aquest sentit, l'elasticitat neta dels efectes indirectes relacionats amb la proximitat al centre secundari més proper representen un mínim d'un 46,67% i un màxim d'un 66,10% del seu efecte total, mentre que compensen el seu efecte directe aproximadament en un 42,65%.

Similarment el que s'ha apuntat més amunt, la composició dels efectes indirectes de la proximitat al centre secundari més proper il·lustra també (1) la corroboració empírica que els residents d'àrees més pròximes als centres, en comparació als residents d'àrees perifèriques, presenten un patró de mobilitat socialment i ambientalment més sostenible a causa dels beneficis de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns, i (2) que l'efecte net indirecte que presenta generalment una major magnitud, és l'intercedit únicament per la densitat de llocs de treball.

3.4.3.2 Els efectes de la mida dels centres

Els efectes compostos del policentrisme, considerant la mida dels centres, també confirmen empíricament, en general, les hipòtesis formulades pel model conceptual ([Figura 3.1](#)). L'elasticitat directa entre residir en centres en lloc d'àrees perifèriques i la distància de mitjana de viatge, les emissions de mitjana de CO₂ del transport, o la proporció de viatges amb transport públic, és considerable i estadísticament significativa. En concret, la distància de mitjana de viatge i les emissions de mitjana de CO₂ del transport es redueixen un 10,1% i un 14,3%, respectivament, quan els residents dels centres es desplacen per motius laborals, en comparació a quan ho fan els residents d'àrees perifèriques, a la vegada que la competitivitat relativa del transport públic augmenta un 15,8% més.

Aquests efectes directes són millorats o compensats per efectes indirectes negatius, produint així com a resultat unes elasticitats netes totals de -0,334 (distància de mitjana de viatge), -0,359 (emissions de mitjana de CO₂ del transport), i 0,143 (proporció de viatges amb transport públic). També, l'efecte indirecte de la mida dels centres pot resultar de tal magnitud que pugui ser més important que l'efecte directe. Aquest és el cas de l'efecte indirecte net de la mida dels centres en relació al temps de mitjana de viatge. Mentre que l'elasticitat directa entre residir en centres en lloc d'àrees perifèriques i el temps de mitjana de viatge presenta un signe negatiu (-0,029) d'acord amb les hipòtesis plantejades pel model conceptual, però sense ser estadísticament significatiu, l'efecte indirecte net de residir en centres en

lloc d'àrees perifèriques en el temps de mitjana de viatge, intercedit per la densitat de llocs de treball, la diversitat de l'ús del sòl, les facilitats urbanes, i la proporció de llocs de treball per habitatge, és estadísticament significat i presenta una magnitud de -0,238¹⁹; la qual cosa resulta en un efecte total i estadísticament significat de -0,267, tal i com s'ha indicat a l'anterior subsecció.

Així doncs, es pot concloure també que la magnitud dels efectes indirectes associats amb la mida dels centres és substancial, de fet més que la relacionada amb la proximitat als centres, doncs representa un mínim d'un 60,17% i un màxim d'un 89,14% del efecte total, mentre que compensa l'efecte directe aproximadament en un 9,49%. A més, aquests efectes indirectes associats a la mida dels centres confirmen les hipòtesis avançades pel model conceptual proposat en la [secció 3.2](#). Aquestes es basen en la noció que els centres són aquelles ciutats en una àrea metropolitana on es desenvolupen majors beneficis d'aglomeració que, al seu torn, proporcionen uns atributs del medi construït que condueixen els residents d'aquests centres a accedir a les seves activitats diàries (p. ex., treballar) en menys temps de viatge i en distàncies de viatge més curtes, mitjançant l'ús de mitjans de transport més sostenibles, generant així menys emissions de CO₂ relacionades amb el transport. Per exemple, l'efecte indirecte net i estadísticament significat de la mida dels centres en les emissions de mitjana de CO₂ del transport, intercedit per la densitat de llocs de treball, la diversitat de l'ús del sòl, les facilitats urbanes, i la proporció de llocs de treball per habitatge és de -0,216. Aquest efecte emfatitza que els residents dels centres, en lloc dels d'àrees perifèriques, estan influenciats per una àrea que disposa d'una configuració urbana més densa (16,7% més) amb un major nivell de diversitat d'usos del sòl (20,7% més), de balanç entre activitats econòmiques i residencials (13,8% més), i de presència de facilitats urbanes (41,1% més) que, al seu torn, redueixen indirectament les emissions de CO₂ relacionades amb el transport (vegeu [Figura 3.8](#)).

D'altra banda, la consideració dels efectes directes i indirectes dels diferents tipus de ciutat en les dimensions de la mobilitat, considerades en aquest estudi, ratifica la importància de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns per a la reducció del temps de mitjana de viatge, de la distància de mitjana de viatge i de les emissions de mitjana de CO₂ del transport, així com també per a la millora de la competitivitat relativa del transport públic. Tal i com mostra la [Figura 3.8](#), els residents de ciutats veïnes als centres, en lloc dels d'àrees perifèriques, viuen en una àrea que gaudeix d'un 10,8% més de densitat de llocs de treball, d'un 16,6% més de diversitat de l'ús del sòl, d'un 2,4% més de presència de facilitats urbanes, i d'un 26,2% més d'equilibri entre la concentració de funcions econòmiques i residencials; la qual cosa condueix cap a una major reducció indirecte, p. ex., del temps i distància de mitjana de viatge en aquestes ciutats veïnes als centres, que no pas en les àrees perifèriques. Aquestes reduccions dels costos de la mobilitat són, en concret, d'un 17,2% i d'un 15,3% respectivament.

3.4.3.3 Els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració

Tal i com mostren la [Taula 3.4](#) i la [Figura 3.9](#), els resultats dels efectes directes i indirectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració en les quatre dimensions diferents de la mobilitat agregada, considerades en aquest estudi (p. ex., distància de mitjana de viatge), verifiquen també les hipòtesis plantejades pel model conceptual ([Figura 3.1](#)). A més, les conclusions que es poden extreure de l'anàlisi d'aquests efectes directes i indirectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració, són semblants a les obtingudes prèviament amb relació als efectes directes i indirectes de la mida dels centres. No obstant, es poden observar els següents dos matisos.

19

$[(0,167 \times -0,079) + (0,207 \times -0,263) + (0,411 \times -0,248) + (0,138 \times -0,386) + (0,207 \times 0,223 \times -0,079) + (0,411 \times 0,076 \times -0,079) + (0,138 \times 0,143 \times -0,079) + (0,207 \times 0,092 \times -0,386) + (0,207 \times 0,092 \times 0,143 \times -0,079)]$.

En primer lloc, la magnitud de l'elasticitat directa de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració és més gran. Per exemple, augmentar el grau d'integració i centralitat de xarxa d'una ciutat, quan es consideren els fluxos de persones residents en centres, en comparació a quan es consideren els fluxos de persones residents en àrees perifèriques, redueix un 11,6% més la distància de mitjana de viatge, un 16,3% més les emissions de mitjana de CO₂ relacionades amb el transport, a la vegada que incrementa un 18,8% més la competitivitat relativa del transport públic.

En segon lloc, la magnitud dels efectes indirectes associats amb aquesta tercera dimensió d'una estructura metropolitana policèntrica és més substancial que la magnitud dels efectes indirectes relacionats amb les altres dues dimensions analitzades de l'estructura metropolitana (proximitat als centres i mida dels centres). En concret, l'elasticitat indirecta neta de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració pot representar des d'un mínim d'un 57,77% a un màxim d'un 93,04% de la seva elasticitat total, mentre que pot compensar el seu efecte directe al voltant d'un 13,30%. El cas on el 93,04% de l'efecte total de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració és produït via l'impacte indirecte intercedit per altres variables (p. ex., densitat de llocs de treball), fa també referència al temps de mitjana de viatge.

D'altra banda, els efectes indirectes associats a la mida agregada dels centres corroboren empíricament, també, les hipòtesis formulades pel model conceptual proposat en la [secció 3.2](#), amb relació a com els diferents tipus d'interacció entre ciutats afecten indirectament a l'eficiència social i ambiental dels patrons de mobilitat. Aquestes es basen en la noció que els vincles funcionals entre centres d'una àrea metropolitana són aquells que desenvolupen majors beneficis d'aglomeració que, al seu torn, proporcionen uns atributs del medi construït que condueixen els residents d'aquests centres a experimentar distàncies i temps de viatge més curts, a utilitzar més freqüentment mitjans de transport públic més sostenibles, i a produir menys emissions de CO₂ del transport. Per exemple, l'efecte indirecte i estadísticament significat de la mida agregada dels centres en la distància de mitjana de viatge, intercedit per la densitat de llocs de treball, la diversitat de l'ús del sòl, les facilitats urbanes, i la proporció de llocs de treball per habitatge és de -0,242. Aquest efecte mostra que els fluxos de persones entre centres, en comparació als de persones entre àrees perifèriques, estan influenciats per una localització d'origen i de destinació que presenta una configuració urbana més densa (19,2% més) amb un major nivell de diversitat d'usos del sòl (20,8% més), de balanç entre activitats econòmiques i residencials (15,6% més), i de presència de facilitats urbanes (43,5% més) que, al seu torn, redueixen indirectament la distància de mitjana de viatge (vegeu [Figura 3.9](#)).

3.4.4 Anàlisi de sensibilitat dels resultats

Una manera de comprovar la robustesa dels efectes estimats del policentrisme en les activitats i externalitats de la mobilitat agregada, és a partir de realitzar tests d'invariància; doncs resultats positius en aquests tests permetrien a aquesta investigació controlar adequadament el fet d'haver considerat la regió metropolitana de Barcelona com a cas únic d'estudi i, per tant, poder generalitzar els resultats que es deriven de l'estimació dels models d'equació estructural Bayesianes considerats en aquest estudi. Per fer-ho, aquest estudi utilitza la simulació Monte Carlo (vegeu els detalls d'aquesta eina econòmica de simulació, p. ex., a [Mooney, 1997](#)) i simula dos tipus d'escenaris a partir dels paràmetres estimats en cada un dels models d'equació estructural; és a dir, mitjançant els efectes del policentrisme que s'obtenen en el model 1-P1, model 2-P2, i model 3-P3. El primer escenari simula el cas d'una àrea metropolitana de grans dimensions (això és, p. ex., de 250 municipis), mentre que el segon simula el cas d'una àrea de petites dimensions (això és, p. ex., de 25 municipis).

SIMULACIÓ MONTE CARLO DELS EFECTES DEL POLICENTRISME OBTINGUTS EN ELS MODELS AJUSTATS ^A :		POBLACIÓ ^B	ESTIMACIÓ MITJANA ^B	DESVIACIÓ ESTÀNDAR ^C	ERROR ESTÀNDAR MITJÀ ^C	COBERTURA (95%)	SIGNIFICACIÓ DEL COEFICIENT (%)
ESKENARI 1: ÀREA METROPOLITANA (250 MUNICIPIS) ESKENARI 2: ÀREA METROPOLITANA (25 MUNICIPIS)							
MODEL 1-PI	Policentrisme: efectes de la proximitat als centres						
	Temps de mitjana de viatge < determinants						
	Distància a Barcelona (ciutat central)	-0,403 -0,403	-0,4080 -0,4232	0,0800 0,0842	0,0800 0,0493	0,940 0,719	1,000 0,594
	Distància al centre secundari més proper (inversa)	-0,080 -0,080	-0,0799 -0,0860	0,0540 0,3492	0,0564 0,1978	0,952 0,724	0,900 0,318
	Distància de mitjana de viatge < determinants						
	Distància a Barcelona (ciutat central)	0,148 0,148	0,1480 0,1369	0,0760 0,0819	0,0729 0,0431	0,938 0,701	0,802 0,349
	Distància al centre secundari més proper (inversa)	-0,111 -0,111	-0,1121 -0,1209	0,0510 0,3444	0,0529 0,1947	0,954 0,740	0,856 0,380
	Emissions de mitjana de CO ₂ del transport < determinants						
	Distància a Barcelona (ciutat central)	0,132 0,132	0,1276 0,1250	0,0780 0,0844	0,0750 0,0453	0,940 0,688	0,866 0,328
	Distància al centre secundari més proper (inversa)	-0,152 -0,152	-0,1517 -0,1570	0,0520 0,3736	0,0544 0,2103	0,956 0,721	0,972 0,438
	Proporció de viatges amb transport públic < determinants						
	Distància a Barcelona (ciutat central)	-0,358 -0,358	-0,3544 -0,3258	0,0820 0,0941	0,0798 0,0563	0,930 0,773	1,000 0,484
	Distància al centre secundari més proper (inversa)	0,068 0,068	0,0655 0,0628	0,0560 0,9638	0,0539 0,6196	0,934 0,794	0,970 0,242
	MODEL 2-PZ	Policentrisme: efectes de la mida dels centres					
Temps de mitjana de viatge < determinants							
Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)							
centres (ciutat central i centres secundaris)		-0,029 -0,029	-0,0274 -0,0268	0,0620 0,2778	0,0596 0,1680	0,940 0,751	0,902 0,243
ciutats veïnes als centres		0,171 0,171	0,1734 0,1744	0,0600 0,1921	0,0612 0,1184	0,954 0,734	0,966 0,358
Distància de mitjana de viatge < determinants							
Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)							
centres (ciutat central i centres secundaris)		-0,101 -0,101	-0,0982 -0,0989	0,0570 0,3478	0,0552 0,1995	0,926 0,734	0,926 0,315
ciutats veïnes als centres		-0,017 -0,017	-0,0160 -0,0176	0,0560 0,2049	0,0586 0,1158	0,956 0,714	0,856 0,309
Emissions de mitjana de CO ₂ del transport < determinants							
Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)							
centres (ciutat central i centres secundaris)		-0,143 -0,143	-0,1410 -0,1346	0,0580 0,3872	0,0565 0,2308	0,946 0,767	0,950 0,323
ciutats veïnes als centres		-0,019 -0,019	-0,0176 -0,0205	0,0570 0,2256	0,0591 0,1304	0,962 0,712	0,866 0,278
Proporció de viatges amb transport públic < determinants							
Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)							
centres (ciutat central i centres secundaris)	0,158 0,158	0,1591 0,1469	0,0610 0,8337	0,0584 0,4977	0,950 0,724	0,882 0,339	
ciutats veïnes als centres	0,113 0,113	0,1134 0,1167	0,0590 0,3828	0,0568 0,2307	0,950 0,763	0,802 0,313	

TAULA 3.5 Anàlisi de sensibilitat dels efectes del policentrisme: simulació Monte Carlo dels models d'equació estructural ajustats

>>>

SIMULACIÓ MONTE CARLO DELS EFECTES DEL POLICENTRISME OBTINGUTS EN ELS MODELS AJUSTATS ^a :		POBLACIÓ ^b	ESTIMACIÓ MITJANA ^b	DESVIACIÓ ESTÀNDAR ^c	ERROR ESTÀNDAR MITJÀ ^c	COBERTURA (95%)	SIGNIFICACIÓ DEL COEFICIENT (%)
ESCENARI 1: ÀREA METROPOLITANA (250 MUNICIPIS) ESCENARI 2: ÀREA METROPOLITANA (25 MUNICIPIS)							
MODEL 3 - P3	Policentrisme: efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració						
	Temps de mitjana de viatge < determinants						
	Interacció entre lloc de residència, centralitat de xarxa, i integració de xarxa: àrees perifèriques (referència)						
	centres * centralitat * integració	-0,019 -0,019	-0,0187 -0,0178	0,0640 0,4006	0,0616 0,2503	0,950 0,772	0,887 0,223
	ciutats veïnes als centres * centralitat * integració	0,171 0,171	0,1731 0,1749	0,0630 0,3359	0,0638 0,2134	0,961 0,725	0,976 0,368
	Distància de mitjana de viatge < determinants						
	Interacció entre lloc de residència, centralitat de xarxa, i integració de xarxa: àrees perifèriques (referència)						
	centres * centralitat * integració	-0,116 -0,116	-0,1140 -0,1086	0,0580 0,5246	0,0558 0,3006	0,933 0,745	0,986 0,343
	ciutats veïnes als centres * centralitat * integració	-0,046 -0,046	-0,0445 -0,0452	0,0580 0,4091	0,0605 0,2267	0,955 0,717	0,897 0,294
	Emissions de mitjana de CO ₂ del transport < determinants						
	Interacció entre lloc de residència, centralitat de xarxa, i integració de xarxa: àrees perifèriques (referència)						
	centres * centralitat * integració	-0,163 -0,163	-0,1618 -0,1086	0,0590 0,5887	0,0577 0,3525	0,939 0,753	0,957 0,371
	ciutats veïnes als centres * centralitat * integració	-0,065 -0,065	-0,0630 -0,0592	0,0590 0,4504	0,0619 0,2567	0,950 0,712	0,820 0,283
	Proporció de viatges amb transport públic < determinants						
	Interacció entre lloc de residència, centralitat de xarxa, i integració de xarxa: àrees perifèriques (referència)						
	centres * centralitat * integració	0,188 0,188	0,1892 0,1711	0,0620 0,9430	0,0592 0,5704	0,944 0,731	0,983 0,371
	ciutats veïnes als centres * centralitat * integració	0,173 0,173	0,1728 0,1644	0,0600 0,5055	0,0580 0,3758	0,950 0,750	0,972 0,360

TAULA 3.5 Anàlisi de sensibilitat dels efectes del policentrisme: simulació Monte Carlo dels models d'equació estructural ajustats

a. Els resultats representats en aquesta Taula 3.5 fan referència als efectes directes del policentrisme. Els resultats de la simulació Monte Carlo dels efectes indirectes i totals del policentrisme estan disponibles a petició.

b. Els valors en negreta representats en aquestes dues columnes indiquen que no existeix un biaix de més del 10 per cent entre el valor del paràmetre de població del model estimat a primera instància, p. ex., del model 1-P1, i el valor del paràmetre estimat a partir de la simulació Monte Carlo, aquest valor és la mitjana d'estimació de totes les repeticions realitzades.

c. Els valors en negreta representats en aquestes dues columnes indiquen que no existeix un biaix de més del 5 per cent entre el valor de desviació estàndard del paràmetre de població del model estimat a primera instància, p. ex., del model 1-P1, i el valor d'error estàndard del paràmetre estimat a partir de la simulació Monte Carlo, aquest valor és la mitjana d'estimació de totes les repeticions realitzades.

Nota(es): la simulació Monte Carlo d'ambdós escenaris es duu a terme a partir de considerar 500 repeticions. L'escenari 1 simula el cas d'una àrea metropolitana de grans dimensions (p. ex., de 250 municipis), mentre que l'escenari 2 simula el cas d'una àrea metropolitana de petites dimensions (p. ex., de 25 municipis).

L'obtenció de resultats positius en un text d'invariància està subjecte a quatre criteris: (1) els biaixos en els paràmetres no poden ser majors d'un 10%, (2) els biaixos en els errors estàndard dels paràmetres no poden ser superiors a un 5%, (3) la proporció de les replicacions pel qual l'interval de confiança del 95% conté el valor del paràmetre vertader s'ha de situar entre un interval de valors de 0,91 a 0,98, i (4) la proporció de replicacions pel qual un paràmetre és estadísticament significatiu al 95% de confiança ha de ser superior a un valor de 0,80. La Taula 3.5 mostra els resultats de la simulació Monte Carlo, considerant els dos escenaris citats més amunt i els efectes directes estimats del policentrisme obtinguts prèviament per a cada una de les cinc especificacions del model definides per aquest estudi.

El primer criteri es pot avaluar a partir d'utilitzar la informació que apareix en les columnes 2 i 3 de la Taula 3.5 (p. ex., considerant el paràmetre de la columna 2, que fa referència a l'efecte directe de la ciutat

central de Barcelona amb relació a les emissions de mitjana de CO₂ del transport, es determina el seu biaix a partir de la diferència entre el valor de l'estima de mitjana '0,1276' i el valor de la població '0,132' i el resultat d'això es torna a dividir pel valor de la població de '0,132', mentre que els biaixos en els errors estàndard dels paràmetres s'obtenen de forma similar, però utilitzant la informació que es mostra en les columnes 4 i 5. Al seu torn, la columna 6 'cobertura (95%)' i 7 'significació del coeficient (%)' mostren la informació necessària respectivament per a la validació dels criteris 3 i 4 citats més amunt.

Considerant la simulació del primer escenari (àrea metropolitana de grans dimensions), s'obté un resultat positiu del test d'invariància. Tots els paràmetres relacionats amb els efectes directes del policentrisme presenten un biaix inferior al 10%, a la vegada que els errors estàndard d'aquests no superen el líndar màxim d'un 5% de biaix. A més, l'interval de valors de la proporció de les replicacions pel qual l'interval de confiança del 95% conté el valor del paràmetre vertader es situa entre 0,926 i 0,961, i el valor de la proporció de replicacions pel qual el paràmetre té un nivell de significació del 95% és superior al 0,80. En canvi, quan es considera la simulació del segon escenari (àrea metropolitana de petites dimensions), els resultats del test d'invariància no són del tot satisfactoris. D'una banda, el biaix dels errors estàndard dels paràmetres són superiors a un 5% en tots els casos. D'altra banda, l'interval de valors de la proporció de les replicacions pel qual l'interval de confiança del 95% conté el valor del paràmetre vertader es situa entre 0,688 i 0,794, i el valor de la proporció de replicacions pel qual el paràmetre té un nivell de significació del 95% és molt inferior a 0,80.

No obstant, aquests resultats del test d'invariància, quan es considera l'escenari d'una àrea metropolitana de petites dimensions, tenen el seu fonament teòric i, per tant, no suposen un problema per a la validació dels resultats obtinguts en els diferents models d'equació estructural Bayesianes estimats prèviament. Segons la literatura acadèmica (vegeu, p. ex., [Arribas-Bel i Sanz-Garcia, 2014](#); [McMillen i Smith, 2003](#)), una estructura policèntrica es forma en una àrea metropolitana quan aquesta és suficientment gran; en el cas contrari, és a dir, en àrees metropolitanes de petites dimensions, l'estructura espacial metropolitana dominant és la monocèntrica, perquè és la que genera els majors beneficis d'aglomeració sense experimentar encara costos d'aglomeració importants.

§ 3.5 Conclusió i discussió

Aquest capítol s'ha concentrat en examinar fins a quin cert punt l'estructura metropolitana policèntrica de Barcelona afecta els patrons de mobilitat agregada de les persones. La pregunta de recerca que ha servit de guia per assolir aquest objectiu ha estat: En quina mesura el policentrisme fomenta un major ús del transport públic, un menor temps i distància de viatge, així com també menors emissions de CO₂ del transport, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial? Per tal de respondre adequadament aquesta pregunta de recerca, aquest estudi ha proposat un model conceptual i ha aplicat un marc empíric que poden abordar els problemes i biaixos identificats en la literatura existent, aportant així un millor coneixement de les raons per les quals hi ha hagut discrepàncies sobre els efectes del policentrisme en els patrons de mobilitat, en els estudis acadèmics realitzats fins a la data.

El model conceptual ha contribuït a la identificació de les relacions complexes entre el policentrisme i les activitats (temps de mitjana de viatge, distància de mitjana de viatge, proporció de viatges amb transport públic) o externalitats (emissions de mitjana de CO₂ del transport) de la mobilitat agregada considerades en aquest estudi. Aquestes relacions inclouen tant efectes directes com efectes indirectes, com a conseqüència de la influència del policentrisme, p. ex., en els atributs del medi construït (p. ex.,

densitat de llocs de treball i presència de facilitats urbanes). A més, el model conceptual ha considerat els efectes directes i indirectes dels atributs sociodemogràfics i de l'habitatge dels municipis, com també els efectes directes i indirectes dels atributs del medi construït (p. ex., diversitat de l'ús del sòl i millores en la infraestructures) en les quatre dimensions de la mobilitat agregada mencionades més amunt.

Aquest estudi és el primer en utilitzar el modelatge d'equació estructural Bayesiana en l'àmbit de recerca sobre els efectes del policentrisme en els patrons de mobilitat agregada. L'aplicació d'aquest marc empíric permet identificar i estimar relacions causals complexes, a la vegada que permet aprofitar millor el coneixement que es té sobre els paràmetres d'un model economètric, ja que simula les distribucions posteriors dels paràmetres en base a la seva distribució a priori i a la funció de versemblança avaluada, fent servir les dades observades, conduint així cap a una obtenció dels paràmetres més robusta i amb menys biaix.

Tant el model conceptual com el marc empíric, estenen el coneixement actual sobre com el policentrisme exerceix un impacte en l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes a partir de considerar—tal i com el [capítol 2](#) d'aquesta tesi i [Masip-Tresserra \(2016\)](#) proposa—en primer lloc, els centres que defineixen una estructura policèntrica metropolitana en lloc d'adoptar una definició generalista d'aquesta estructura metropolitana on els seus centres no són identificats i, en segon lloc, les dimensions diferents d'una estructura espacial policèntrica que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana—específicament, aquestes dimensions són (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica als centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial).

L'anàlisi empírica sobre els patrons de mobilitat agregada ha emfatitzat, principalment, que una estructura metropolitana policèntrica està positivament associada a temps i distàncies de mitjana de viatge més curts, amb menors emissions de mitjana de CO₂ del transport, i amb un major ús del transport públic. Els resultats dels models d'equació estructural Bayesians indiquen que, tant la proximitat als centres, com el tipus de ciutat (això és, considerant l'efecte de la diferent mida poblacional dels centres, de les ciutats veïnes als centres, i de les àrees perifèriques) i el tipus d'interacció (això és, considerant l'efecte de la integració i centralitat de xarxa dels vincles possibles entre aquests tres tipus de localitzacions citats més amunt) exerceixen un efecte total considerable i estadísticament significatiu en el temps de mitjana de viatge, en la distància de mitjana de viatge, en les emissions de mitjana de CO₂ del transport, i la proporció de viatges amb transport públic. Malgrat que la magnitud dels efectes nets del policentrisme és rellevant, però una mica inferior a la dels atributs sociodemogràfics i de l'habitatge dels municipis (p. ex., la del tipus d'habitatge: concentració d'habitatges de segona residència) quan s'han considerat els efectes de la proximitat als centres i per tant, la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns; les magnituds dels efectes nets del policentrisme són similars o, en algunes dimensions de la mobilitat (p. ex., emissions de CO₂ relacionades amb el transport), més grans, quan els efectes de la mida dels centres s'han considerat i encara una mica més, quan s'han considerat els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració.

D'altra banda, els resultats dels models ajustats han mostrat que és essencial considerar els efectes directes i indirectes del policentrisme intercedit pels atributs del medi construït (p. ex., densitat de llocs de treball), per tal de no subestimar els seus efectes totals. Els efectes indirectes significatius de la proximitat als centres representen aproximadament entre un 46,67% a un 66,10% dels efectes totals del policentrisme, mentre que els de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració comptabilitzen al voltant d'un mínim d'un 57,77% i d'un màxim d'un 93,04%. Al seu torn, els efectes indirectes significatius de la mida dels centres representen aproximadament des d'un 60,17% a un

89,14% dels efectes totals. Aquests resultats són, doncs, d'importància, ja que demostren empíricament que la mobilitat agregada de les persones està cada cop més connectada a l'estructura metropolitana, ja que els atributs del medi construït de les localitzacions, com ara la densitat de llocs de treball i la presència de facilitats urbanes, estan influenciats per l'existència de múltiples centres en una regió metropolitana, és a dir, per les economies d'aglomeració dels centres i de la dispersió espacial d'aquestes a través del territori metropolità. Dit d'una altra manera, aquests resultats, p. ex., mostren que les àrees més pròximes als centres, en comparació amb les àrees perifèriques, presenten un major nivell de densitat de llocs de treball, de diversitat de l'ús del sòl, de presència de facilitats urbanes, i de proporció de llocs de treball per habitatge. Això, al seu torn, condueix cap a un major benefici pels residents d'aquestes àrees més pròximes als centres, ja que la major compacitat, mixticitat dels usos del sòl, concentració de funcions urbanes, i proximitat entre les funcions econòmiques i residencials d'aquestes, dona com a resultat temps i distàncies de mitjana més curts, emissions de mitjana de CO₂ del transport menors, i una major competitivitat del transport públic. Per descomptat, tal i com els resultats dels models d'equació estructural Bayesianes han indicat, aquests beneficis són majors pels residents dels centres.

En resum, aquests resultats fonamenten empíricament la idea que el desenvolupament territorial policèntric en una regió metropolitana influencia de forma significativa els reptes socials i ambientals de la mobilitat de les persones per tal de reduir les distàncies i temps de viatge, promoure l'ús de mitjans de transport més sostenibles, i mitigar la contribució de l'impacte ambiental del transport al canvi climàtic. A més, es pot concloure que la dimensió més important d'una estructura policèntrica per fomentar un patró de mobilitat socialment i ambientalment més eficient és, generalment, el tipus d'interacció, seguit pel tipus de ciutat que, a la vegada, és més important que la proximitat als centres.

3.5.1 Implicacions per a polítiques de planificació territorial

Els resultats empírics obtinguts són importants per a la planificació territorial, doncs informen sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial. En particular, els efectes estimats (elasticitats totals, directes, i indirectes) de la relació entre policentrisme i patrons de mobilitat agregada poden ésser utilitzats a manera d'evidència informada per arquitectes, urbanistes, i legisladors de política pública, amb l'objectiu d'elaborar recomanacions de desenvolupament territorial per a la regió metropolitana de Barcelona que abordin els reptes socials i ambientals de la mobilitat (p. ex., mitigació i adaptació al canvi climàtic). Aquestes recomanacions, al seu torn, poden abordar les deficiències dels plans territorials que no han avaluat empíricament les implicacions econòmiques, socials, i ambientals de la seva estratègia de desenvolupament territorial—aquest és el cas del Pla Territorial Metropolità de Barcelona (PTMB) de l'any 2010 tal i com [Masip-Tresserra \(2016\)](#) emfatitza. Tres grans directrius d'evidència informada per a les polítiques de planificació territorial poden ser formulades en aquest sentit.

En primer lloc, la promoció d'estratègies de ciutat compacta ('compact city' en anglès) i/o desenvolupament orientat al transport públic ('transit-oriented development' en anglès), que es tradueixen principalment en la densificació i el desenvolupament d'usos mixtes en àrees dins d'un radi menor a un 1 km al voltant d'estacions existents o noves de transport públic, són molt més efectives en termes tant de reduir les distàncies i temps de viatge i les emissions de CO₂ del transport com d'augmentar l'ús del transport públic, quan aquestes estratègies són implementades en els centres existents. Per tant, sembla raonable que els legisladors de política pública haurien de concentrar els desenvolupaments previstos en la ciutat central i en els altres 12 centres (secundaris) identificats per [Masip-Tresserra \(2016\)](#) per tal d'assolir els objectius 4 i 13 del Pla Territorial Metropolità de Barcelona de l'any 2010 que diuen el següent: "...*facilitar el desenvolupament del transport públic*" i "*proporcionar una major concentració del transport públic a través de promoure una estructura nodal i compacte del sistema d'assentaments urbans*" (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2010](#)). També, per

assolir l'objectiu 12 del mateix Pla que expressa el següent: "*fer de la mobilitat un dret...pels ciutadans; els objectius primordials són incrementar l'accessibilitat i disminuir les distàncies i temps de viatge*" (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2010](#)).

En segon lloc, la implementació d'estratègies de ciutat compacta i/o desenvolupament orientat al transport públic es pot localitzar alternativament en les ciutats veïnes als centres, doncs, tal i com els resultats empírics mostren, aquestes àrees més pròximes geogràficament als centres són les que treuen més profit de la dispersió espacial de les economies d'aglomeració dels centres envers als seus entorns. Els actors d'elaborar polítiques de planificació territorial haurien de considerar, però, que com més lluny es localitzen els desenvolupaments urbans dels centres més probable és que augmentin els costos socials de la mobilitat (distància i temps de viatge), les emissions de CO₂ del transport, i la competitivitat relativa del transport privat. També haurien de tenir en compte que un excés de nous desenvolupaments urbans a l'entorn de la ciutat central de Barcelona pot conduir cap a efectes contradictoris, doncs els resultats empírics han indicat la presència de congestió al llarg dels eixos de transport radials cap a la ciutat central de Barcelona, cosa que es tradueix en temps de viatge més llargs per les persones que es desplacen diàriament cap a ella.

En tercer lloc, el desenvolupament i millores en la xarxa d'infraestructures del transport també podrien ser prioritzades amb el propòsit d'estimular un major ús del transport públic, i assolir distàncies de viatge, temps de viatge, i emissions de CO₂ del transport menors. En base als resultats empírics, sembla raonable prioritzar aquelles propostes d'infraestructures del Pla Territorial Metropolità de Barcelona de l'any 2010 (vegeu [capítol 4](#) en l'estudi de [Masip-Tresserra, 2016](#)) o d'altres que poden millorar més eficientment la connectivitat dins i entre els centres. De fet, la magnitud de les elasticitats netes dels models d'equació estructural Bayesianes simulats, mostren que els procés de metropolitanització condueix cap a un patró de mobilitat més sostenible, quan es tradueix en una major integració entre els centres d'una àrea metropolitana, en lloc de quan està lligat a una major integració entre àrees perifèriques. Entre aquestes possibilitats per polítiques d'infraestructures, l'estratègia de millorar la connectivitat entre els centres secundaris sembla la més apropiada, doncs no només promou un major ús del transport públic, sinó que també podria reduir la congestió relacionada amb l'accessibilitat cap i des de la ciutat central (això són, els viatges radials).

En certa mesura, aquestes tres directrius d'evidència informada aporten nova llum en com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial. No obstant, més exploracions empíriques sobre la relació entre policentrisme i eficiència territorial en les àrees metropolitanes és necessària, p. ex., amb relació a com mitigar i adaptar el canvi climàtic. En aquest sentit, el següent [capítol 4](#) aborda les relacions causals entre el policentrisme i l'ús d'energia residencial.

4 Policentrisme i ús d'energia residencial

§ 4.1 Introducció

4.1.1 Descripció del Problema d'investigació

L'escalfament global i el conseqüent canvi climàtic, causat principalment per les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH), és un dels reptes actuals de caràcter global més importants que les societats han d'afrontar. Les línies d'actuació definides, per exemple, en el Protocol de Kyoto i en les successives Conferències de les Parts (COP, per les sigles en anglès) per tal d'abordar el problema del canvi climàtic s'han focalitzat en comparar la intensitat relativa d'energia i d'emissions de CO₂ de diferents economies, així com també en identificar les condicions econòmiques i tecnològiques, els estils de vida, i les polítiques públiques que han fet reduir o proliferar les emissions de CO₂.

Gran part de les polítiques públiques actuals i proposades sobre mitigació i adaptació del canvi climàtic confien en solucions tecnològiques i de mercat, per exemple, la promoció de combustibles amb baix contingut de carboni o d'impostos sobre el carboni (vegeu [UNEP, 2015](#)). No obstant, estudis recents (p. ex., [Brown et al., 2009](#); [Ewing i Rong, 2008](#); [Johansson, 2009](#); [Morrow et al., 2010](#)) posen de relleu que les solucions tecnològiques i de mercat per si soles, sense moderar la demanda d'energia, difícilment podrien assolir els objectius de reducció de les emissions de GEH establerts per diverses directives d'àmbit estatal i internacional (p. ex., un 17% i un 20% menys d'emissions de GEH en els Estats Units i a la Unió Europea respectivament, considerant l'horitzó de l'any 2020). D'altra banda, els avanços tecnològics podrien, també, no ser prou importants per complir el repte de generar un estalvi de GEH per a la millora de l'eficiència energètica, a la vegada que part dels seus beneficis no fossin compensats per més consum energètic (vegeu, p. ex., [Johansson, 2009](#); [Sorrell et al., 2009](#)).

La reducció del consum energètic mitjançant canvis en el comportament de les persones representa una oportunitat per mitigar les emissions de GEH, més enllà de les solucions tecnològiques i de mercat, doncs s'enfoquen en la demanda d'energia. A més, aquesta opció és altament recomanable pel fet que les llars, com a sector de generació d'emissions de GEH, representen el 54% i el 46% del total de les emissions de CO₂ dels Estats Units i d'Europa, procedents de la combustió de combustibles fòssils, combinant les emissions del sector residencial (21% i 20%) i del transport (33% i 26%) (vegeu [European Environment Agency, 2015](#); [U.S. Environmental Protection Agency, 2015](#)).

Mentre que diversos factors, com ara el preu de l'energia, els ingressos i el clima, han estat tradicionalment identificats per la literatura acadèmica com a predictors del consum d'energia de les llars, un nombre creixent d'estudis recents ha identificat el rol de la forma urbana envers l'assoliment d'estils de vida amb baix contingut de carboni, incloent, per exemple, un major ús del transport públic amb relació al transport privat, una distància de viatge per motius laborals i personals més curta, i una selecció d'habitatge energèticament més eficient. Malgrat que l'impacte de la forma urbana en l'ús d'energia pel transport ha estat àmpliament estudiat (vegeu, p. ex., [Camagni et al., 2002](#); [Cirilli i Veneri, 2014a](#); [Masip-Tresserra, 2016](#); [Muñiz i Galindo, 2005](#); [Travisi et al., 2010](#); [Veneri, 2010](#); [Veneri i Bungalassi, 2012](#)), el seu impacte en l'ús d'energia residencial no ho ha estat tant. A més, els estudis que han examinat empíricament la relació entre la forma urbana i l'ús d'energia residencial no han conduït encara cap a

resultats concloents. Per exemple, alguns d'aquests estudis il·lustren com una major densitat residencial redueix les emissions de GEH ja que els habitatges en àrees compactes són més petits i estan localitzats en edificis plurifamiliars, implicant requeriments d'energia més baixos que els habitatges unifamiliars freqüentment localitzats en àrees disperses (Brown et al., 2005; Ewing i Rong, 2008; Stone i Rodgers, 2001). D'altres estudis, però, indiquen que la densitat residencial està positivament relacionada amb un major consum d'energia residencial (Makido et al., 2012; Perkins et al., 2009) o, fins i tot, que els seus efectes no són estadísticament significants (Wilson, 2013; Yin et al., 2013).

En aquest context, el coneixement sobre la importància dels processos d'urbanització d'àrees metropolitanes, i en concret del policentrisme (estructura metropolitana basada en més d'una ciutat identificada com a centre), en la reducció de les emissions de GEH del sector residencial, és encara més escàs i ambigu, malgrat l'existència d'estudis que suggereixen el paper important de les ciutats com a facilitadors d'una transició cap a una economia verda (p. ex., Glaeser i Kahn, 2010; UN-Habitat, 2009, 2011). Per exemple, el desenvolupament policèntric en àrees metropolitanes podria mitigar potencialment els efectes de l'illa de calor urbana²⁰ mitjançant la preservació de més espais naturals protegits entre els diferents centres de l'estructura metropolitana. No obstant, els estudis que fins a la data han analitzat empíricament els efectes del policentrisme en les emissions de GEH del sector residencial, conclouen que el policentrisme exerceix un rol poc rellevant en la reducció de les emissions (Lee i Lee, 2014) o, fins i tot, que en fomenta la seva proliferació (Burgalassi i Luzzati, 2015).

4.1.2 Motivació i objectiu de la recerca

Abordar el vincle entre policentrisme i ús d'energia residencial pot, per tant, aportar nova llum pel que fa a si el policentrisme té els efectes positius assumits en l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes i, en particular, amb relació a la sostenibilitat ambiental (vegeu [secció 2.2](#) en el [capítol 2](#)). També, aquesta recerca té importants implicacions per a la planificació territorial i l'elaboració de polítiques públiques, ja que la mitigació i adaptació del canvi climàtic i, per tant, la conseqüent necessitat de reduir el consum d'energia residencial, ha esdevingut una de les principals preocupacions pels professionals de la planificació territorial (p. ex., arquitectes i urbanistes) i pels legisladors de política pública d'organismes governamentals. És a dir, els resultats d'aquesta investigació també aporten un coneixement útil sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial (vegeu [Figura 1.4](#) en la introducció d'aquesta tesi). Més específicament: els efectes estimats del policentrisme en l'eficiència territorial poden ésser utilitzats a manera d'evidència informada amb l'objectiu d'elaborar un conjunt de directrius per a les polítiques de planificació territorial; aquestes podrien ésser d'interès pels autors de plans territorials per a àrees metropolitanes a causa de l'habilitat d'aquestes recomanacions d'ajudar a assolir els objectius dels plans territorials, per exemple, amb relació a la reducció del consum d'energia de les llars.

L'objectiu d'aquest capítol és, per tant, contribuir a la discussió sobre el policentrisme i l'ús d'energia residencial a través de respondre la següent pregunta de recerca específica (vegeu [secció 1.5](#) en el [capítol 1](#)): En quina mesura el policentrisme redueix les emissions de CO₂ dels habitatges, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial? Així doncs, aquest capítol explora la intensitat amb què l'estructura metropolitana policèntrica de la regió metropolitana de Barcelona influeix, a través del comportament de les persones que formen les llars, en la presència d'emissions de GEH del sector residencial.

4.1.3 Contribucions

4.1.3.1 A la literatura

Per tal d'abordar adequadament la pregunta de recerca, aquest estudi aplica un marc empíric d'acord amb la proposta d'un model conceptual que descriu més acuradament les relacions compostes (directes i indirectes) i causals entre el policentrisme i el consum d'energia residencial. Aquest model conceptual per si mateix contribueix a la literatura, doncs a partir de considerar models teòrics sobre forma urbana i energia d'estudis previs (p. ex., [Ewing i Rong, 2008](#)) aporta un millor coneixement de les raons per les quals hi han discrepàncies en la literatura amb relació als efectes del policentrisme en les emissions de CO₂ del sector residencial. Tant el model conceptual com el marc empíric que se'n deriva, també incorpora i quantifica, per exemple, els impactes dels atributs de la forma urbana, les característiques dels habitatges (p. ex., mida i tipus), i els atributs sociodemogràfics dels membres de les llars a partir d'utilitzar les bases de dades disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona.

El marc empíric combina el modelatge multinivell ('multilevel modeling' en anglès), el modelatge d'equació estructural ('structural equation modeling' en anglès) i l'aproximació Bayesiana a la inferència estadística en un marc empíric unificat, que és definit com a modelatge d'equació estructural multinivell Bayesiana ('Bayesian multilevel structural equation modeling' en anglès) per la literatura economètrica (vegeu, p. ex., [Muthén i Asparouhov, 2012](#)). Aquest mètode no ha estat utilitzat encara per estudiar la relació entre el policentrisme i el consum d'energia residencial, malgrat els seus grans avantatges.

El modelatge multinivell aborda els problemes potencials d'estimació amb biaix quan s'utilitzen dades jeràrquiques (p. ex., llars agrupades en municipis) i, per tant, habilita la present investigació de controlar adequadament l'agregació de factors a diferents nivells geogràfics. El modelatge d'equació estructural, permet l'ús d'un gran nombre de variables endògenes i exògenes per tal d'identificar, desllorigar, i simultàniament estimar relacions causals complexes. Per tant, l'ús del modelatge d'equació estructural contribuirà a considerar, per exemple, els efectes compostos (directes i indirectes) del policentrisme en el consum d'energia residencial, i la relació entre la selecció de diferents tipus d'habitatge (p. ex., plurifamiliar) i els atributs sociodemogràfics dels membres de la llar. L'aproximació Bayesiana, al seu torn, permet aprofitar millor el coneixement que es té sobre els paràmetres d'un model economètric ja que simula les distribucions posteriors dels paràmetres en base a la seva distribució a priori i a la funció de versemblança avaluada, fent servir les dades observades i, per tant, permet realitzar inferències causals on l'obtenció dels paràmetres és més robusta i amb menys biaix en comparació a quan s'utilitza el mètode estàndard de Màxima Versemblança Robusta ('Robust Maximum Likelihood' en anglès).

Aquest capítol, finalment, també contribueix a la literatura en la mesura que estén el coneixement actual sobre com el policentrisme exerceix un impacte en l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes, a partir de considerar (i estendre) el marc conceptual proposat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#) amb l'objectiu de permetre una examinació àmplia dels efectes del policentrisme. L'aplicació (i extensió) d'aquest marc conceptual implica considerar en el plantejament d'aquesta recerca els següents dos aspectes. En primer lloc, la consideració de la definició de centre proposada per [op. cit.](#) en lloc d'adoptar una definició generalista d'estructura policèntrica metropolitana, on els seus centres no són identificats i, per tant, una definició que obstaculitza una anàlisi empírica acurada dels efectes del policentrisme. D'aquesta manera, aquest capítol utilitza els 13 centres identificats en la regió metropolitana de Barcelona per [op. cit.](#) i que han resultat ser, en comparació a altres centres identificats en la mateixa regió però considerant altres definicions, les ciutats que tenen el nivell més alt d'economies d'aglomeració i que projecten les ombres d'aglomeració de més ample abast (espacialment) i més potents sobre els seus entorns (vegeu [capítol 5](#) de l'[op. cit.](#)). Una definició de centre equivalent a aquesta, tal i com s'ha argumentat en el [capítol 2](#), seria que els centres són aquelles ciutats que tenen el nivell més

alt d'economies d'aglomeració en una àrea metropolitana i que millor exploten la mida local dels seus entorns i la d'altres ciutats, mitjançant la seva integració en xarxes a múltiples escales (p. ex., metropolitana, regional i internacional), per obtenir majors externalitats d'aglomeració que les que s'esperaria en base a la seva mida local.

En segon lloc, la utilització de l'aproximació teòrica proposada en el [capítol 2 \(secció 2.3\)](#)²¹ amb relació a la mesura de l'impacte del policentrisme; aquesta sosté que la consideració de quatre dimensions diferents d'una estructura espacial policèntrica, que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana—específicament, (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica als centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial)—permet extreure conclusions més àmplies sobre els efectes del policentrisme. Seguint el marc teòric proposat en el [capítol 2](#) i l'[op. cit.](#) aquest estudi tradueix les tres primeres de les quatre dimensions d'una estructura policèntrica²² en un marc empíric, a partir d'examinar els efectes (1) d'estar localitzat en els centres, (2) d'estar localitzat a prop dels centres, i (3) dels patrons d'interacció entre els centres a l'escala metropolitana. A més, és important destacar que, quan s'estudia la relació entre policentrisme i consum d'energia residencial, la consideració d'aquests tres efectes permet a aquest capítol examinar, per primera vegada en la literatura, l'impacte de la mobilitat residencial en l'ús d'energia: p. ex., els efectes d'estar orientat cap els centres poden indicar si les dinàmiques de migració i de re-localització de la població cap els centres condueixen a una reducció de les emissions de GEH del sector residencial a través del temps (vegeu, p. ex., [Coulter et al., 2016](#) per accedir a una revisió general de la literatura acadèmica sobre la mobilitat residencial).

4.1.3.2 A les polítiques públiques

Les emissions de CO₂ del sector residencial representen una part important del total d'emissions ocasionades per processos d'energia, tant a Europa com a Catalunya. En el context català, el consum d'energia residencial causa el 18,5% de les emissions, comptabilitzant poc més de 5,3 milions de tones durant l'any 2013. A més, les emissions del sector residencial, en comparació a les emissions d'altres sectors—p. ex., del transport o de les indústries del sector energètic—són les que més han crescut en termes relatius des del 1990 i les que menys s'han reduït durant el darrer període del qual es disposa d'informació estadística, és a dir, entre el 2008 i el 2013. En concret, les emissions de CO₂ del sector residencial representen un 62,7% més l'any 2013 en comparació al 1990, a la vegada que només s'han reduït en un 9,7% durant l'últim període de 5 anys; això és més del doble amb relació a les emissions del segon sector (indústries del sector energètic) que més han crescut (+28,9%) des del 1990, i menys de la meitat de les emissions del segon sector (transport) que menys s'han reduït (-23,1%) des del 2008.

En vista del rol important del sector residencial en termes relatius envers les emissions de CO₂, l'anàlisi empírica sobre l'ús d'energia residencial que aquest capítol es proposa tractar, pot ser d'interès per a organismes governamentals de Catalunya, doncs els resultats d'aquesta anàlisi poden reforçar les línies d'actuació definides en el Protocol de Kyoto i en les Conferències de les Parts; en concret amb relació a l'elaboració de polítiques públiques encaminades a reduir les emissions de CO₂ en els propers anys. En

21 Aquesta aproximació, estén l'aproximació teòrica proposada anteriorment per [Masip-Tresserra \(2016\)](#).

22 La quarta dimensió del marc proposat en el [capítol 2](#) 'patrons d'interacció entre centres a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial)' no ha estat possible considerar-la en l'anàlisi empírica d'aquest capítol a causa de la manca de dades disponibles per a tots els centres i la resta de municipis de la regió metropolitana de Barcelona.

aquest sentit, els resultats empírics d'aquest estudi poden contribuir en l'elaboració de polítiques públiques enfocades a la mitigació i adaptació del canvi climàtic a Catalunya en els següents dos aspectes principals.

En primer lloc, els resultats empírics sobre el consum d'energia residencial—que mostren el rol de diversos factors amb relació a les característiques dels habitatges, dels membres de la llar i dels assentaments urbans envers la proliferació d'emissions de CO₂—podrien ser incorporats en l'elaboració dels plans territorials (p. ex., del Pla Territorial Metropolità de Barcelona) ja que els seus objectius i propostes d'actuació no han considerat encara com abordar la reducció d'emissions de GEH. En concret, els efectes estimats del policentrisme, és a dir, elasticitats i prediccions Bayesiana Empírica, indiquen respectivament la magnitud de la influència de l'estructura metropolitana policèntrica i quins assentaments urbans (p. ex., centres) són comparativament més eficients en la reducció d'emissions; per tant, mostren com les propostes d'actuació dels plans territorials amb relació als assentaments urbans es podrien elaborar per tal d'abordar el problema del canvi climàtic. En aquest sentit, el fet que es dugui a terme també en aquest capítol una anàlisi de sensibilitat dels resultats empírics mitjançant l'ús de simulació Monte Carlo, permet controlar adequadament l'existència de variàncies en els efectes estimats quan es considera, com és el cas d'aquesta tesi, un cas únic d'estudi (la regió metropolitana de Barcelona).

En segon lloc, els resultats d'aquesta investigació i les directrius d'evidència informada per a les polítiques de planificació territorial que se'n derivin, podrien ser d'utilitat per a la futura 'Llei del Canvi Climàtic' de la Generalitat de Catalunya que en aquests moments està en fase d'avantprojecte (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2015](#)). En concret, els resultats empírics sobre el consum d'energia no només estan d'acord amb els plantejaments del capítol 3 ('Integració dels objectius de la llei en les polítiques sectorials'), article 22 ('Urbanisme i habitatge') de l'avantprojecte de llei, sinó que també podrien, depenent de la magnitud dels efectes de l'estructura urbana en les emissions de GEH, entreveure la necessitat d'incloure el policentrisme com a principi d'organització territorial en l'articulat de la futura llei.

4.1.4 Organització del capítol

La resta del capítol està organitzat de la següent manera. La [secció 4.2](#) explica el model conceptual i les seves hipòtesis subjacents, mentre que la [secció 4.3](#) tradueix el model i les hipòtesis en un marc empíric, i explica també les bases de dades i variables utilitzades. La [secció 4.4](#) presenta els resultats de l'anàlisi empírica sobre l'ús d'energia residencial. Finalment, la [secció 4.5](#) exposa les conclusions principals i explica com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial.

§ 4.2 Model conceptual i hipòtesis

Aquesta secció proposa un model conceptual que identifica les relacions entre les emissions de CO₂ de l'habitatge com a conseqüència del consum/ús d'energia residencial i factors en relació al policentrisme, als atributs de la forma urbana, a les temperatures locals, als atributs sociodemogràfics dels membres de la llar, i a les característiques de l'habitatge. L'estructura del model conceptual, sobre el qual es fonamenta l'aplicació del marc empíric exposat a la [secció 4.3](#), es presenta en la següent [Figura 4.1](#). Els vincles establerts entre els factors esmentats anteriorment i les hipòtesis plantejades que els recolzen, són explicats a continuació, mitjançant una sèrie de subseccions. Aquestes subseccions expliquen, primer, les relacions que apareixen a la part superior de la [Figura 4.1](#), i posteriorment, desenvolupen els vincles representats a la part inferior. A més, aquestes subseccions desenvolupen aquells vincles

amb relació a l'ús d'energia residencial, policentrisme i atributs de la forma urbana que no han estat encara analitzats (vegeu els vincles de la [Figura 4.1](#) representats en color blau), però l'anàlisi dels quals pot aclarir les raons per les quals els estudis actuals sobre els determinants del consum d'energia residencial no han conduït encara cap a resultats concloents sobre els seus efectes.

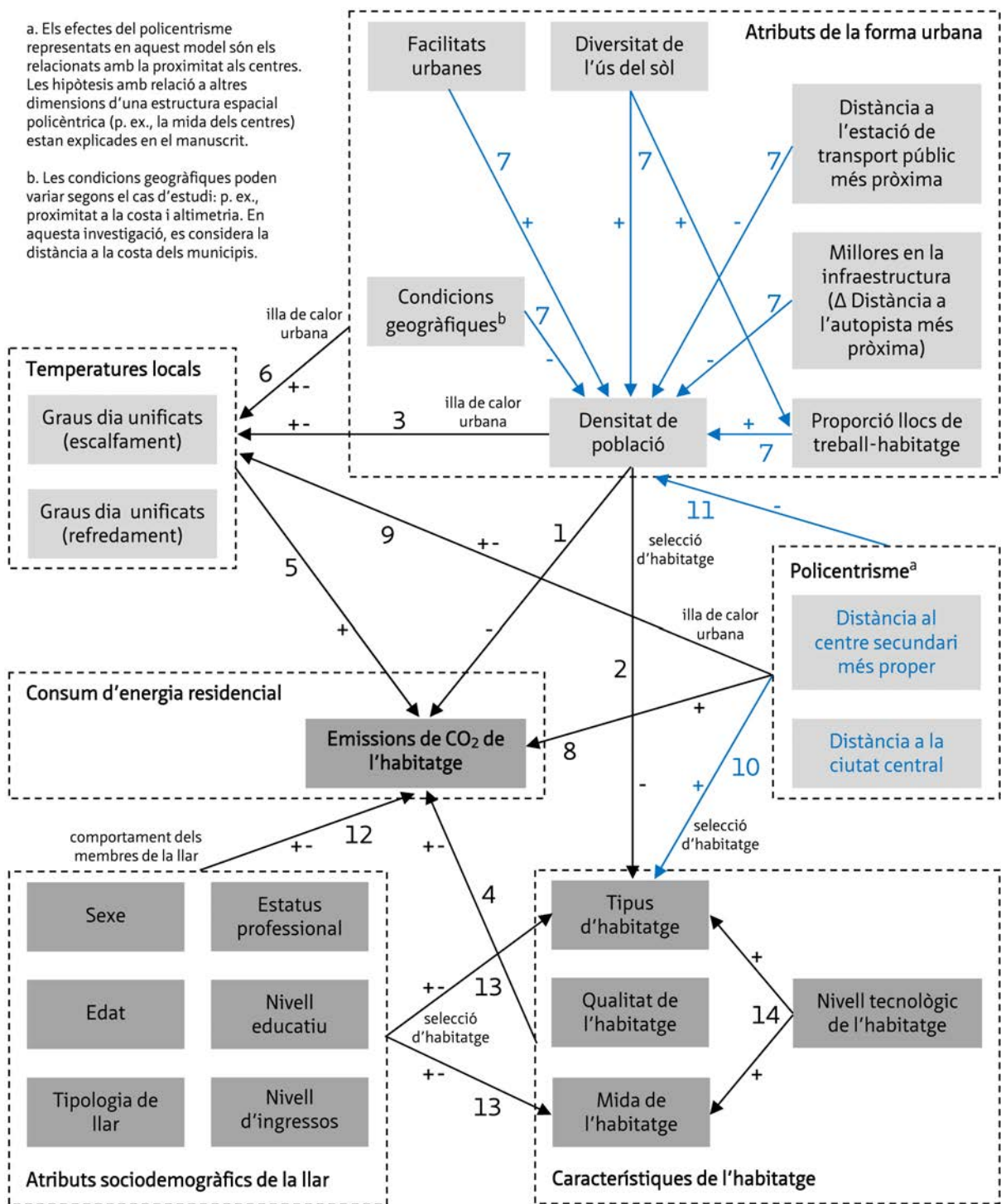


FIGURA 4.1 Model conceptual per avaluar el consum d'energia residencial: relacions clau (amb hipòtesis plantejades) entre els principals determinants

Nota(es): les fletxes (i els símbols) en blau representen les relacions directes o indirectes (amb hipòtesis plantejades) que no han estat encara analitzades empíricament en la literatura acadèmica.

4.2.1 Atributs de la forma urbana, temperatures locals i característiques de l'habitatge

4.2.1.1 Vincles existents en la literatura

Les connexions entre la forma urbana i les emissions de CO₂ s'han estudiat en l'àmbit de la recerca sobre el consum d'energia dels edificis (vegeu, p. ex., les excel·lents revisions de l'estat de l'art realitzades per [Anderson et al., 2015](#); [Andrews, 2008](#); [Brown et al., 2005](#); [Ko, 2013](#); [Rickwood et al., 2008](#); [Zhang et al., 2015](#)). D'acord amb els vincles estudiats en la literatura actual i considerant el model teòric proposat per [Ewing i Rong \(2008\)](#) com a referència, la forma urbana pot afectar l'ús d'energia residencial mitjançant tres seqüències casuals: (1) els efectes directes amb relació a les pèrdues per transmissió i distribució elèctrica, (2) els efectes indirectes a través de les característiques dels habitatges, i (3) els efectes indirectes mitjançant la formació de l'illa de calor urbana (vegeu vincles causals 1, 2-4, i 3-5 en la [Figura 4.1](#)).

La primera seqüència casual formula la hipòtesi que la pèrdua de transmissió i distribució elèctrica és més gran en àrees disperses poc denses. Aquesta proposició ha estat empíricament verificada per una àmplia gamma d'estudis en diversos contextos geogràfics com ara en els Estats Units ([Brown et al., 2005, 2009](#); [Glaeser i Kahn, 2010](#); [Ko i Radke, 2014](#); [Lee i Lee, 2014](#)), a Europa ([Holden i Norland, 2005](#)), a Austràlia ([Wiedenhofer et al., 2013](#)), i a l'Àsia ([Chen et al., 2008, 2011](#)). No obstant, la magnitud dels efectes de la densitat de població en les emissions de CO₂ a causa de l'ús d'energia residencial varia significativament segons el context geogràfic. Per exemple, mentre que els estudis de [Lee i Lee \(2014\)](#) i [Brown et al. \(2009\)](#) mostren com, doblant la densitat de població en les 125 àrees urbanes i les 100 àrees metropolitanes més grans dels Estats Units, respectivament, condueix cap a una reducció de les emissions de CO₂ del 35% i del 47%; l'estudi de [Wiedenhofer et al. \(2013\)](#) il·lustra com aquesta elasticitat és només del 2%, considerant les àrees urbanes de Brisbane, Sydney, Canberra, i Melbourne. A més, altres estudis mostren com la densitat de població està positivament relacionada amb un major nivell d'emissions ([Baur et al., 2014](#); [Li et al., 2015](#); [Makido et al., 2012](#)) o fins i tot que els seus efectes no són significants ([Kahn, 2000](#); [Wilson, 2013](#); [Yin et al., 2013](#)).

La segona seqüència casual formula la hipòtesi que els habitatges localitzats en àrees més denses, a causa, principalment, de la seva mida i tipus, freqüentment tenen requeriments d'energia més baixos. En concret, la literatura teoritzava, d'una banda, que les llars en habitatges plurifamiliars—caracteritzades per murs comuns i sovint amb una superfície més petita—consumeixen menys energia per escalfar i refredar l'espai de la llar que els habitatges unifamiliars adossats, un cop s'ha controlat el nivell tecnològic i la qualitat de l'habitatge, a la vegada que els habitatges unifamiliars aïllats requereixen més energia que els unifamiliars adossats de la mateixa mida, doncs disposen d'una àrea de superfície exposada més gran (vegeu, p. ex., [Brown et al., 2005](#); [Li i Sweeney, 2012](#); [Rode et al., 2014](#)). D'altra banda, la literatura apunta que els habitatges plurifamiliars estan freqüentment localitzats en àrees més denses mentre que els habitatges unifamiliars aïllats de gran mida es construeixen més sovint en àrees disperses de baixa densitat, a causa, principalment, de les condicions de mercat (p. ex., costos de construcció i disponibilitat i costos de sòl residencial) que afecten l'oferta d'habitatge: p. ex., rendes del sòl altes, sovint presents en àrees compactes, afavoreixen la construcció d'habitatges plurifamiliars, per tal d'obtenir un cost de producció per unitat econòmicament rendible (vegeu, p. ex., [Ewing i Rong, 2008](#); [Lee i Lee, 2014](#)).

Els estudis empírics han corroborat, generalment, tant aquests efectes directes de les característiques dels habitatges en el consum d'energia residencial com els de la densitat de població en la selecció dels habitatges, considerant el seu tipus i mida. Per exemple, els estudis de [Ko i Radke \(2014\)](#) i [Wilson \(2013\)](#) mostren que, doblar la mida de l'habitatge a Califòrnia i Illinois, respectivament, està associat amb un increment de les emissions de CO₂ a causa de l'ús d'energia residencial d'un 8,9% i d'un 7,4%, mentre que la investigació de [Ewing i Rong \(2008\)](#) il·lustra, tot considerant les àrees metropolitanes dels Estats Units com a cas d'estudi, que els membres d'un habitatge plurifamiliar consumeixen

aproximadament 4 i 2 cops menys d'energia per escalfar i refredar la seva llar respectivament que els membres d'un habitatge unifamiliar aïllat. D'altra banda, l'estudi de [Lee i Lee \(2014\)](#) emfatitza, per exemple, que doblant la densitat de població en les àrees urbanes dels Estats Units es redueix la mida de l'habitatge en un 7,7% i la probabilitat que aquest habitatge sigui unifamiliar aïllat en un 36,2%, implicant una reducció indirecta de les emissions de CO₂ del 13,5% (per refredar la llar) i del 9,3% (per escalfar la llar) a través del tipus d'habitatge i del 7,8% (per refredar) mitjançant la mida de l'habitatge. Es pot concloure, doncs, que els efectes indirectes de la densitat de població en les emissions de CO₂ del sector residencial, a través de la selecció d'habitatges energèticament més eficients, gaudeixen d'un suport raonable en la literatura existent.

La tercera seqüència casual formula la hipòtesis que la demanda d'energia en les àrees més denses i amb més població s'incrementa per refredar les llars durant l'estiu i es redueix per escalfar les llars durant l'hivern a causa dels efectes d'illa de calor urbana. És prou conegut en la literatura sobre energia i forma urbana (vegeu, p. ex., [Arnfield, 2003](#); [Dhakai, 2009](#); [Huang et al., 2013](#); [Oke et al., 1991](#)) que les activitats urbanes (p. ex., moure's amb vehicle o refredar/escalfar la llar) produeixen un residu de calor. L'efecte d'illa de calor urbana resultant s'estima que condueix cap un increment de la temperatura local de l'aire ([Ewing i Rong, 2008](#)) i del sòl ([Stone, 2007](#)) entre 1 a 3 °C i entre 0,5 a 5°C, respectivament, en les àrees urbanes, amb relació a les àrees rurals del seu entorn. La literatura també teoritza que aquest efecte, i consegüentment, la diferència entre les temperatures locals entre les àrees urbanes i rurals, augmenta amb la mida de les àrees urbanes en termes de població, a la vegada que produeix canvis en el nombre dels graus dia unificats d'escalfament o de refredament ('heating/cooling degree days' en anglès) per tal de donar cabuda a l'increment de la demanda energètica en les àrees urbanes. Els estudis empírics existents en la literatura (vegeu, p. ex., [Chen et al., 2011](#); [Lee i Lee, 2014](#); [Stone, 2007](#)) han corroborat que àrees urbanes amb més població condueixen cap a efectes d'illa de calor més intensos, produint un augment del consum d'energia residencial en les llars i, per tant, també un increment de les seves emissions de CO₂.

No obstant, els efectes de la densitat de població en les emissions de CO₂ dels habitatges a través de la formació d'illa de calor urbana han mostrat ésser més ambiguos en la literatura. Per exemple, l'estudi d'[Ewing i Rong \(2008\)](#) mostra com doblar la densitat de població causa un augment dels graus dia de refredament del 48% i una reducció dels graus dia d'escalfament del 21%, mentre que l'estudi de [Lee i Lee \(2014\)](#) emfatitza que els efectes de la densitat, no només són estadísticament insignificants, sinó que també presenten unes elasticitats de magnitud modesta. A més, la investigació de [Stone i Rodgers \(2001\)](#), considerant el cas d'estudi de la regió metropolitana d'Atlanta, posa de relleu que àrees de baixa densitat de població generen més efectes d'illa de calor urbana que no pas les àrees més denses, ja que els negatius efectes de la superfície construïda del seu parc residencial (p. ex., habitatges unifamiliars aïllats) no són compensats pels positius (p. ex., més zones verdes per habitatge). Aquests resultats no concloents entre la densitat urbana i la formació de l'illa de calor urbana suggereixen, per tant, més recerca empírica per tal de desenvolupar més eficientment els vincles indirectes de la densitat amb les emissions de CO₂ dels habitatges.

4.2.1.2 Reconciliació de la literatura

Malgrat que els efectes indirectes de les condicions geogràfiques (p. ex., àrees localitzades a la costa) en l'ús d'energia residencial via la formació de l'illa de calor urbana s'han considerat en la literatura (vegeu, p. ex., [Lee i Lee, 2014](#)), els estudis empírics fins a la data no han avaluat els efectes indirectes d'altres atributs de la forma urbana en les emissions de CO₂ dels habitatges via el seu impacte en la densitat de població (vegeu vincles causals 7-1, 7-3-5, i 7-2-4 en la [Figura 4.1](#)). Possiblement, la raó principal per la manca d'anàlisi d'aquesta seqüència casual en la literatura és la falta d'integració entre la literatura sobre els efectes de la densitat en l'àmbit de l'economia urbana i la literatura sobre els efectes de la densitat en el camp de la

geografia humana i del transport. Mentre que els estudis en l'àmbit de l'economia urbana han considerat la densitat com a variable endògena per tal d'avaluar empíricament els models teòrics policèntrics proposats per la 'Nova Economia Urbana' (vegeu, p. ex., [Anas et al., 1998](#); [McMillen i Lester, 2003](#); [McMillen i McDonald, 1998b](#)), els estudis en l'àmbit de la geografia urbana i del transport han identificat la densitat com a variable exògena que influeix en les decisions dels individus en múltiples aspectes com ara la distància i el temps de viatge ([Eldér, 2014](#); [Susilo i Maat, 2007](#)), els mitjans de transport ([Bento et al., 2005](#); [Commins i Nolan, 2011](#)) i evidentment, el tema que tracta aquest estudi, l'ús d'energia residencial.

4.2.1.3 Proposta de seqüències casuais

La incorporació de la densitat de població com a variable endògena en el model conceptual, tal i com mostra la [Figura 4.1](#), requereix la consideració d'aquells factors que afecten el nivell de densitat, segons la literatura d'economia urbana. Aquests fan referència a la proximitat de diferents tipus de localitzacions (és a dir, p. ex., distància a l'estació de transport públic més pròxima, increment de la distància a l'autopista més pròxima, i distància a la costa) i a atributs urbans (és a dir, p. ex., presència de facilitats urbanes, grau de diversitat de l'ús del sòl, i proporció de llocs de treball per habitatge). En acordança amb la literatura (vegeu p. ex., [Baum-Snow, 2007](#); [Baum-Snow et al., 2013](#); [García-López, 2012](#); [McMillen i Lester, 2003](#); [McMillen i McDonald, 1997, 1998a, 1998b](#)), el model conceptual assumeix que la densitat de població s'incrementa amb la millora d'accessibilitat a les infraestructures, amb una major proporció de llocs de treball per habitatge, i amb més diversitat de l'ús del sòl (distribucions més heterogènies de l'ús del sòl residencial i d'activitat econòmica) i presència de facilitats urbanes (p. ex., hospitals, teatres, restaurants, etc.). Per contra, el model conceptual formula, d'acord amb la literatura citada més amunt, que la densitat de població disminueix a major distància de la costa i de l'estació de transport públic més pròxima. A més, el model conceptual també contempla la relació causal entre la diversitat de l'ús del sòl i la proporció de llocs de treball per habitatge, doncs, tal i com la literatura de la geografia del transport proposa (vegeu, p. ex., [Cervero, 1996a, 1996b](#); [Frank i Pivo, 1994](#)), a mesura que una àrea presenta una major mixtura d'usos del sòl, la proporció entre usos econòmics i residencials d'aquesta és més homogenia.

4.2.2 Policentrisme, temperatures locals i característiques de l'habitatge

4.2.2.1 Vincles existents en la literatura

En base a la literatura existent sobre policentrisme i ús d'energia residencial, i vinculant-la amb la literatura prèviament revisada sobre forma urbana i energia (p. ex., [Ewing i Rong, 2008](#)), es pot concloure que el policentrisme influeix en el consum d'energia residencial, a partir de considerar dues seqüències causals: (1) els efectes directes amb relació a les pèrdues per transmissió i distribució elèctrica, i (2) els efectes indirectes mitjançant la formació de l'illa de calor urbana (vegeu vincles causals 8 i 9-5 en la [Figura 4.1](#)). L'estudi d'aquestes relacions causals per part de la literatura ha anat lligada a la formulació i corroboració de dues hipòtesis: (1) les estructures policèntriques, en comparació a les monocèntriques, generen menys pèrdues per transmissió i distribució elèctrica en la totalitat d'una àrea metropolitana, i (2) les estructures policèntriques, en comparació a les monocèntriques, redueixen potencialment els efectes de l'illa de calor urbana a causa de la preservació de més espais naturals protegits entre els diferents centres que defineixen l'estructura espacial metropolitana.

No obstant, la definició de l'estructura espacial metropolitana s'ha abordat de manera diversa en la literatura. En primer lloc, un conjunt d'estudis ha analitzat la connexió entre energia residencial i estructura urbana de les àrees metropolitanes, a partir de considerar l'impacte de les dinàmiques de descentralització/suburbanització en les emissions de CO₂, és a dir, si existeixen diferències

significatives entre les emissions generades pels habitatges localitzats en àrees suburbanes en comparació als localitzats en àrees centrals i, en el cas que existeixin, concloure quines són les àrees que presenten més emissions. En segon lloc, un altre conjunt d'estudis ha identificat de forma més acurada l'estructura espacial metropolitana—doncs han assumit que, avui en dia, les àrees metropolitanes no són completament monocèntriques i que, per tant, múltiples centres coexisteixen en una àrea metropolitana, formant una estructura policèntrica (vegeu [capítol 2](#); [Masip-Tresserra, 2016](#))—per, posteriorment, examinar empíricament els vincles directes i indirectes entre el consum d'energia residencial i l'estructura metropolitana policèntrica de les àrees metropolitanes.

A més, els resultats d'ambdós conjunts d'estudis no han conduït encara cap a conclusions clares sobre els efectes del policentrisme conceptualitzat, tant a partir de les dinàmiques de descentralització/suburbanització com de la definició de múltiples centres en una àrea metropolitana. En relació al primer conjunt d'estudis, els resultats il·lustren tant que no hi han diferències significatives, pel que fa a la generació d'emissions de CO₂ dels habitatges entre les àrees suburbanes i les centrals ([Kahn, 2000](#); [Wiedenhofer et al., 2013](#)), com, el contrari, i en aquest cas a més, no és evident si són les àrees suburbanes o les centrals les que generen una major eficiència energètica. Per exemple, [Andrews \(2008\)](#) i [Glaeser i Kahn \(2010\)](#), considerant una mostra de població resident d'àrees suburbanes i centrals per a 10 municipis de New Jersey i 48 àrees metropolitanes dels Estats Units, respectivament, posen de relleu que la població resident d'àrees centrals, en comparació a la d'àrees suburbanes, genera menys consum d'energia residencial i, per tant, menys emissions de CO₂. Aquests resultats són contradictoris als que presenten els estudis de [Perkins et al. \(2009\)](#) i [VandeWeghe i Kennedy \(2007\)](#), que emfatitzen com els residents d'àrees suburbanes en les regions d'Adelaide (Austràlia) i de Toronto, respectivament, generen un 35% i un 12% menys d'emissions de CO₂, en comparació als residents d'àrees centrals d'aquestes regions.

Respecte al segon conjunt d'estudis, els resultats mostren que els efectes directes del policentrisme en les emissions de CO₂ dels habitatges poden ser tant estadísticament no significatius ([Lee i Lee, 2014](#)) com inesperats, i facilitar la generació d'emissions ([Burgalassi i Luzzati, 2015](#)). A més, l'evidència empírica d'aquest conjunt d'estudis emfatitza que els efectes indirectes del policentrisme en el consum d'energia dels habitatges, mitjançant la formació de l'illa de calor urbana, són modestos. [Lee i Lee \(2014\)](#) mostra que, malgrat que els efectes del policentrisme en els graus dia de refredament i graus dia d'escalfament presenten el signe esperat (el policentrisme condueix cap a una reducció dels graus dia unificats i, per tant, es pot concloure que les àrees metropolitanes amb una estructura policèntrica generen menys efectes d'illa de calor urbana que les d'estructura monocèntrica), no són significatius en el cas dels graus dia d'escalfament, i en el cas dels graus dia d'escalfament, doblant el grau de policentrisme, només s'aconsegueix una reducció del 2,5%.

4.2.2.2 Reconciliació de la literatura

El model conceptual proposat en aquest estudi (vegeu [Figura 4.1](#)) intenta abordar les raons teòriques per les quals hi han aquestes discrepàncies en la literatura sobre els efectes del policentrisme en el consum d'energia residencial (el marc empíric de la [secció 4.3](#) prova de fer-ho des de la vessant metodològica). Des del punt de vista d'aquest estudi, els resultats incerts de la influència del policentrisme s'atribueixen als diferents plantejaments conceptuals per part dels estudis existents respecte a la definició del policentrisme i de com es mesuren els seus efectes directes i indirectes. Dues qüestions teòriques, a resoldre, afloren en aquest sentit.

La primera qüestió, té a veure amb la manera com els dos conjunts d'estudis citats més amunt defineixen el policentrisme i mesuren els seus efectes. D'una banda, respecte als estudis que han utilitzat diferents formes analítiques de definir l'estructura urbana; per exemple, la classificació d'una àrea en centrals o suburbanes (p. ex., [Glaeser i Kahn, 2010](#); [Perkins et al., 2009](#); [VandeWeghe i Kennedy, 2007](#)) i en

centrals, suburbanes o rurals (p. ex., [Wiedenhofer et al., 2013](#)); els seus resultats poden presentar un cert grau de biaix, ja que la seva definició d'estructura urbana és massa general per tal d'abordar acuradament la relació entre policentrisme i emissions de CO₂ dels habitatges. A més, aquest tipus de recerca dificulta l'anàlisi empírica dels efectes del policentrisme en base a diferents dimensions d'una estructura espacial policèntrica, que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana—específicament, (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica als centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial). Considerar aquestes dimensions pot ser valuós per tal d'extreure conclusions més àmplies sobre els efectes del policentrisme (vegeu [capítol 2; Masip-Tresserra, 2016](#)).

D'altra banda, amb relació als estudis que han identificat els centres de les àrees metropolitanes mitjançant l'anàlisi de la distribució espacial dels llocs de treball (p. ex., [Lee i Lee, 2014](#)) per, després, examinar empíricament els efectes del policentrisme a través de considerar-ne els seus atributs (p. ex., concentració de llocs de treball), els seus resultats també podrien estar subjectes a un cert biaix, doncs, malgrat que consideren una escala geogràfica més apropiada, aquests estudis no acaben de considerar les diferents vies per les quals els centres poden aparèixer en una àrea metropolitana: és a dir, la trajectòria de descentralització i la d'incorporació-fusió. Tal i com s'explica en el [capítol 2](#) d'aquesta tesi i en l'anterior estudi de [Masip-Tresserra \(2016\)](#), aquesta distinció és important perquè els (des) avantatges del policentrisme depenen d'aquests dos tipus de centres.

Conseqüentment, l'aproximació del model conceptual d'aquest estudi a la definició del policentrisme i la mesuració dels seus efectes en el consum d'energia residencial incorpora, tant la identificació dels centres d'una àrea metropolitana com la consideració de les diferents dimensions d'una configuració espacial policèntrica, que influencien en el desenvolupament dels beneficis d'aglomeració. Per això, el model conceptual, en lloc de definir l'estructura espacial metropolitana d'una manera general, considera el mètode d'identificació de centres proposat en el [capítol 5](#) de l'estudi de [Masip-Tresserra \(2016\)](#) i formula hipòtesis en base als efectes (1) d'estar localitzat en els centres, (2) d'estar localitzat a prop dels centres, i (3) dels patrons d'interacció entre els centres a l'escala metropolitana.

La segona qüestió posa èmfasi en la manca d'anàlisi en la literatura dels efectes indirectes del policentrisme en les emissions de CO₂ dels habitatges, mitjançant el seu impacte en els atributs de la forma urbana o del medi construït ('built environment' en anglès) i en la selecció del tipus de l'habitatge per part dels individus. Per exemple, la connexió entre el policentrisme i els atributs del medi construït es pot establir a partir de les teories de l'aglomeració, doncs, tal i com s'argumenta en el [capítol 2](#) i en l'estudi de [Masip-Tresserra \(2016\)](#), els atributs del medi construït de les ciutats poden ser entesos com indicadors de la presència dels beneficis de l'aglomeració en aquestes, a la vegada que les externalitats de l'aglomeració són dependents de l'estructura espacial metropolitana. De fet, la densitat de població s'entén com una mesura del nivell d'economies d'aglomeració de les ciutats en els models policèntrics teòrics i empírics de la 'Nova Economia Urbana'; models que, a més, prediuen que l'increment del nivell d'economies d'aglomeració (i per tant, de la densitat) està associat amb una major proximitat geogràfica als centres d'una estructura metropolitana policèntrica.

Conseqüentment, considerar les relacions compostes (directes i indirectes) del policentrisme amb més detall, pot aportar nova llum en les causes sobre l'ambigüitat dels seus efectes, doncs evitaria subestimar o sobreestimar els efectes nets totals del policentrisme en el consum d'energia residencial.

Abordar aquestes dues qüestions teòriques implica, doncs, advocar per una reconciliació de la literatura existent; això es tradueix en el model conceptual mitjançant la incorporació de noves variables per

mesurar els efectes del policentrisme (p. ex., distància a la ciutat central i al centre secundari més proper) i la proposta de seqüències casuals per identificar més àmpliament les relacions directes i indirectes del policentrisme amb les emissions de CO₂ dels habitatges (vegeu, p. ex., els vincles causals 10-4, 11-1, 11-2-4, i 11-3-5 en la [Figura 4.1](#)). Els tres apartats següents expliquen aquestes seqüències i les seves hipòtesis corresponents.

4.2.2.3 Proposta de seqüències casuals: mida dels centres

Considerant les relacions directes i indirectes del policentrisme a partir dels efectes de la mida dels centres, el model conceptual formula hipòtesis; aquestes es basen en la literatura existent sobre les teories d'aglomeració i policentrisme (vegeu els estudis citats en el [capítol 2](#): p. ex., [Alonso, 1971](#); [Johansson i Quigley, 2004](#); [Phelps et al., 2001](#)), d'on s'extreu, per exemple, que els centres d'una àrea metropolitana són ciutats més denses, amb més diversitat de l'ús del sòl i amb una major accessibilitat a diferents tipus de facilitats urbanes i de llocs de treball, en comparació a altres tipus de ciutats (p. ex., ciutats veïnes als centres i àrees perifèriques) a causa de la seva major mida, que origina el desenvolupament de més beneficis d'aglomeració. Quatre hipòtesis principals es poden plantejar en aquest sentit. En primer lloc, s'assumeix que estar localitzat en els centres (ciutat central i centres secundaris) d'una àrea metropolitana és beneficiós per a la reducció directa d'emissions de CO₂ dels habitatges, ja que presenten una pèrdua de transmissió i distribució elèctrica menor, en comparació a altres tipus de ciutats, resultant de la seva major densitat de població.

En segon lloc, la mida dels centres afecta indirectament en l'ús d'energia residencial a través del seu impacte en els atributs locals de la forma urbana (p. ex., densitat de població); s'assumeix que, a causa del major desenvolupament de beneficis d'aglomeració en els centres com a resultat de la seva mida més gran, els nivells de densitat en els centres seran majors que els de les ciutats veïnes del seu entorn i els de les àrees perifèriques.

En tercer lloc, la mida dels centres exerceix una influència indirecta en les emissions de CO₂ dels habitatges via el seu impacte en com les persones seleccionen el tipus d'habitatge, i s'assumeix que els habitatges seleccionats per part de les persones, quan aquests estan localitzats en els centres, presenten, amb més freqüència, requeriments d'energia més baixos; per exemple, són habitatges plurifamiliars en lloc de habitatges unifamiliars aïllats. Les externalitats negatives de l'aglomeració, que es desenvolupen a mesura que la mida de les ciutats s'incrementa (vegeu, p. ex., [Capello i Camagni, 2000](#)), expliquen per què és més probable que les persones que seleccionen un habitatge en un centre l'escollin plurifamiliar. Degut a la seva major mida, els centres estan exposats a majors costos d'aglomeració; per exemple, a rendes del sòl més altes ([White, 1999](#)) i, conseqüentment, això podria afectar l'oferta d'habitatges via la construcció de més habitatges plurifamiliars per tal d'obtenir un cost de producció per unitat econòmicament rendible.

En quart lloc, s'espera que la mida dels centres afecti indirectament el consum d'energia residencial a través de les temperatures locals de les ciutats, facilitant, així, una formació més intensa de l'illa de calor urbana. Això s'explica ja que la major mida dels centres, en comparació a altres tipus de ciutats de menor mida (és a dir, les ciutats veïnes als centres i les àrees perifèriques), potencia que els habitatges localitzats en ells presentin una major/menor demanda d'energia per refredar/escalfar les llars durant l'estiu/hivern. Tanmateix, a causa dels efectes incerts de la densitat de població en la formació de l'illa de calor urbana explicats en subseccions anteriors, també es podria donar el cas que els habitatges localitzats en els centres poguessin requerir una menor demanda d'energia per refredar i escalfar les llars.

4.2.2.4 Proposta de seqüències casuals: proximitat als centres

De manera semblant, a partir de considerar la literatura sobre teories d'aglomeració i policentrisme, on s'argumenta també que les economies d'aglomeració dels centres no estan confinades en els seus límits geogràfics i s'estenen atenuant-se envers als seus entorns (vegeu, p. ex., [Alonso, 1973](#); [Anas et al., 1998](#); [Rosenthal i Strange, 2003, 2004](#)), el model conceptual formula quatre hipòtesis respecte a les relacions directes i indirectes del policentrisme a causa dels efectes de la proximitat als centres (vegeu [Figura 4.1](#)). En primer terme, la proximitat als centres (ciutat central i centres secundaris) afecta directament el consum d'energia residencial; s'assumeix que els habitatges localitzats en àrees més pròximes als centres gaudeixen d'una major eficiència energètica, doncs les pèrdues per transmissió i distribució elèctrica en àrees a l'entorn dels centres són menors a causa de la seva major densitat de població, resultant de la seva proximitat als centres (vegeu relació causal 8 en la [Figura 4.1](#)).

En segon terme, s'espera que la proximitat als centres influènci en les emissions de CO₂ dels habitatges, indirectament, a través d'atributs locals de la forma urbana, com ara la densitat de població i la proporció de llocs de treball per habitatge (vegeu, p. ex., vincles causals 11-1 i 11-7-1 en la [Figura 4.1](#)). La dispersió dels beneficis d'aglomeració dels centres envers els seus entorns en funció de la distància geogràfica fomenta, segons els models teòrics i empírics de la 'Nova Economia Urbana', un major nivell de densitat (vegeu, p.ex., [McDonald i Prather, 1994](#); [McMillen i Lester, 2003](#)) i de proporció de llocs de treball per habitatge (vegeu, p. ex., [Giuliano i Small, 1993](#)) en les àrees més pròximes als centres, en comparació a les àrees perifèriques.

En tercer terme, es planteja que la proximitat als centres impacti indirectament en el consum d'energia residencial via la selecció del tipus d'habitatge (és a dir, entre habitatge plurifamiliar i unifamiliar, adossat o aïllat), i s'assumeix que la selecció d'habitatges localitzats en àrees a l'entorn dels centres és, amb més facilitat, per a habitatges plurifamiliars, tenint així requeriments d'energia més baixos (vegeu relació causal 10-4 en la [Figura 4.1](#)). La combinació de dos factors pot explicar que la proximitat als centres redueix les emissions de CO₂ a través de la selecció del tipus d'habitatge. D'una banda, la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns implica que les àrees pròximes als centres estan exposades també a les externalitats negatives de l'aglomeració esmentades prèviament (p. ex., rendes del sòl altes) i, conseqüentment, això afavoreix la construcció d'habitatges plurifamiliars. D'altra banda, la demanda de localització a les àrees pròximes dels centres, per part dels individus, per tal d'accedir als beneficis d'aglomeració d'aquests (p. ex., major accessibilitat a diferents tipus de facilitats urbanes i de llocs de treball), tot evitant els seus costos (p.ex., alts preus d'habitatge), afavoreix que l'oferta d'habitatges plurifamiliars d'aquestes àrees es cobreixi.

En quart terme, s'assumeix que la proximitat als centres afecti indirectament l'ús d'energia residencial mitjançant les temperatures locals de les ciutats, no obstant, la seva influència sobre la formació de l'illa de calor urbana és complexa i podria ser tant positiva com negativa (vegeu la seqüència causal 9-5 en la [Figura 4.1](#)). D'una banda, ja que les àrees veïnes als centres gaudeixen més intensament dels beneficis d'aglomeració dels centres (això es tradueix, tal i com s'ha explicat anteriorment, p. ex., amb una major densitat de població), els habitatges d'àrees més pròximes als centres, en comparació a habitatges localitzats en àrees perifèriques, poden presentar una major/menor demanda d'energia per refredar/escalfar les llars durant l'estiu/l'hivern. D'altra banda, els habitatges d'àrees més pròximes als centres poden requerir una menor demanda d'energia, tant per refredar les llars a l'estiu com escalfar les llars durant l'hivern, ja que aquestes àrees a l'entorn dels centres, resultat de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres, podrien presentar el major equilibri entre nivell de densitat, proporció d'habitatges energèticament més eficients (això és, habitatge plurifamiliars versus unifamiliars aïllats) i proporció de superfície no construïda per habitatge (p. ex., zones verdes).

4.2.2.5 Proposta de seqüències casuais: mida i integració dels centres

L'últim conjunt d'hipòtesis que el model conceptual formula per tal d'identificar més àmpliament els efectes directes i indirectes del policentrisme, tenen a veure amb les seqüències causals que s'estableixen a partir de considerar els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració. Aquestes hipòtesis parteixen de considerar també la literatura sobre les teories de l'aglomeració, en concret, es basen en aquells estudis que argumenten que la presència d'intenses xarxes de complementarietat i cooperació entre persones i empreses localitzades en centres són clau pel desenvolupament de les economies d'aglomeració, doncs aquestes xarxes fomenten la interacció i la integració entre centres que, al seu torn, els permeten explotar millor la seva mida agregada, conduint cap a majors beneficis d'aglomeració dels que es desenvoluparien a partir de la seva mida per separat, i mantenint els costos d'aglomeració derivats de la seva mida localment (vegeu, p. ex., [Camagni i Capello, 2004, 2015](#); [Camagni i Salone, 1993](#)). A més, aquest últim conjunt d'hipòtesis fan referència a la literatura sobre la mobilitat residencial (vegeu p. ex., [Coulter et al., 2016](#); [Jones, 2009, 2014](#)) per tal de poder vincular els efectes del patró d'interaccions entre centres amb l'ús d'energia residencial, doncs els efectes de les interaccions entre persones i empreses—a diferència de quan s'estudia el comportament de la mobilitat de les persones, per exemple, en relació a les emissions de CO₂ relacionades amb el transport (vegeu [Masip-Tresserra, 2016](#))—només es poden conceptualitzar com a determinants de les emissions de CO₂ dels habitatges quan aquestes xarxes 'de relacions' ocasionen un canvi de residència; permetent així l'anàlisi d'un diferencial de consum d'energia residencial entre l'antiga i la nova residència.

És important fer èmfasi en que la identificació d'un vincle entre les teories d'aglomeració i la mobilitat residencial, per part del model conceptual proposat en aquest estudi, és raonable, doncs la mobilitat residencial és entesa, cada cop més, com una pràctica 'relacional' que vincula el canvi de residència amb les connexions entre les persones, a través del temps i amb condicions estructurals (p. ex., oferta o demanda d'habitatge i canvis culturals) (vegeu [Coulter et al., 2016](#)); i, per tant, la necessitat d'accés als beneficis d'aglomeració desenvolupats a través de xarxes de cooperació i complementarietat entre les persones i les empreses poden erigir-se com un factor més, conjuntament amb els ja identificats pels estudis existents sobre la mobilitat residencial (p. ex., avaluacions subjectives dels membres de la llar, xarxes socials de les persones, i voluntat de formar una família), per motivar un desig, intenció, o decisió de realitzar un canvi de residència des de la localització 'A' a la 'B'.

Tres hipòtesis principals es poden, doncs, plantejar en aquest sentit, les dues primeres relacionen l'origen o destinació de la migració residencial amb la mida de la ciutat (p. ex., centres i àrees perifèriques) i, la tercera, vincula l'origen i la destinació de la migració residencial amb les mides de les ciutats i les seves interaccions. En primer lloc, s'espera que, quan l'origen de la re-localització residencial és un centre en lloc d'altres tipus de ciutats (p. ex., ciutats veïnes als centres o àrees perifèriques), les emissions de CO₂ dels habitatges s'incrementin, doncs és més probable que la nova residència estigui localitzada en una àrea que presenti menys beneficis d'aglomeració i, conseqüentment, hi hagin més pèrdues per transmissió i distribució elèctrica i els seus atributs del medi construït (p. ex., un baix nivell de densitat i una major proporció d'habitatges unifamiliars aïllats) puguin afavorir un major ús d'energia residencial. No obstant, la corroboració d'aquesta hipòtesi depèn dels efectes de l'illa de calor urbana en les temperatures locals dels centres, amb relació a altres tipus de ciutats; efectes que tant poden ser positius com negatius, tal i com s'ha discutit prèviament amb relació als efectes indirectes de la proximitat als centres i de la seva mida.

En segon lloc, s'assumeix que, quan les persones migren cap a un centre en lloc d'altres destinacions, per tal d'accedir més fàcilment als seus beneficis d'aglomeració (p. ex., major accessibilitat a diferents tipus de facilitats urbanes i de llocs de treball), les emissions de CO₂ dels habitatges es redueixen potencialment a causa dels motius citats en la primera hipòtesi, però ara diametralment oposats.

També, en aquest cas, el rol de l'illa de calor urbana envers les temperatures locals dels diferents tipus de ciutat és important per poder verificar la hipòtesi.

En tercer lloc, es planteja que fluxos de migració de persones més intensos entre centres, des d'una ciutat a l'entorn dels centres cap a un centre, i des d'una àrea perifèrica cap a una àrea pròxima als centres o cap a un centre, estan associats a un menor ús d'energia residencial en comparació als fluxos de re-localització de persones entre àrees perifèriques. Les externalitats positives de les economies d'aglomeració dels centres i la seva dispersió envers els seus entorns en funció de la distància geogràfica, s'erigeixen com a principals garants de la corroboració d'aquesta proposició.

4.2.3 Atributs sociodemogràfics dels membres de la llar i característiques de l'habitatge

El rol dels atributs sociodemogràfics dels membres de la llar envers l'ús d'energia residencial s'ha estudiat àmpliament, també, en l'àmbit de la recerca sobre el consum d'energia dels edificis. En aquest sentit, la literatura ha identificat que les característiques de les persones de les llars (p. ex., edat, nivell d'ingressos, i nivell educatiu) influeixen en les emissions de CO₂ dels habitatges, tant de forma directa a través del seu comportament, com indirectament via les característiques de l'habitatge, doncs són aquestes les que mostren en gran part les seves preferències i necessitats quan es selecciona residència.

Respecte als efectes directes dels atributs dels membres de la llar en el consum d'energia residencial, els estudis empírics mostren que tant poden ser positius com negatius (vegeu seqüència causal 12 en la [Figura 4.1](#)). En concret, els estudis il·lustren que el perfil de llar on es consumeix més energia residencial és una llar amb (1) un major nombre de membres ([Baur et al., 2014](#); [Druckman i Jackson, 2008](#); [Guerra Santin et al., 2009](#); [Kelly, 2011](#); [Jones i Kammen, 2014](#)) i (2) una major presència de nens o joves ([Brounen et al., 2012](#); [Golley i Meng, 2012](#); [Han et al., 2015](#)); i on el seu membre principal és una (3) dona ([Druckman et al., 2012](#); [Lee i Lee, 2014](#)) amb (4) més edat ([Golley i Meng, 2012](#); [Murray and Mills, 2011](#); [Wrapson i Devine-Wright, 2014](#)), (5) un major nombre d'ingressos ([Brounen et al., 2012](#); [Druckman i Jackson, 2008](#); [Estiri, 2016](#); [Ewing i Rong, 2008](#); [Glaeser i Kahn, 2010](#); [Guerra Santin et al., 2009](#); [Han et al., 2015](#); [Zha et al., 2010](#)), (6) un nivell educatiu alt ([Estiri, 2016](#); [Lee i Lee, 2014](#); [Liu et al., 2013](#)), i (7) més estatus professional ([Estiri, 2016](#)). No obstant, també hi ha evidència empírica que mostra, per exemple, que a majors nivells d'ingressos ([Kelly, 2011](#); [Makido et al., 2012](#); [Steemers i Yun, 2009](#)) i d'educació ([Golley i Meng, 2012](#)), les emissions de CO₂ dels habitatges es redueixen; o, fins i tot, els resultats d'altres estudis mostren com els atributs demogràfics (p. ex., edat), el nivell d'ingressos i la tipologia de llar (p. ex., nombre de membres a la llar) no són significatius ([Baur et al., 2014](#); [Brown et al., 2009](#); [Estiri, 2016](#); [Ko i Radke, 2014](#)).

En relació amb els efectes indirectes dels atributs dels membres de la llar en l'ús d'energia residencial via les característiques de l'habitatge (és a dir, tipus i mida), quan les persones el seleccionen, els estudis empírics mostren també que el signe d'aquests efectes depèn de l'atribut considerat (vegeu relació casual 13-4 en la [Figura 4.1](#)). Per exemple, els resultats dels estudis empírics mostren generalment que les persones de més edat ([Lee i Lee, 2014](#)) que disposen d'uns nivells d'ingressos ([Clark i Huang, 2003](#); [Ewing i Rong, 2008](#); [Lee i Lee, 2014](#)) i d'educació més alts ([Lee i Lee, 2014](#)), un cop s'ha controlat el nivell tecnològic de l'habitatge (vegeu seqüència casual 14-4 en la [Figura 4.1](#)), tenen preferència per seleccionar un habitatge unifamiliar aïllat i de més mida en lloc d'un habitatge unifamiliar adossat o plurifamiliar i de menys mida, cosa que condueix cap a un major consum d'energia residencial i d'emissions de CO₂. Malgrat això, altres estudis empírics (vegeu, p. ex., [Estiri, 2016](#)) mostren que els aspectes socioeconòmics de les persones (p. ex., nivell d'ingressos, nivell educatiu, i estatus professional) no exerceixen un rol significatiu envers la selecció de l'habitatge segons el seu tipus i mida.

En vista que els estudis actuals en la literatura descriuen que els efectes directes i indirectes dels atributs sociodemogràfics dels membres de llar en l'ús d'energia residencial condueixen cap a resultats no concloents, és necessari discernir encara fins a quin cert punt els efectes directes i indirectes dels atributs de les persones són endògens; és a dir, si l'increment d'emissions de CO₂ dels habitatges depèn més dels atributs de les persones, de les característiques dels habitatges o si s'explica a partir d'una combinació d'aquests dos factors. La pròxima secció explica el plantejament de recerca que possibilita l'anàlisi empírica d'aquesta qüestió, conjuntament amb l'aplicació de la resta del model conceptual exposat.

§ 4.3 Plantejament de la recerca: bases de dades, variables i marc empíric

4.3.1 Dades i variables

Aquest estudi utilitza les dades de l'Enquesta de Condicions de Vida i Hàbits de la Població de Catalunya ('ECVHP' d'ara en endavant) per tal d'assolir l'objectiu de recerca. L'ECVHP és un projecte d'operació estadística, principalment impulsat i finançat per l'Institut d'Estadística de Catalunya ('IDESCAT' d'ara en endavant), i està dissenyat per recollir informació detallada sobre l'estructura social de la població de Catalunya. Des del 1985, l'IDESCAT ha realitzat una ECVHP per cada període de 5 anys aproximament. No obstant, aquest estudi només considera l'edició del 2011, perquè és l'única edició de l'ECVHP que possibilita el càlcul (i per tant, posterior anàlisi empírica) de les emissions de CO₂ dels habitatges.

Els qüestionaris de l'ECVHP de l'edició del 2011 (fitxa de la llar, qüestionari de la llar, i qüestionari individual) recull informació per les llars privades dels habitatges principals i les persones membres d'aquestes llars. La població objecte d'estudi està formada per individus de totes les edats, però només són entrevistades exhaustivament les persones amb 16 anys o més. En total, s'obté informació per un total de 10.604 persones i 4.235 llars per a tot el territori de Catalunya, i 5.904 persones i 2.370 llars per a l'àmbit territorial de la regió metropolitana de Barcelona. La distribució territorial de la mostra en l'ECVHP es realitza mitjançant un mostreig bietàpic amb estratificació i arrencada aleatòria, orientat a aconseguir una representativitat per individus i per llars.

En el cas de la regió metropolitana de Barcelona, la distribució territorial de la mostra fa referència a 65 dels 164 municipis dels quals la regió metropolitana disposa. Malgrat això, aquesta distribució territorial en 65 municipis és representativa per a la regió metropolitana de Barcelona, permetent així l'estudi acurat de la relació empírica entre policentrisme i l'ús d'energia residencial. La raó de la seva representativitat recau en el fet que els estrats de la mostra consideren municipis de mides poblacionals molt diferents: p. ex., des de municipis de fins a 5.000 habitants a municipis amb una població entre 50.000 a 100.000 habitants o amb més de 100.000 habitants, com és el cas de Badalona, Barcelona, L'Hospitalet de Llobregat, i Santa Coloma de Gramenet. El contingut de la mostra de 5.904 persones i 2.370 llars per a aquests 65 municipis de la regió metropolitana de Barcelona, proporciona informació detallada, per exemple, sobre l'estructura de la llar; les característiques de l'habitatge; els ingressos de la llar; els estudis i formació; la situació laboral i formació; i la mobilitat residencial.

La combinació de variables amb relació als atributs sociodemogràfics de la llar i les característiques de l'habitatge, que s'obtenen d'acord amb el contingut de l'ECVHP a nivell de la llar (nivell 1), amb altres variables respecte als atributs de la forma urbana i del policentrisme, mesurats a nivell municipal (nivell 2), defineix el plantejament de la recerca d'aquest estudi per tal d'examinar les causes de l'ús d'energia residencial, tal i com mostra la [Figura 4.2](#).

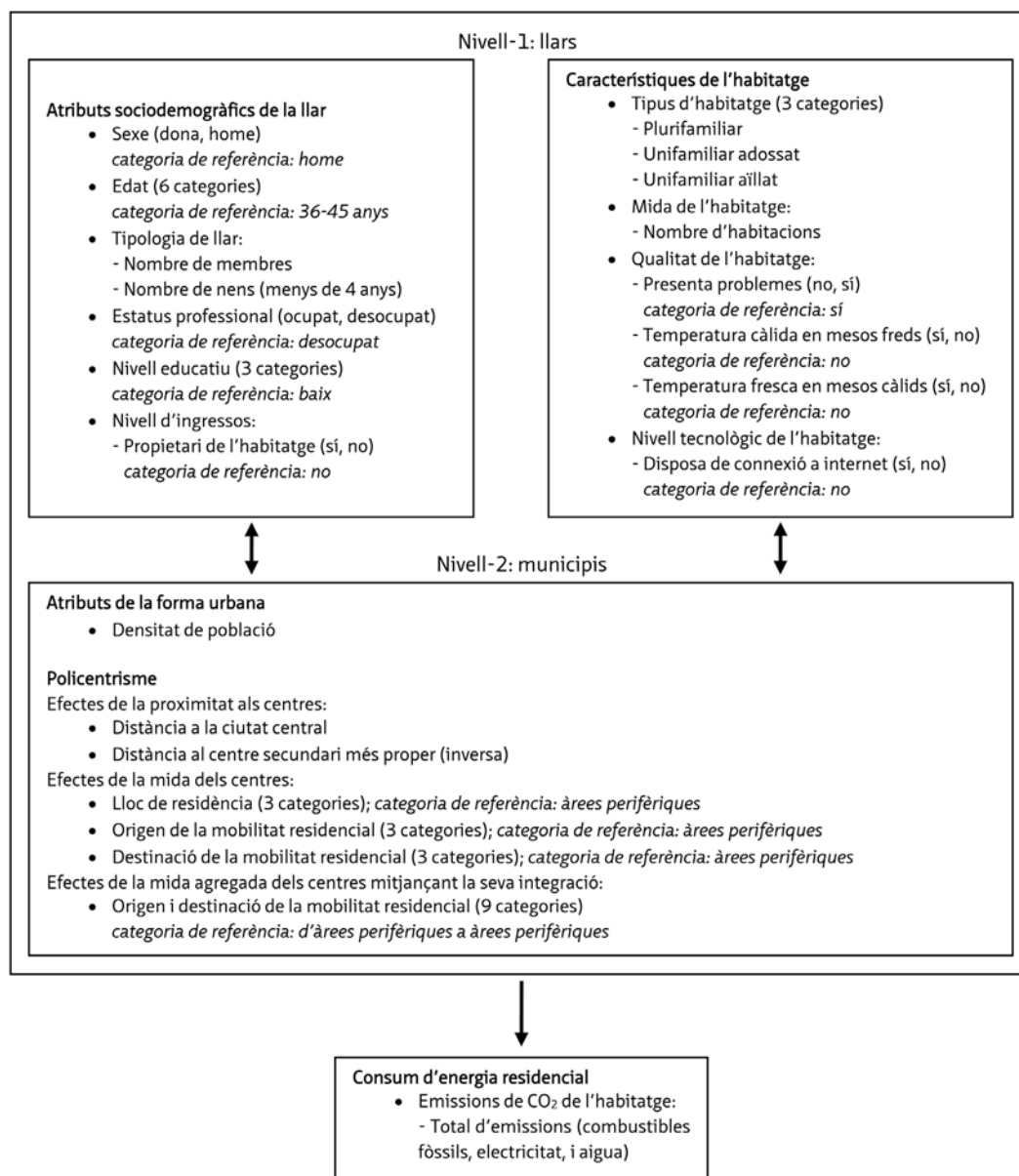


FIGURA 4.2 Plantejament de la recerca: anàlisi de l'ús d'energia residencial

4.3.1.1 Atributs sociodemogràfics de la llar

Els atributs sociodemogràfics de la llar es consideren, en primer terme, a partir del sexe (dona o home) del membre principal de la llar. En segon terme, aquest estudi considera la seva edat (6 categories), l'estatus professional (ocupat o desocupat), el nivell educatiu (3 categories) i el nivell d'ingressos (propietari de l'habitatge sí o no)²³. En tercer terme, es considera la tipologia de llar a través de definir dues variables contínues: el nombre total de membres de la llar i el nombre total de nens (membres de la llar que tenen menys de 4 anys).

23

El nivell d'ingressos s'obté a partir de definir una variable binària com a representació ('proxy' en anglès) del nivell d'ingressos, en lloc de definir una variable contínua (p. ex., ingressos anuals) que mesuri el poder adquisitiu de les llars directament. Això és, ja que les variables disponibles de l'ECVHP per tal de poder quantificar el nivell d'ingressos presenten un alt nombre de valors omesos ('missing values' en anglès) amb relació a la mostra total (2.370 llars) i, per tant, la seva inclusió en l'anàlisi empírica podria generar un biaix important en els paràmetres estimats. S'argumenta doncs, que ser propietari d'un habitatge és un bon 'proxy' per mesurar el nivell d'ingressos de la llar, doncs existeix una alta correlació entre el salari de les persones i la seva capacitat per accedir a la compra d'un habitatge.

4.3.1.2 Característiques de l'habitatge

Les característiques de l'habitatge s'inclouen a través de considerar el tipus, la mida, la qualitat, i el nivell tecnològic de l'habitatge. El tipus d'habitatge es defineix a partir d'una variable ordinal amb 3 categories (1: habitatge plurifamiliar, 2: habitatge unifamiliar adossat, i 3: habitatge unifamiliar aïllat), mentre que la mida de l'habitatge es construeix a partir d'una variable que es pot considerar contínua (el nombre d'habitacions de l'habitatge). Al seu torn, la qualitat i el nivell tecnològic de l'habitatge es consideren a partir de definir quatre variables binàries: l'habitatge presenta problemes (sí o no; considerant aspectes com ara les goteres, les humitats, la podridura, la manca d'espai, la manca de llum natural, i la manca d'ascensor), l'habitatge té una temperatura suficientment càlida durant els mesos freds (sí o no), l'habitatge té una temperatura suficientment fresca durant els mesos d'estiu (sí o no), i si l'habitatge disposa de connexió a internet (sí o no).

4.3.1.3 Atributs de la forma urbana

Els atributs de la forma urbana són considerats mitjançant la definició dels atributs morfològics i de localització descrits en el model conceptual (vegeu [Figura 4.1](#)). Els atributs de la forma urbana que es poden construir a l'escala municipal (nivell 2), utilitzant les bases d'informació estadística disponibles per la regió metropolitana de Barcelona i per l'any 2001 són: densitat de població, diversitat de l'ús del sòl, proporció de llocs de treball per habitatge, distància a l'estació de transport públic (tren i metro) més pròxima, increment de la distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima entre 1991 i 2001— que representa els efectes de la millora en infraestructures—presència de facilitats urbanes, i distància a la costa. No obstant, aquest estudi només pot considerar les seqüències causals del model conceptual de la [Figura 4.1](#) amb relació a la densitat de població, a causa del condicionant que, per tal d'assegurar la identificació dels models econòmics explicats en la següent subsecció (això són, els models d'equació estructural multinivell Bayesianes), el nombre de paràmetres (lliures) a simular no pot superar el nombre d'observacions existents en el segon nivell d'agregació de les dades (és a dir, 65). A més, una altra limitació de la present investigació és que, a causa de la manca de disponibilitat de dades d'informació amb relació als graus dia unificats d'escalfament i de refredament, aquest estudi no pot considerar els efectes indirectes ni dels atributs de la forma urbana ni del policentrisme en les emissions de CO₂ dels habitatges mitjançant el seu impacte en les temperatures locals, és a dir, via la seva influència en la formació de l'illa de calor urbana.

D'aquesta manera, les dades utilitzades per tal de considerar els efectes directes i indirectes de la densitat de població provenen de dues fonts. En primer lloc, les dades poblacionals dels municipis per l'any 2001 provenen del cens de població del mateix any elaborat per l'*Instituto Nacional de Estadística* ('INE' d'ara en endavant). En segon lloc, les dades del sòl residencial dels municipis per l'any 2000 provenen de la sèrie històrica d'usos del sòl entre el 1956 i el 2006, desenvolupada per l'Àrea Metropolitana de Barcelona ('AMB' d'ara en endavant) (vegeu [AMB, 2012](#) per a una descripció detallada d'aquestes bases d'informació).

4.3.1.4 Policentrisme

Tal i com s'ha explicat en la [secció 4.2](#), els estudis que s'han centrat en analitzar els efectes del policentrisme en l'ús d'energia residencial han definit el policentrisme d'una manera que deixa marge per a la millora. En aquest capítol, tres efectes diferents del policentrisme són considerats d'acord amb l'aproximació teòrica proposada en el [capítol 2](#) amb relació al vincle entre policentrisme a l'escala intrametropolitana i l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes²⁴. Cada un d'aquests efectes correspon a una dimensió diferent d'una configuració espacial policèntrica que pren part en el desenvolupament dels beneficis d'aglomeració en una

24

La quarta dimensió del marc proposat en el [capítol 2](#) 'patrons d'interacció entre centres a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial)', no ha estat possible considerar-la en l'anàlisi empírica d'aquest capítol a causa de la manca de dades disponibles per a tots els centres i la resta de municipis de la regió metropolitana de Barcelona.

àrea metropolitana. Aquesta aproximació al policentrisme permet a aquest estudi definir un marc empíric més ampli i sistemàtic per examinar els seus efectes en comparació als estudis ja existents sobre policentrisme i consum d'energia residencial i, per tant, també permet assolir conclusions més àmplies sobre els seus efectes. Considerant, doncs, tal i com s'exposa en la [secció 4.2](#) anterior, els centres (ciutat central i 12 centres secundaris) identificats per l'any 2001, utilitzant el mètode d'identificació proposat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), aquest estudi defineix les següents variables per tal de considerar aquests tres efectes del policentrisme.

En primer lloc, aquest estudi considera l'atenuació amb la distància dels beneficis d'aglomeració resultant de la mida dels centres, a través de definir dues variables: la distància a la ciutat central (Barcelona) i la inversa de la distància al centre secundari més proper²⁵. Aquestes dues variables han estat àmpliament utilitzades pels acadèmics per tal d'avaluar empíricament el model policèntric de les àrees metropolitanes (vegeu [capítol 5](#) de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra, 2016](#)) i, essencialment, mesuren els efectes de la proximitat geogràfica als centres (ciutat central i centres secundaris).

En segon lloc, aquesta investigació considera els beneficis d'aglomeració resultants de la mida dels centres, mitjançant la definició de tres variables categòriques. Aquestes tres variables mesuren fins a quin cert punt els efectes de la mida dels centres varien (p. ex., són més importants que) dels efectes de la mida d'altres tipus de ciutats. Mentre que la primera variable categòrica fa referència al lloc de residència de les persones, les dues darreres relacionen els efectes de la mida dels centres amb la mobilitat residencial, doncs una fa referència a l'origen de la migració residencial intrametropolitana i l'altra a la destinació d'aquesta migració. Per a cada variable, es defineixen tres categories: centres (ciutat central i centres secundaris), ciutats veïnes als centres (municipis adjacents als centres), i àrees perifèriques (municipis localitzats a una gran distància dels centres).

En tercer lloc, aquest estudi considera els beneficis d'aglomeració que resulten de la mida agregada dels centres mitjançant la intensitat de la seva integració a partir de definir una variable categòrica que relaciona els diferents orígens i destinacions de la migració residencial de les persones utilitzant els tres tipus de ciutats mencionats més amunt. Aquesta variable categòrica, per tant, mesura fins a quin cert punt els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració varien (p. ex., són més importants que) dels efectes de la mida agregada d'altres tipus de ciutats a causa de la seva integració. A més, aquesta variable categòrica permet l'anàlisi empírica de l'impacte de diferents tipus de mobilitat residencial de les persones a l'escala intrametropolitana (p. ex., des d'una àrea perifèrica cap a un centre i des d'una ciutat veïna als centres cap a un centre) en les emissions de CO₂ dels habitatges.

La base de dades per construir aquestes variables prové de la matriu de distància mínima per carretera (en kilòmetres) entre municipis de Catalunya per l'any 2001. Aquesta matriu ha estat proporcionada pel Departament de Política Territorial i Obres Públiques (actualment denominat com a Departament de Territori i Sostenibilitat) del Govern de Catalunya. A partir d'aquesta base de dades, la distància de cada municipi de la regió metropolitana de Barcelona a la ciutat central i al centre secundari més proper, és calculada mitjançant l'ús de programes informàtics de Sistemes d'Informació Geogràfica (GIS, per les sigles en anglès).

4.3.1.5 Consum d'energia residencial

Aquest estudi calcula les emissions totals anuals de CO₂ dels habitatges (en Kg CO₂ eq/any) a partir de les bases d'informació disponibles sobre el consum d'energia de les llars i a Catalunya de la manera següent. En primer lloc, es calcula el consum total anual de combustibles fòssils, d'electricitat, i d'aigua

25

La definició de la distància al centre secundari més proper utilitzant la forma inversa permet mitigar el problema de multicol·linealitat que s'origina entre aquesta variable i la distància a la ciutat central. Tal i com explica el [capítol 5](#) de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), aquesta decisió ha estat proposada per la majoria dels estudis que han avaluat l'existència d'un model policèntric en les àrees metropolitanes (p. ex., [McMillen i Smith, 2003](#)).

de la llar (p.ex., kWh consumits d'electricitat) a partir de considerar les bases disponibles en el qüestionari de la llar de l'ECVHP de l'edició del 2011 sobre la despesa de les llars, ocasionat pel consum d'aigua, electricitat i gas o altres combustibles, i la informació publicada per l'Institut Català d'Energia sobre la relació entre el consum d'energia i el seu corresponent preu pel mateix any (vegeu 'Full informatiu dels preus de l'energia' del 2011 a: icaen.gencat.cat/ca). En segon lloc, es calcula les emissions de CO₂ dels habitatges a partir de considerar el consum total anual de combustibles fòssils, d'electricitat i d'aigua de la llar estimat en el pas anterior, i el seu factor d'emissió²⁶ corresponent elaborat per l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic per l'any 2011 (vegeu [Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2012](#)).

4.3.1.6 Estadístiques descriptiva sobre l'ús d'energia residencial

En base a les variables construïdes a partir de l'ús de les bases d'informació explicades en els apartats anteriors, les següents [Figures 4.3 i 4.4](#) presenten estadístiques descriptiva sobre l'ús d'energia residencial per a la regió metropolitana de Barcelona, que permeten examinar, de forma preliminar, les hipòtesis formulades pel model conceptual proposat en la [secció 4.2](#).

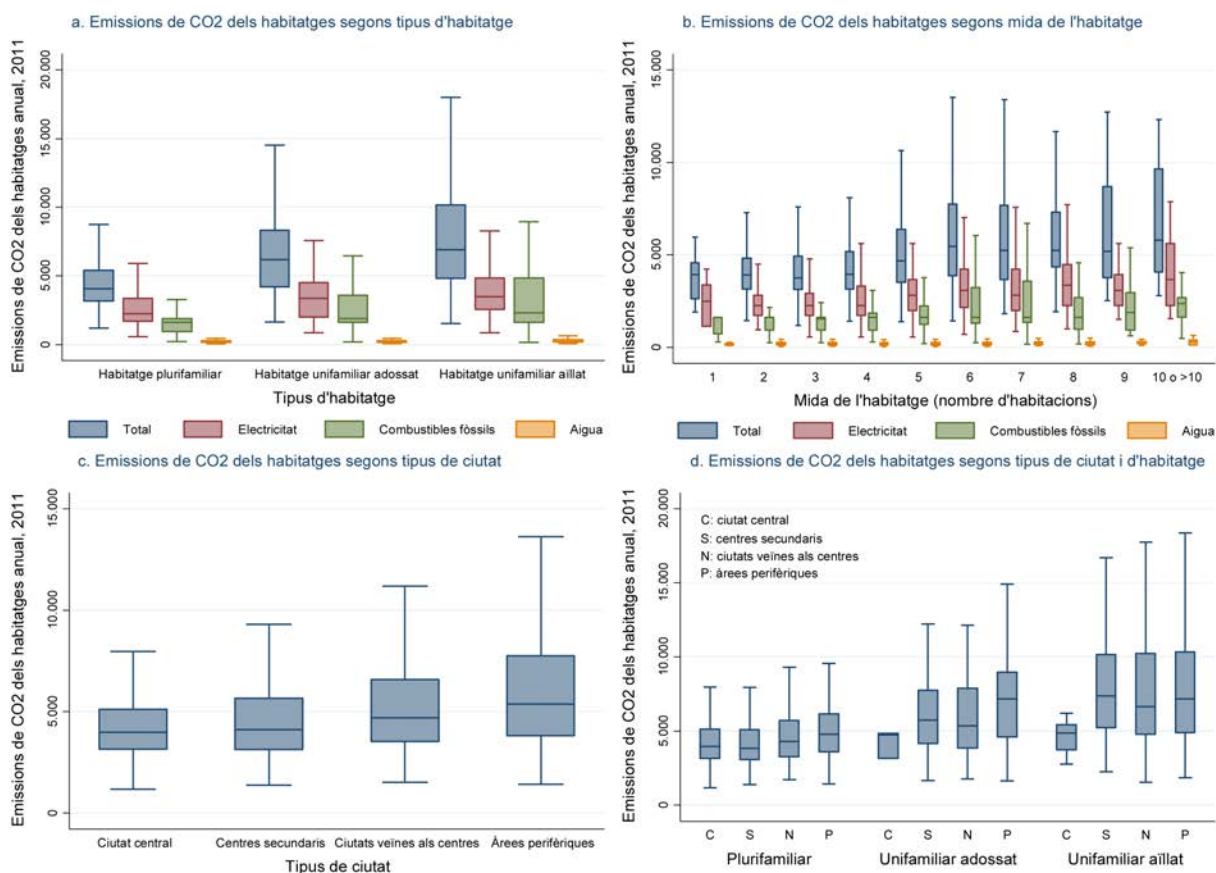


FIGURA 4.3 Emissions de CO₂ del sector residencial segons característiques de l'habitatge i atributs de l'estructura metropolitana policèntrica

Nota(es): la base de dades principalment utilitzada prové de l'Enquesta de Condicions de Vida i Hàbits de la Població de Catalunya (ECVHP) de l'any 2011; aquesta enquesta ha estat elaborada per l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT).

26

Per exemple, el factor d'emissió associat a l'energia elèctrica (mix elèctric) per l'any 2011 és de 0,267 Kg CO₂/kWh i el factor d'emissió associat al consum de gas natural per l'any 2011 és de 0,2016 Kg CO₂/kWh.

L'anàlisi sobre les emissions de CO₂ del sector residencial, segons les característiques de l'habitatge i els atributs de l'estructura metropolitana policèntrica per l'any 2011 (Figura 4.3), permet extreure les següents tres conclusions preliminars. En primer lloc, els habitatges plurifamiliars presenten menys emissions de CO₂ que els unifamiliars adossats o aïllats, tot i que aquesta major eficiència energètica dels habitatges plurifamiliars no és tan important quan es considera les emissions de CO₂ generades a causa del consum d'aigua (Figura 4.3a). En segon lloc, els habitatges més grans (amb un major nombre d'habitacions) generen més emissions de CO₂ que els habitatges més petits, no obstant, els habitatges amb tres habitacions són els que presenten menys emissions anuals de mitjana: una menor proporció entre la superfície total de l'habitatge i el seu nombre d'habitacions, quan aquest té tres habitacions, podria explicar aquest resultat. (Figura 4.3b). En tercer lloc, el total d'emissions de CO₂ dels habitatges localitzats en els centres (ciutat central i centres secundaris) és menys, de mitjana, que les emissions generades pels habitatges localitzats en altres tipus de ciutat (és a dir, en ciutats veïnes als centres i en àrees perifèriques) (Figura 4.3c), a la vegada que aquesta estadística descriptiva es manté, també, segons les característiques dels habitatges, per exemple, quan es considera el seu tipus (Figura 4.3d): p. ex., els habitatges unifamiliars localitzats en centres generen menys emissions anuals de CO₂ que els que estan localitzats en àrees perifèriques.

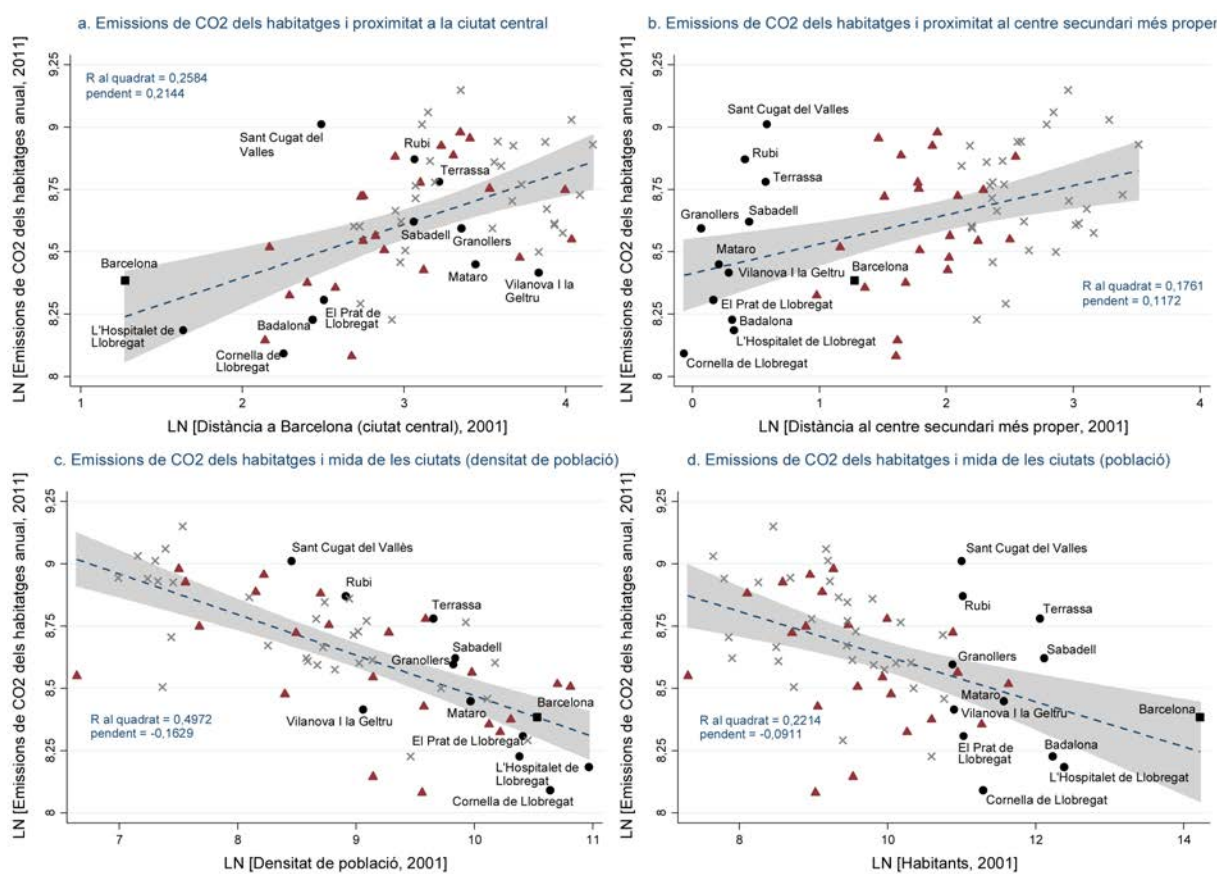


FIGURA 4.4 Relacions entre les emissions de CO₂ del sector residencial i diversos factors referents al policentrisme i a la forma urbana

Llegenda: el quadrat negre representa la ciutat central (Barcelona); els cercles negres, els centres secundaris; els triangles vermells, les ciutats veïnes als centres; i les creus grises, les àrees perifèriques.

Nota(es): les bases de dades utilitzades provenen principalment de l'Enquesta de Condicions de Vida i Hàbits de la Població de Catalunya (ECVHP) de l'any 2011, del cens de població i d'habitatges de l'any 2001, i de la matriu de costos (distància mínima) de l'any 2001. Aquesta informació estadística ha estat elaborada per l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT), pel Instituto Nacional de Estadística (INE), i el Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya respectivament.

La descripció de les relacions entre les emissions de CO₂ dels habitatges i diversos factors referents al policentrisme i a la forma urbana (Figura 4.4), aporten més evidència en aquest respecte. Per exemple, les elasticitats de la proximitat als centres en les emissions totals anuals de CO₂ dels habitatges són de 0,2144 (Figura 4.4a) i de 0,1172 (Figura 4.4b) amb relació a la ciutat central i als centres secundaris, respectivament, mentre que, doblar la densitat de població i el nombre d'habitants dels municipis a l'any 2001, hagués conduït cap a una reducció de les emissions de CO₂ dels habitatges en un 16,29% (Figura 4.4c) i un 9,11% (Figura 4.4d), respectivament, al cap de deu anys.

4.3.2 Marc empíric

4.3.2.1 Modelatge d'equació estructural multinivell

Aquesta investigació presenta, en aquesta subsecció, un marc empíric que intenti abordar les raons metodològiques per les quals es troben, tal i com la secció 4.2 anterior emfatitza, discrepàncies de resultats en la literatura sobre els efectes del policentrisme i dels atributs de la forma urbana en el consum d'energia residencial.

Aquest estudi aplica, doncs, el modelatge d'equació estructural multinivell ('multilevel structural equation modeling' en anglès), per tal d'examinar empíricament les seqüències causals identificades pel model conceptual descrit per la Figura 4.1. Aquesta tècnica de modelatge economètric, no només s'ha utilitzat en l'àmbit de recerca de la psicologia de les organitzacions (p. ex., Ter Doest i De Jonge, 2006), l'educació (p. ex., Rosser, 2003), i la sanitat pública (p. ex., Newton i Bower, 2005), sinó que també s'ha utilitzat en estudis sobre el transport (p. ex., Masip-Tresserra, 2016), amb l'objectiu de relacionar els costos del comportament de la mobilitat de les persones, com ara les emissions de CO₂ del transport o les distàncies de desplaçament, amb, per exemple, els atributs del medi construït i les característiques sociodemogràfiques de les persones.

L'ús del modelatge d'equació estructural multinivell permet resoldre el principal problema de la majoria d'estudis existents sobre policentrisme/forma urbana i el consum d'energia residencial que, malgrat que han utilitzat dades jeràrquiques (p. ex., llars agrupades en municipis) per tal d'evitar que els seus resultats estiguin subjectes a la fal·làcia ecològica²⁷, com ho estan aquells estudis que han utilitzat dades agregades (p. ex., Baur et al., 2014; Brown et al., 2009; Burgalassi i Luzzati, 2015; Chen et al., 2008, 2011; Makido et al., 2012; Muñoz i Galindo, 2005; Yin et al., 2013), no han tractat de manera adequada l'agregació de factors a diferents nivells geogràfics, produint, així, un biaix important en els paràmetres dels models economètrics estimats i, per tant, resultats que no condueixen cap a conclusions robustes.

En concret, la majoria dels estudis que examinen les causes de les emissions de CO₂ dels habitatges (p. ex., Holden i Norland, 2005; Ko i Radke, 2014; Muñoz et al., 2013; Wilson, 2013), estimen models economètrics estàndards a partir de considerar les llars com la unitat bàsica d'anàlisi i d'agregar, a aquest primer nivell d'informació, altres variables mesurades a un nivell geogràfic més elevat (p. ex., municipis). L'ús de models economètrics amb tècniques d'estimació estàndard, com ara els Mínims Quadrats Ordinaris (OLS, per les sigles en anglès), no permet considerar el fet que les dades han estat agregades a diferents nivells geogràfics (p. ex., llars agrupades en municipis) i, per tant, aquests models estàndards no poden abordar els efectes grupals interns (entre les llars) i transversals (a través dels municipis). Aquest

27

La presència de fal·làcia ecològica en estudis que utilitzen dades agregades és a causa del fet que s'assumeix que les unitats espacials són els actors que actuen (p. ex., percentatge de la població en un municipi que disposa d'habitatge en propietat), quan, en realitat, els actors ho són les persones (vegeu p. ex., Ewing i Cervero, 2010).

tracte no acurat en les variacions micronivell condueix cap a una variació i errors estàndards més reduïts en aquests models estàndards i, per tant, aquests poden produir un biaix en els resultats estimats, doncs els nivells de significació dels factors considerats poden ésser sobreestimats (Snijders i Bosker, 2012). A més, l'ús de regressions amb Mínims Quadrats Ordinaris per a dades jeràrquiques, viola les hipòtesis fonamentals de mesura independents com ara l'autocorrelació espacial (Raudenbush i Bryk, 2002). Per exemple, les observacions a l'escala geogràfica més petita (p. ex., persones), que estan agrupades en la mateixa unitat d'un nivell geogràfic més elevat (p. ex., municipi), comparteixen efectes de localització i són sovint més semblants entre si que les persones que viuen en altres municipis, indicant que el procés de presa de decisions (p. ex., lloc on realitzar les compres diàries) no és generalment aleatori.

Abordar aquests problemes d'estimació implica, tal i com la literatura economètrica citada més amunt proposa, l'estimació de variacions internes (intra-) i transversals (inter-) grupals a partir de l'extensió de la part aleatòria dels models. No obstant, això ha estat escassament aplicat en els estudis existents sobre l'ús d'energia residencial. Només l'estudi de Ewing i Rong (2008) ha controlat adequadament la variació micronivell en l'anàlisi empírica de la relació entre atributs de la forma urbana i l'ús d'energia residencial, mentre que l'estudi de Lee i Lee (2014) és l'únic estudi que ho ha fet respecte al vincle entre policentrisme i emissions de CO₂ dels habitatges. Per tant, aquest estudi és, conjuntament amb l'estudi de Lee i Lee (2014), un dels primers en controlar adequadament la variació micronivell quan s'analitza el rol del policentrisme envers el consum d'energia residencial.

D'altra banda, l'ús del modelatge d'equació estructural multinivell permet gestionar un gran nombre de variables endògenes, exògenes, i latents (no observades) que s'especifiquen com una combinació lineal de variables observades (indicadors de manifest: 'manifest indicators' en anglès), per tal d'identificar, i simultàniament estimar, interrelacions casuals complexes. La construcció d'aquesta combinació lineal de variables és un dels trets principals que distingeix el modelatge d'equació estructural multinivell d'altres tècniques de modelatge economètric, doncs habilita el model estimar els efectes causals en efectes directes i indirectes. Els efectes totals són la suma dels efectes directes i indirectes, mentre que aquests últims representen la suma de tots els altres efectes intervinguts per almenys una altra variable. Un altre tret característic del modelatge d'equació estructural multinivell és la seva essència d'anàlisi de confirmació en lloc d'exploració, doncs avalua una teoria conjuntament amb les seves hipòtesis, en base a unes relacions causals entre variables representades en l'especificació d'un model estadístic.

Aquests dos trets fan del modelatge d'equació estructural multinivell, la tècnica de modelatge economètric més adequada, en comparació a altres, per tal d'assolir l'objectiu de recerca d'aquest estudi, doncs possibilita considerar els següents dos aspectes. En primer lloc, permet considerar les relacions compostes que el policentrisme estableix amb les emissions de CO₂ dels habitatges (això és, considerar-ne els seus efectes totals, directes, i indirectes) i, per tant, contribueix a clarificar les causes sobre l'ambigüitat dels efectes del policentrisme doncs s'evita subestimar o sobreestimar els seus efectes nets totals. En segon lloc, permet avaluar empíricament la teoria del model conceptual proposat en la [secció 4.2](#), a partir de les dades disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona.

L'especificació d'un model d'equació estructural multinivell està generalment format per model/s de mesurament que inclouen indicadors observables per mesurar les variables latents, com en l'anàlisi factorial confirmatòria ('confirmatory factor analysis' en anglès), juntament amb un model estructural que especifica els efectes causals de les variables exògenes (observables o latents) sobre les variables endògenes, i els efectes causals entre variables endògenes. En aquest estudi es segueix l'especificació general de modelatge d'equació estructural multinivell basada en la formulació d'un model de mesurament i de dos models estructurals.

Aquesta especificació, que originalment es definia a partir de descompondre les dades observades en matrius de covariàncies diferents per atendre l'agrupació de les dades en diversos nivells (vegeu, p. ex.,

Muthén, 1994), ha evolucionat per tal d'abordar els seus problemes d'implementació, com ara habilitar l'estimació de coeficients aleatoris i, actualment (vegeu p. ex., Muthén i Asparouhov, 2009; Preacher et al., 2010, 2016), permet tractar més fàcilment models complexos que no pas l'alternativa existent en la literatura per especificar models d'equació estructural multinivell²⁸. Així doncs, l'especificació general dels models d'equació estructural multinivell utilitzada en aquest estudi es pot definir a partir de les següents tres equacions:

$$Y_{ij} = \mathbf{v}_j + \Lambda_j \boldsymbol{\eta}_{ij} + \mathbf{K}_j \mathbf{X}_{ij} + \boldsymbol{\varepsilon}_{ij}$$

EQUACIÓ 4.1

$$\boldsymbol{\eta}_{ij} = \boldsymbol{\alpha}_j + \mathbf{B}_j \boldsymbol{\eta}_{ij} + \Gamma_j \mathbf{X}_{ij} + \boldsymbol{\zeta}_{ij}$$

EQUACIÓ 4.2

$$\boldsymbol{\eta}_j = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\beta} \boldsymbol{\eta}_j + \boldsymbol{\gamma} \mathbf{X}_j + \boldsymbol{\zeta}_j$$

EQUACIÓ 4.3

Mentre que l'equació 4.1 defineix el/s model/s de mesurament d'un model d'equació estructural multinivell, la part estructural d'aquest model és expressat per l'equació 4.2 i 4.3; on, la primera equació d'aquestes, defineix el model estructural al nivell 1 i la segona ho fa pel nivell 2. Les definicions dels diferents termes d'aquestes equacions són les següents. Els termes residuals $\boldsymbol{\varepsilon}_{ij}$, $\boldsymbol{\zeta}_{ij}$, i $\boldsymbol{\zeta}_j$ tenen una distribució normal i independent a través de les equacions. \mathbf{Y}_{ij} és un vector de variables observables, \mathbf{X}_{ij} conté les variables exògenes (p. ex., nombre total de membres de la llar) mesurades al nivell 1 (això és, a nivell de la llar en aquest estudi), \mathbf{X}_j conté les variables exògenes (p. ex., inversa de la distància al centre secundari més proper) mesurades al nivell 2 (això és, a nivell del municipi en aquest estudi), i la resta de vectors i matrius parametritzen el model amb coeficients fixos o aleatoris. La nomenclatura amb subíndex 'j', present en els paràmetres de les matrius, indica que alguns dels seus elements (\mathbf{v}_j , Λ_j , \mathbf{K}_j , $\boldsymbol{\alpha}_j$, \mathbf{B}_j , i Γ_j) poden variar a través de les unitats de nivell 2: p. ex., el vector $\boldsymbol{\alpha}_j$ fa referència a interseccions aleatòries ('random intercepts' en anglès) que es poden definir. En el cas d'aquest estudi, seguint el model conceptual de la Figura 4.1, es defineix una intersecció aleatòria per a dues variables endògenes observables, una per les emissions de CO₂ de l'habitatge i una altra pel tipus d'habitatge.

No obstant, aquest model d'equació estructural multinivell s'ha de restringir per tal d'adequar-se al cas particular d'aquest estudi, doncs el model teòric proposat en la secció 4.2 no incorpora coeficients aleatoris ni variables latents. A més, aquesta especificació de model d'equació estructural multinivell s'ha d'estendre per tal d'incorporar adequadament la variable ordinal endògena 'tipus d'habitatge' del model conceptual. Aquesta extensió es realitza, tal i com Asparouhov i Muthén (2010b, 2015) suggereix, mitjançant l'ús d'una funció d'enllaç prohibit ('probit link function en anglès) on, per a cada variable categòrica ordinal Y_{pij} es defineix la variable subjacent Y_{pij}^* de la següent manera:

$$Y_{pij} = l \Leftrightarrow \tau_{l-1,p} < Y_{pij}^* < \tau_{lp}$$

EQUACIÓ 4.4

On τ_p són els paràmetres de llindar ('threshold parameters' en anglès) i, a causa de motius d'identificació d'aquest model d'equació estructural multinivell, la variància residual ε_{pij} es fixa a un valor d' '1'.

L'estimació d'aquests tipus de models es duen a terme, normalment, en la literatura existent, mitjançant l'aproximació freqüentista a l'estadística i, per tant, utilitzant estimadors, com ara el de Màxima Versemblança (ML, per les sigles en anglès), el de Màxima Versemblança Robusta (MLR, per les sigles en anglès), i el de Mínims Quadrats Ponderats amb Variables Omeses (WLSMV, per les sigles en anglès). Per exemple, aquest és el cas de l'estudi de [Lee i Lee \(2014\)](#) que, tal i com s'ha citat anteriorment, és un dels pocs estudis que ha analitzat la relació entre policentrisme i emissions de CO₂ dels habitatges fins a la data.

4.3.2.2 Aproximació Bayesiana

Malgrat l'ús generalitzat de l'aproximació freqüentista a l'estadística per a l'estimació de models d'equació estructural multinivell, actualment hi ha un creixent interès en la literatura economètrica per promoure l'ús de la inferència Bayesiana (vegeu, p. ex., [Asparouhov i Muthén, 2010a, 2010b, 2015](#); [Muthén i Asparouhov, 2012](#); [Van de Schoot et al., 2016](#); [Zyphur i Oswald, 2013](#)). Això s'explica ja que l'aproximació Bayesiana a l'estadística presenta una sèrie d'avantatges importants. Segons [Muthén i Asparouhov \(2012:314\)](#) cinc aspectes principals motiven l'ús d'inferències Bayesianes en lloc de les freqüentistes.

En primer lloc, permet aprofitar millor el coneixement que es té sobre els paràmetres dels models; conduint cap a una obtenció dels paràmetres més robusta i amb menys biaix. En segon lloc, en comparació a la inferència freqüentista, on l'estimació dels paràmetres i els seus errors estàndards es fan en base a uns resultats asimptòtics, que acaben suposant que el model s'estima amb una distribució normal, la inferència Bayesiana no es basa en aquesta teoria i proporciona la distribució posterior dels paràmetres basada, tant en la seva distribució a priori com en la funció de versemblança avaluada, fent servir les dades observades. En tercer lloc, ja que la inferència Bayesiana no es basa en la teoria asimptòtica, s'obté una major eficiència d'estimació quan s'utilitza una mostra petita, tant pel cas de dades agregades com pel de dades jeràrquiques. En quart lloc, els models estadístics esdevenen computacionalment més fàcils d'implementar. La inferència Bayesiana no és tant dependent del nombre existent de dimensions d'integració numèrica, per estimar models estadístics, com ho és la inferència freqüentista, on un model estadístic que inclogui, per exemple, variables categòriques i varies variables latents impossibilita, o ho fa molt difícil, la seva computació numèrica, utilitzant el mètode de Màxima Versemblança. En cinquè lloc, permet analitzar més fàcilment models amb un gran nombre de paràmetres (és a dir, models més complexos) o amb problemes d'identificació quan s'utilitza el mètode de Màxima Versemblança; per exemple, aquest seria el cas quan es consideren càrregues creuades ('cross-loadings' en anglès) o correlacions residuals ('residual correlations' en anglès) en l'estimació d'una anàlisi factorial confirmatòria.

Aquests avantatges de la inferència Bayesiana es deuen a la utilització del Teorema de Bayes per a la formació de les distribucions dels paràmetres dels models, d'una banda, i a l'actualització de les distribucions d'aquests mitjançant l'ús d'algoritmes de Cadenes de Màrkov Monte Carlo (MCMC, per les sigles en anglès), d'altra banda (vegeu, p. ex., [Kaplan i Depaoli, 2012](#)). L'ús del mètode MCMC, permet una computació numèrica més manejable dels models Bayesianes, doncs, en lloc de calcular analíticament les distribucions posteriors dels paràmetres, simula mostres construïdes a partir de les distribucions posteriors dels paràmetres del model ([Lee, 2007](#)). L'avaluació de la convergència dels models d'equació estructural simulats per MCMC, es duen a terme a partir de considerar el test de Reducció d'Escala Potencial (PSR, per les sigles en anglès) i el de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Els models convergeixen adequadament si s'obtenen valors inferiors a 1,05 amb relació al test PSR i si, respecte al test K-S, els valors són baixos i estadísticament no significatius (superiors a 0,05) ([Kaplan i Depaoli 2012](#); [Muthén i Asparouhov, 2012](#)). Per a una descripció tècnica més àmplia sobre els algoritmes de MCMC vegeu, p. ex.,

els estudis de [Gelman et al. \(2004\)](#) i [Muthén i Asparouhov \(2012\)](#); i per a una descripció tècnica més detallada de la seva aplicació en el modelatge d'equació estructural ([equacions 4.1-4.4](#)) vegeu, p. ex., [Asparouhov i Muthén \(2003, 2010a, 2010b, 2015\)](#) i [Muthén i Asparouhov \(2012\)](#).

Així doncs, aquest estudi ajusta un conjunt de models d'equació estructural multinivell, adoptant preferiblement la inferència Bayesiana en lloc de la freqüentista, per tal d'examinar empíricament la relació entre policentrisme i les emissions de CO₂ dels habitatges. El seu ús es justifica en base als avantatges de la inferència Bayesiana explicats més amunt, doncs la traducció del model conceptual proposat en la [secció 4.2](#) en un marc empíric implica considerar un gran nombre de paràmetres i variables categòriques ordinals, a la vegada que l'aplicació d'aquest marc empíric per a la regió metropolitana de Barcelona, considerant les dades disponibles (vegeu subsecció anterior), implica la utilització d'una mostra petita a nivell de municipi (65 observacions).

4.3.2.3 Modelatge d'equació estructural multinivell: implementació

Els dos últims apartats d'aquesta subsecció presenten el procés d'implementació dels diferents models d'equació estructural multinivell estimats en aquest estudi, i les estadístiques de bondat d'ajust que es consideren per tal d'avaluar-los. La implementació del modelatge d'equació estructural multinivell en aquest estudi es desenvolupa partint dels tres efectes del policentrisme, explicats pel model conceptual (vegeu [Figura 4.1](#)). Del plantejament de la recerca (vegeu [Figura 4.2](#)), s'extreuen cinc especificacions diferents de model d'equació estructural multinivell; aquestes especificacions fan referència als diferents efectes del policentrisme i són les següents: (1) la primera, considera els efectes de la proximitat als centres (model 1-P1); (2) la segona, fa referència als efectes de la mida dels centres en l'anàlisi del lloc de residència (model 2-P2); (3) la tercera i (4) la quarta, consideren els efectes de la mida dels centres en l'origen (model 3-P2) o la destinació (model 4-P2) de la mobilitat residencial; i (5) la cinquena, fa referència als efectes de la mida agregada dels centres, mitjançant la seva integració en la mobilitat residencial (model 5-P3).

Per a cada una d'aquestes especificacions, la implementació d'un model d'equació estructural multinivell segueix les següents pautes. En primer lloc, abans d'afegir cap variable observable per tal d'establir les relacions directes i indirectes del model conceptual i segons les bases disponibles per la regió metropolitana de Barcelona, aquest estudi ajusta un model d'equació estructural multinivell, incloent només termes d'intersecció aleatòria. L'ajustament d'aquest model es realitza a partir d'utilitzar, d'una banda, el mètode de Màxima Versemblança Robusta (MLR, per les sigles en anglès) amb Quadratura de Gauss Adaptativa (15 punts d'integració) i, d'altra banda, els algorismes de Cadenes de Màrkov Monte Carlo (MCMC, per les sigles en anglès) amb mostreig Gibbs (dues cadenes i 10.000 iteracions); d'aquesta manera es pot dur a terme una anàlisi de sensibilitat dels resultats, comparant la inferència freqüentista amb la Bayesiana. Quan els termes aleatoris d'aquest model d'equació estructural multinivell (variància al nivell 1 i 2, tant per les emissions de CO₂ de l'habitatge com per el tipus d'habitatge) són estadísticament significants, la hipòtesi que les llars agrupades en el mateix municipi comparteixen efectes de localització és corroborada. En aquest sentit, és important indicar que els resultats de les estimacions freqüentistes i Bayesianes confirmen aquesta hipòtesi (resultats disponibles a petició).

En segon lloc, aquest estudi afegeix les variables observades, tant a nivell 1 (això és, les llars) com a nivell 2 (això és, els municipis) d'agregació (vegeu [Figura 4.2](#)), a la especificació anterior de model d'equació estructural multinivell amb termes d'intersecció aleatòria, i ajusta, una altra vegada, un model d'equació estructural multinivell per a cada una de les cinc especificacions citades més amunt, utilitzant, d'una banda, MLR amb Quadratura de Gauss Adaptativa (15 punts d'integració) i, d'altra banda, MCMC amb mostreig Gibbs (dues cadenes i 10.000 iteracions). La inferència Bayesiana d'aquests models d'equació estructural multinivell utilitza distribucions a priori dels paràmetres del model, mitjançant la definició de distribucions a priori no-informatives, a causa de la manca de coneixement a priori en la literatura.

En aquest sentit, aquest estudi, d'acord amb [Asparouhov i Muthén \(2010a, 2010b, 2015\)](#), especifica una distribució de probabilitats a priori dels paràmetres uniforme (relativament plana), és a dir, una distribució a priori amb una gran variància: p. ex., s'especifica per a les variables contínues, una distribució normal per un efecte (β) amb una mitjana $\mu_{\beta}=0$ i una variància $\sigma_{\beta}^2=10^{10}$ (és a dir, $N(0,10^{10})$), mentre que, per a les variables categòriques ordinals i als seus paràmetres de llindar, s'especifica $N(0,5)$ i $N(0,10^{10})$, respectivament. A més, aquest estudi avalua la convergència dels models d'equació estructural simulats per MCMC, a partir de considerar els tests PSR i K-S descrits en l'anterior apartat. És important mencionar que, segons aquests tests de diagnòstic de convergència, tots els models d'equació estructural convergeixen satisfactòriament; respecte el test PSR obtenen valors inferiors a 1,05, i amb relació al K-S test, els valors són baixos i estadísticament no significatius (superiors a 0,05).

En tercer lloc, l'ajust de tots els models d'equació estructural multinivell estimats per MLR i simulats per MCMC s'ha avaluat mitjançant la consideració d'estadístiques de bondat d'ajust. Aquestes inclouen, p. ex., l'Índex d'Ajust Comparatiu (CFI, per les sigles en anglès), quan es considera l'estimació freqüentista, i inclouen, p. ex., el valor-P predictiu posterior (PPP, per les sigles en anglès), quan s'utilitza l'aproximació Bayesiana a l'estadística. A més, aquest estudi considera les estadístiques de bondat d'ajust relatives a (1) la Correlació Intraclasse (ICC, per les sigles en anglès) i (2) el Pseudo-Coefficient de Determinació (Pseudo R^2 , per les sigles en anglès), que s'obté per a les variables endògenes dels models multinivell (vegeu [Raudenbush i Bryk, 2002](#); [Snijders i Bosker, 2012](#)). L'últim apartat d'aquesta subsecció explica la definició d'aquestes estadístiques de bondat d'ajust i els seus criteris d'avaluació corresponents.

En quart lloc, aquest estudi duu a terme una anàlisi de sensibilitat per examinar la robustesa dels resultats obtinguts, mitjançant els models d'equació estructural multinivell Bayesianes (models preferits). D'una banda, aquesta anàlisi de sensibilitat es basa en l'obtenció de prediccions Bayesiana Empírica ('Empirical Bayes predictions' en anglès), amb l'objectiu d'identificar les ciutats de la regió metropolitana de Barcelona que són comparativament més eficients en la reducció de les emissions de CO_2 dels habitatges. D'altra banda, es basa en l'ús de la simulació Monte Carlo, amb l'objectiu d'examinar en quina magnitud variarien els efectes del policentrisme segons diversos condicionants (p. ex., en l'hipotètic cas d'una regió metropolitana de gran mida). D'aquesta manera, l'ús de la simulació Monte Carlo permetria a aquest estudi poder generalitzar els resultats obtinguts en els models d'equació estructural multinivell amb més garantia, doncs abordaria adequadament el fet d'haver considerat com a cas únic d'estudi la regió metropolitana de Barcelona.

4.3.2.4 Modelatge d'equació estructural multinivell: estadístiques de bondat d'ajust

Moltes estadístiques de bondat d'ajust s'han desenvolupat en la literatura per avaluar un model d'equació estructural (incloent l'especificació multinivell), i quantificar en quina mesura un model és més vàlid en comparació a un altre (vegeu, p. ex., [Garson, 2012](#); [Ryu i West, 2009](#); [Yuan i Bentler, 2007](#)). El test més comú utilitzat en el modelatge d'equació estructural, quan es considera la inferència freqüentista, és l'estadística Khi-Quadrat ('chi-square' en anglès); aquesta, mesura la diferència mínima entre la matriu de variància-covariància observada i estimada. L'objectiu és obtenir un model on Khi-Quadrat no sigui significat ($p>0,05$), ja que si el valor de Khi-Quadrat és significat, llavors la matriu de covariància estimada és significativament diferent que l'observada. Els tests alternatius aplicats en la literatura inclouen l'Índex d'Ajust Comparatiu (CFI, per les sigles en anglès), l'Índex Tucker-Lewis (TLI, per les sigles en anglès), l'Error Quadràtic Mig d'Arrel en l'Aproximació (RMSEA, per les sigles en anglès), i el Residu Quadràtic Mig d'Arrel Estandarditzat (SRMR, per les sigles en anglès).

El CFI compara fins a quin cert punt un model és més vàlid que el model nul, on s'assumeix que no hi ha cap relació entre covariants. Pren valors entre 0 i 1, i valors més grans que 0,90 indiquen un ajust del model raonablement bo. El TLI és similar al CFI i aborda la mida de la mostra, a la vegada que penalitza la

complexitat del model. El TLI pren valors més alts, en la mesura que les correlacions també ho siguin. El seu interval de valors és també entre 0 i 1, i valors més grans de 0,90 signifiquen un bon ajust del model. El RMSEA considera la quantitat d'error en cada grau de llibertat del model i penalitza el model per la presència no necessària de complexitat. A més, és una de les estadístiques de bondat d'ajust que està menys influenciada per la mida de la mostra. Valors inferiors a 0,05 de RMSEA indiquen un bon ajust del model, mentre que valors inferiors a 0,08 indiquen un ajust del model acceptable. El SRMR quantifica la proximitat amb la qual el model reproduïx cada correlació. Aquest test de bondat d'ajust s'obté, doncs, per a tots els nivells d'agregació de les dades i valors inferiors a 0,08 indiquen un bon ajust.

El test més comú en el modelatge d'equació estructural, quan es considera la inferència Bayesiana (vegeu, p. ex., [Asparouhov i Muthén, 2010b](#)), és la Comprovació Predictiva Posterior ('Posterior Predictive Checking' en anglès) i, en concret, el valor-P predictiu posterior (PPP, per les sigles en anglès). El PPP reflecteix la proporció de quantes vegades les dades observades són més probables que les generades, simulant el model predictiu posteriori (això és, la proporció de vegades que les dades observades tenen un menor Khi-Quadrat que les dades generades). Valors estadísticament significatius del PPP (inferiors a 0,05) indiquen un ajust dolent del model, doncs significa que les dades observades s'ajusten millor que les dades generades, molt infreqüentment (p. ex., menys d'un 5%), mentre que valors no significatius i més a prop de 0,50 mostren que les dades observades de mitjana són tan probables com les dades generades i, per tant, indiquen un bon ajust del model.

A més, tant en els models d'equació estructural multinivell, que adopten la inferència freqüentista, com la Bayesiana, és pot obtenir una estadística de bondat d'ajust que avaluï cada variable endògena del model. Aquesta estadística és el Coeficient de Determinació (R^2 , per les sigles en anglès) que mesura la proporció de la variància de les variables endògenes, que és explicada per les variables independents. En el cas dels models multinivells (vegeu [Raudenbush i Bryk, 2002](#); [Snijders i Bosker, 2012](#)), es calculen Pseudo- R^2 a partir de considerar separatament les variàncies en els diferents nivells d'agrupació de les dades, això resulta en dos Pseudo- R^2 , un per a cada nivell d'agregació de les dades (p. ex., a nivell de les llars i a nivell dels municipis). També es pot obtenir una estadística de bondat d'ajust que avaluï la importància dels diferents nivells d'agregació. Aquesta estadística és la Correlació Intraclasse (ICC, per les sigles en anglès) i mesura fins a quin cert punt la variància total ($\psi + \theta$) és explicada per la variància del nivell d'agregació més alt (θ) (p.ex., pels municipis en aquest estudi).

§ 4.4 Policentrisme i ús d'energia residencial

4.4.1 Bondat dels models d'equació estructural multinivell estimats

El diagrama de causalitat del model d'equació estructural multinivell Bayesià, considerant els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1) i la seva mida (model 2-P2), es mostra en la [Figura 4.5](#) i [4.6](#), respectivament, mentre que els diagrames de causalitat dels models d'equació estructural multinivell Bayesians, referents a les altres tres especificacions de model definides per aquest estudi (model 3-P2, model 4-P2, i model 5-P3), i els diagrames de causalitat dels models d'equació estructural multinivell, estimats per a cada una d'aquestes cinc especificacions tot considerant la inferència freqüentista, estan disponibles a petició.

En aquests dos diagrames de causalitat, es representen les variables observades a nivell de la llar (nivell 1) i de municipi (nivell 2) en forma de rectangles, les interseccions aleatòries a nivell de la llar en forma

de cercles blaus, i les interseccions aleatòries a nivell de municipi (que es poden entendre també com a variables latents) en forma d'oval. Les variables endògenes (dependents) i les exògenes (independents) estan connectades per fletxes que especifiquen la direcció de l'efecte. L'efecte està representat pel coeficient estandarditzat estimat (elasticitat) amb el seu nivell de significació. Les elasticitats permeten una interpretació més clara dels efectes estimats i, a més, proporcionen informació útil als legisladors de política pública per tal de formular recomanacions de polítiques de planificació territorial (vegeu [Ewing i Cervero, 2010](#)); per tant, la seva estimació pot contribuir a aportar nova llum sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial ([Masip-Tresserra, 2016](#)). El nivell de significació considerat és del 95% i es representa amb un superíndex en forma d'asterisc. És important apuntar que l'interval de credibilitat Bayesiana, a diferència d'un interval de confiança convencional, és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certa. Això implica que els efectes estadísticament significatius al 95% són aquells que presenten un interval de credibilitat que no inclou el zero.

Les estadístiques de bondat d'ajust dels models d'equació estructural multinivell, estimats a partir de considerar tant la inferència freqüentista com la Bayesiana, i cada una de les cinc especificacions de model definides per aquest estudi, es presenten en la [Taula 4.1](#). Els resultats emfatitzen que tots els models d'equació estructural multinivell estimats (model 1-P1, model 2-P2, model 3-P2, model 4-P2, i model 5-P3) s'ajusten correctament i, per tant, no és necessari reajustar els models per tal de dur a terme, de forma acurada, l'anàlisi empírica de la relació entre el policentrisme i l'ús d'energia residencial.

D'una banda, les estadístiques de bondat d'ajust disponibles quan s'estimen models d'equació estructural multinivell mitjançant l'aproximació freqüentista a l'estadística, són raonablement bones. En primer lloc, els cinc models presenten valors de CFI, TLI, RMSEA, i SRMR que excedeixen o satisfan l'interval de valors suggerit per a cada índex, pel qual es pot corroborar un bon ajust del model (p. ex., més de 0,90 quan es considera el CFI).

En segon lloc, el valor de la ICC, que mesura la proporció de la variància total que és explicada pels municipis, és considerablement alt per a aquest tipus de model, i varia entre un valor de 0,066 en el model 3-P2 a un valor de 0,208 en el model 2-P2. Conseqüentment, aquests valors alts de ICC indiquen que les llars agrupades en el mateix municipi tenen un consum d'energia residencial similar, causant així emissions de CO₂ bastant comparables.

En tercer lloc, el Pseudo-Coefficient de Determinació és raonablement acceptable en el context del modelatge multinivell, suggerint així que les emissions de CO₂ de l'habitatge poden ser predites per les variables explicatives. Per exemple, els valors del Pseudo-R² a nivell de les llars varia entre 0,193 (model 4-P2) i 0,327 (model 3-P2), mentre que l'interval de valors del Pseudo-R² a nivell dels municipis és de 0,155 (model 2-P2) a 0,289 (model 5-P3).

En quart lloc, el valor-P necessari ($p > 0,05$) del Khi-Quadrat que indica un bon ajust del model s'obté en quatre dels cinc models d'equació estructural multinivell estimats. L'únic model que presenta un valor significatiu del Khi-Quadrat per sobre del 95% de confiança és el model 3-P2 ($p = 0,0367$). No obstant, el fet que el valor-P del Khi-Quadrat sigui significatiu no implica reajustar aquest model 3-P2, doncs, tal i com indica la literatura econòmica (vegeu, p. ex., [Garson, 2012](#)), el valor de Khi-Quadrat i el seu nivell de significació com a estadística de bondat d'ajust del model s'ha de considerar com a orientativa. La raó principal és que el nivell de significació del Khi-Quadrat s'incrementa substancialment a mesura que la mida de la mostra també augmenta i, en estudis on la mida de la mostra és gran (això és, més de 200 observacions), és molt difícil obtenir valors-P del Khi-Quadrat inferiors a 0,05.

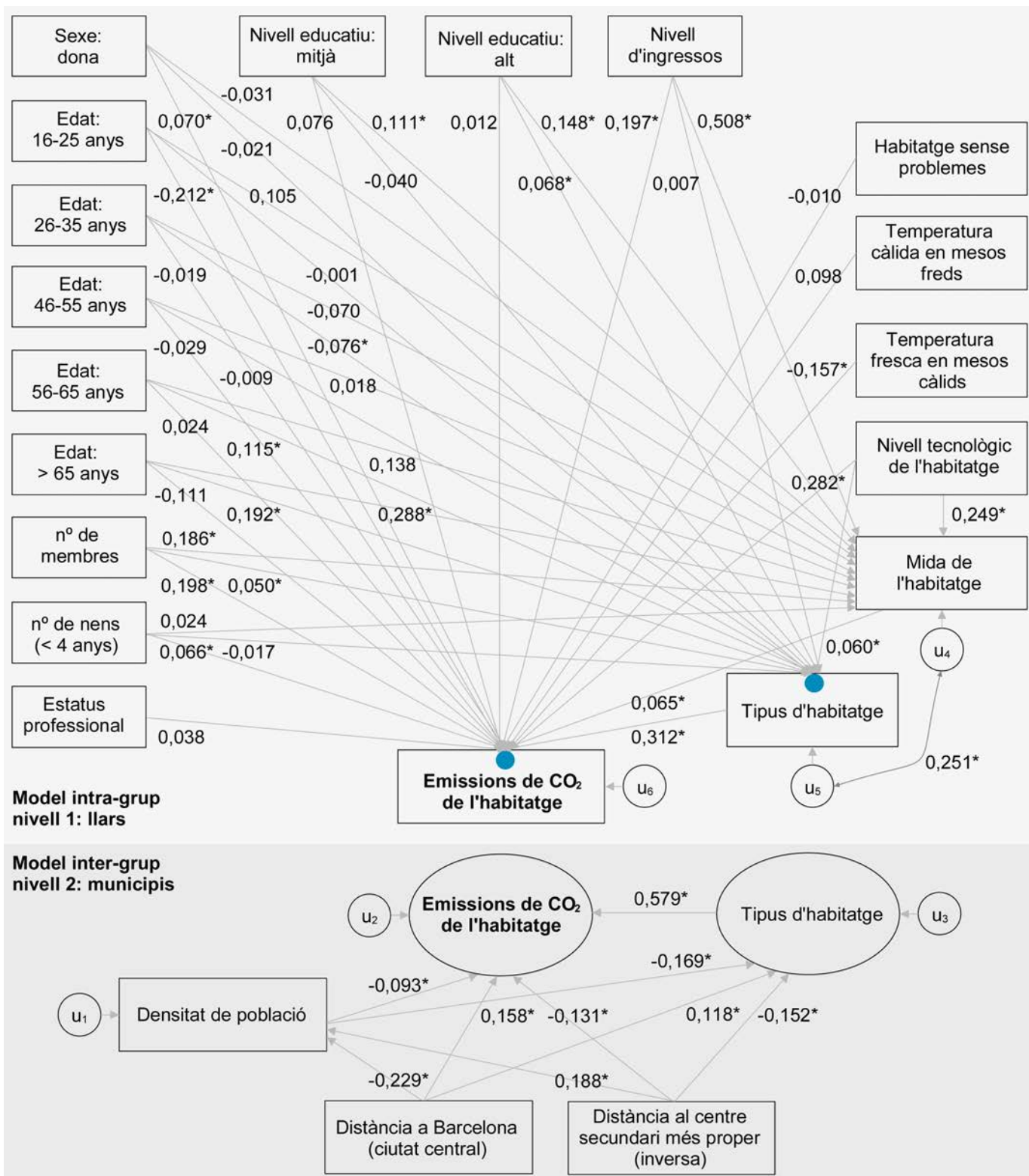


FIGURA 4.5 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1)

* variables estadísticament significatives al 95 per cent. Això vol dir que l'interval de credibilitat aproximat, fent servir les cadenes MCMC (Cadenes de Màrkov Monte Carlo), no inclou el zero (p. ex., l'interval de credibilitat de l'efecte directe de la distància a Barcelona en les emissions de CO₂ de l'habitatge és 0,02; 0,29). Vegeu els altres intervals de credibilitat del 95% per a cada paràmetre a la Taula 4.2. Nota(es): els cercles blaus representen les interseccions aleatòries del model d'equació estructural multinivell Bayesià estimat. El tipus d'habitatge és una variable ordinal (1: habitatge plurifamiliar, 2: habitatge unifamiliar adossat, i 3: habitatge unifamiliar aïllat). Els coeficients de les variables exògenes en el tipus d'habitatge són estimats mitjançant l'ús d'una funció d'enllaç probit. Les referències de les variables categòriques són les següents: edat (36-45 anys) i nivell educatiu (baix). En el cas de variables binàries, les referències són: sexe (home), estatut professional (desocupat), nivell d'ingressos (no és propietari de l'habitatge), presenta problemes (sí), temperatura càlida en mesos freds (no), temperatura fresca en mesos càlids (no), i nivell tecnològic de l'habitatge (no disposa de connexió a internet). Les estadístiques de bondat d'ajust d'aquest model es poden observar a la Taula 4.1, mentre que els resultats dels tests de convergència del model es mostren a la Taula 4.2.

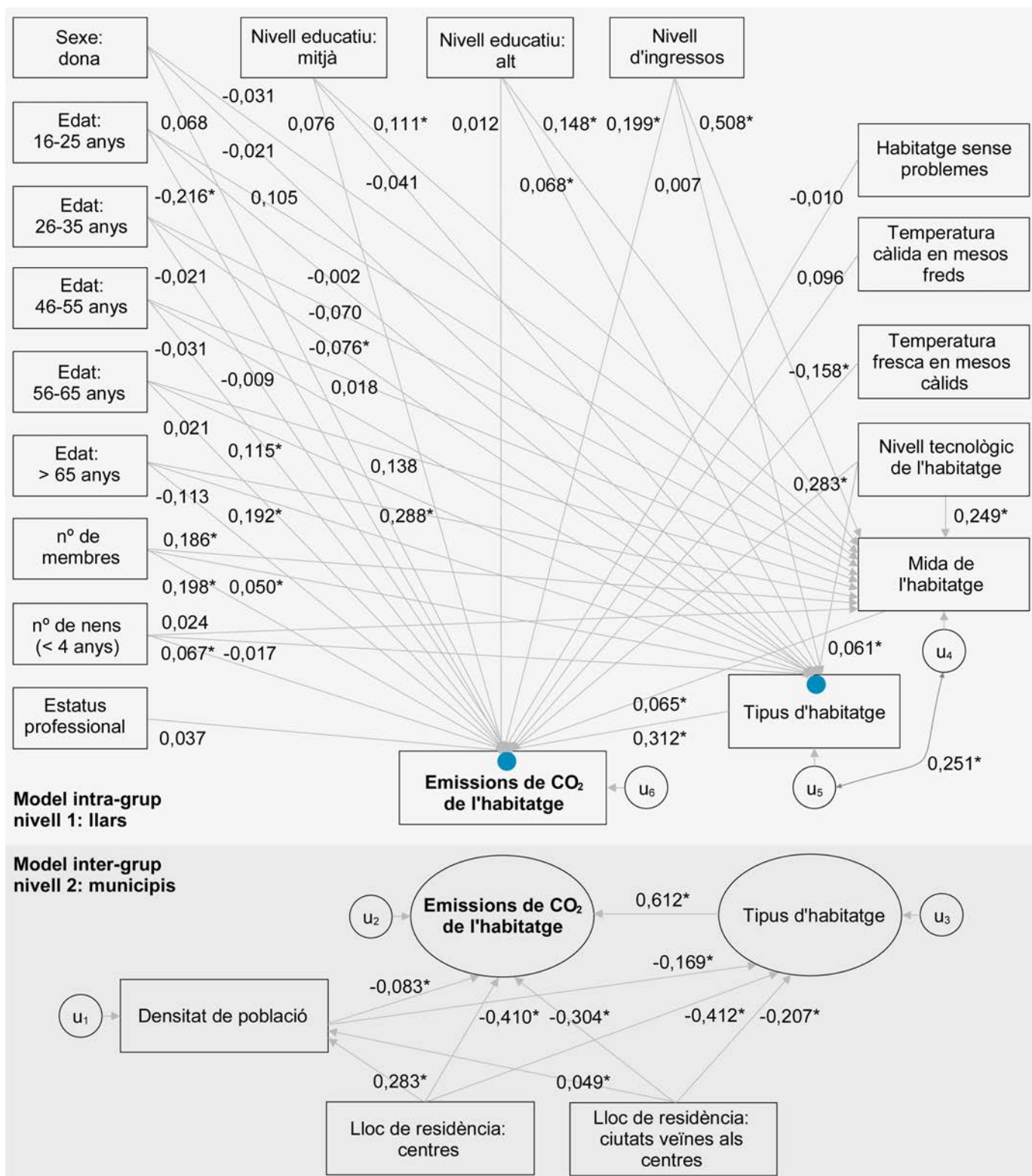


FIGURA 4.6 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els efectes del policentrisme via la mida dels centres (model 2-P2)

* variables estadísticament significatives al 95 per cent. Això vol dir que l'interval de credibilitat aproximat, fent servir les cadenes MCMC (Cadenes de Màrkov Monte Carlo), no inclou el zero (p. ex., l'interval de credibilitat de l'efecte directe d'estar localitzat en centres en lloc d'àrees perifèriques en les emissions de CO₂ de l'habitatge és -0,76; -0,05). Vegeu els altres intervals de credibilitat del 95% per a cada paràmetre a la Taula 4.2. Nota(es): els cercles blaus representen les interseccions aleatòries del model d'equació estructural multinivell Bayesià estimat. El tipus d'habitatge és una variable ordinal (1: habitatge plurifamiliar, 2: habitatge unifamiliar adossat, i 3: habitatge unifamiliar aïllat). Els coeficients de les variables exògenes en el tipus d'habitatge són estimats mitjançant l'ús d'una funció d'enllaç probit. Les referències de les variables categòriques són les següents: edat (36-45 anys), nivell educatiu (baix), i lloc de residència (àrees perifèriques). En el cas de variables binàries, les referències són: sexe (home), estatut professional (desocupat), nivell d'ingressos (no és propietari de l'habitatge), presenta problemes (sí), temperatura càlida en mesos freds (no), temperatura fresca en mesos càlids (no), i nivell tecnològic de l'habitatge (no disposa de connexió a internet). Les estadístiques de bondat d'ajust d'aquest model es poden observar a la Taula 4.1, mentre que els resultats dels tests de convergència del model es mostren a la Taula 4.2.

D'altra banda, les estadístiques de bondat d'ajust disponibles quan es simulen models d'equació estructural multinivell, a partir de considerar la inferència Bayesiana, són també raonablement bones. En primer lloc, els cinc models presenten valors estadísticament no significatius del PPP (vegeu com tots els intervals de credibilitat que es mostren a la [Taula 4.1](#) amb relació a l'índex de Comprovació Predictiva Posterior inclouen el 0) i, per tant, això indica un bon ajust del model: les dades observades de mitjana són aproximadament tan probables com les dades generades, p. ex., un 31,9% en el cas del model 1-P1.

MODELS D'EQUACIÓ ESTRUCTURAL MULTINIVELL AJUSTATS EN AQUEST ESTUDI:	MODEL 1-P1	MODEL 2-P2	MODEL 3-P2	MODEL 4-P2	MODEL 5-P3
Inferència freqüentista^A					
Khi-Quadrat (χ^2) test [valor-P]	10,390 [0,2387]	10,400 [0,2381]	21,169 [0,0367]	16,311 [0,0681]	13,708 [0,0897]
CFI	0,997	0,997	0,978	0,980	0,990
TLI	0,981	0,980	0,904	0,916	0,932
RMSEA	0,011	0,011	0,044	0,032	0,029
SRMR (nivell 1: intra-grup)	0,004	0,004	0,011	0,009	0,009
SRMR (nivell 2: inter-grup)	0,001	0,001	0,038	0,002	0,002
ICC: CO ₂ de l'habitatge	0,207	0,208	0,066	0,188	0,177
Pseudo-R ² (nivell 1): CO ₂ de l'habitatge	0,201	0,202	0,327	0,193	0,237
Pseudo-R ² (nivell 2): CO ₂ de l'habitatge	0,251	0,155	0,280	0,171	0,289
Inferència Bayesiana^B					
PPP [interval de credibilitat del 95%]	0,319 [-26,1; 47,7]	0,300 [-24,8; 43,2]	0,259 [-20,1; 43,3]	0,247 [-21,3; 46,6]	0,313 [-27,5; 49,5]
ICC: CO ₂ de l'habitatge	0,228	0,250	0,095	0,228	0,184
Pseudo-R ² (nivell 1): CO ₂ de l'habitatge	0,244	0,244	0,382	0,240	0,358
Pseudo-R ² (nivell 2): CO ₂ de l'habitatge	0,249	0,172	0,199	0,180	0,329

TAULA 4.1 Estadístiques de bondat d'ajust dels models ajustats

a. Models d'equació estructural multinivell estimats a partir de MLR amb Quadratura de Gauss Adaptativa (15 punts d'integració).
b. Models d'equació estructural multinivell simulats a partir de MCMC amb mostreig Gibbs (2 cadenes i 10.000 iteracions).

En segon lloc, els valors de la ICC i del Pseudo-R² amb relació a les emissions de CO₂ de l'habitatge són, ara, encara més alts que els prèviament obtinguts en l'estimació freqüentista dels models d'equació estructural multinivell. Mentre que l'interval de valors en relació a la ICC es situa ara entre 0,095 i 0,250, els valors del Pseudo-R² varien entre 0,244 i 0,382 a nivell de les llars, i entre 0,172 i 0,329 a nivell dels municipis.

4.4.2 Els efectes totals dels determinants de l'ús d'energia residencial

4.4.2.1 Els efectes de la proximitat als centres

Els efectes directes, indirectes i totals dels determinants de les emissions de CO₂ de l'habitatge, considerant els efectes de la proximitat als centres (model 1-P1), es mostren en la [Taula 4.2](#) (vegeu columnes 2-7). La majoria dels efectes totals de les variables explicatives a nivell de la llar (nivell 1) són estadísticament significants—això vol dir, en la inferència Bayesiana, que el seu interval de credibilitat del 95% no inclou el 0. En concret, un cop controlat el nivell de qualitat i de tecnologia de l'habitatge, els habitatges unifamiliars aïllats de més mida, formats per un major nombre de membres, amb una major presència de nens (menors de 4 anys), i on el seu membre principal disposi d'un major nivell de ingressos, són els que generen més consum d'energia residencial i, per tant, emissions de CO₂. Aquests resultats són consistents

amb estudis previs que també han emfatitzat efectes similars amb relació a les característiques de l'habitatge (vegeu, p. ex., [Baur et al., 2014](#); [Han et al., 2015](#)) i als atributs sociodemogràfics de la llar (vegeu, p. ex., [Estiri, 2016](#); [Ewing i Rong, 2008](#); [Glaeser i Kahn, 2010](#)). En canvi, aquest estudi il·lustra que l'efecte total del sexe, edat, estatus professional, i nivell educatiu del membre principal de la llar no és estadísticament significatiu, malgrat que el signe (positiu o negatiu) d'aquest efecte sigui l'esperat en acordança amb el model proposat de la [secció 4.2](#) (vegeu [Figura 4.1](#)) i amb gran part dels estudis existents en la literatura. L'efecte total dels determinants mesurats al nivell de la llar que presenta una magnitud més gran és l'associat amb el nivell tecnològic (0,317) i el tipus d'habitatge (0,312), i el nivell d'ingressos de la llar (0,232): p. ex., els membres principals de la llar amb més ingressos (són propietaris de l'habitatge) generen un 23,2% més d'emissions de CO₂ que els que tenen menys ingressos.

La magnitud dels efectes dels atributs de la forma urbana i del policentrisme són aproximadament tan grans com la de les variables explicatives al nivell de la llar, un cop s'han controlat els atributs sociodemogràfics de la llar i les característiques de l'habitatge. A més, aquests efectes no només presenten el signe esperat d'acord amb el model conceptual descrit en la [Figura 4.1](#), sinó que també són estadísticament significants al 95% de credibilitat. L'elasticitat total de la densitat de població, que representa els efectes dels atributs de la forma urbana en l'ús d'energia residencial, és de -0,191. Això indica que doblar el nivell de densitat de població d'un municipi entre el període de temps del 2001 al 2011 hagués donat lloc a una reducció d'un 19,1% de mitjana en les emissions totals de CO₂ dels habitatges de l'any 2011. Aquest resultat és consistent amb altres estudis que també han il·lustrat com, a majors nivells de densitat de població, es generen menys emissions de CO₂ del sector residencial (vegeu, p. ex., [Brown et al., 2009](#); [Lee i Lee, 2014](#); [Ko i Radke, 2014](#)). També, la magnitud d'aquesta elasticitat neta per a la densitat de població (-0,191) està entremig de les elasticitats estimades en estudis previs, considerant altres contextos geogràfics—p. ex., [Brown et al. \(2009\)](#) estima una elasticitat neta per a la densitat de població de -0,474, considerant les 100 àrees metropolitanes més grans dels Estats Units, mentre que [Ko i Radke \(2014\)](#) obté una elasticitat neta de -0,039 per a la ciutat de Sacramento, Califòrnia—la qual cosa reafirma encara més l'efecte total de la densitat de població obtingut en aquest estudi.

Respecte als efectes del policentrisme amb relació als beneficis d'aglomeració associats a la proximitat geogràfica als centres (model 1-P1), l'elasticitat neta de la distància a la ciutat central (Barcelona) i de la inversa de la distància al centre secundari més proper, indiquen que com més gran és la proximitat de les àrees residencials als centres, menors són les emissions de CO₂ dels habitatges. Una reducció del 10% en la distància geogràfica entre una àrea i el seu centre secundari més proper, a partir de l'any 2001, hagués conduït cap a una reducció d'un 2,36% de mitjana en les emissions totals de CO₂ dels habitatges deu anys més tard. La magnitud dels efectes totals de la proximitat a la ciutat central de Barcelona és un xic més important: p. ex., considerant, també, una disminució d'un 10% en la distància geogràfica entre el període de temps del 2001 al 2011, aquesta millora de proximitat entre una àrea i la ciutat central hagués donat com a resultat una reducció d'un 2,47% en les emissions de CO₂ de l'any 2011.

Aquestes magnituds de les elasticitats netes de la densitat de la població i de la proximitat als centres, recolzen la idea que la mitigació i adaptació del canvi climàtic es pot abordar mitjançant l'elaboració de polítiques de planificació territorial orientades cap a la modificació dels atributs de la forma urbana i de l'estructura espacial metropolitana. Per exemple, els resultats anteriors apunten que una bona política territorial per reduir l'ús d'energia residencial en un àrea metropolitana podria anar lligada amb el desenvolupament urbà (més densificació) dels centres i de les seves ciutats veïnes (ciutats més petites i properes). No obstant, s'han de considerar també altres aspectes del vincle entre policentrisme i consum d'energia residencial per tal de poder elaborar recomanacions per polítiques de planificació territorial amb una suficient solvència empírica. Per exemple, s'ha d'examinar la magnitud de l'elasticitat neta total de la mida dels centres en les emissions de CO₂ o els efectes directes i indirectes del policentrisme. La resta d'aquesta [secció 4.4](#) aborda aquests aspectes.

VARIABLE ENDÒGENA: CO ₂ DE L'HABITATGE < DETERMINANTS	MODEL 1-P1 (FIGURA 4.5)					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Part fixa						
Nivell 1 Atributs sociodemogràfics de la llar						
Sexe (referència=home)	0,070	0,00; 0,14	-0,008	-0,03; 0,01	0,062	-0,01; 0,13
Cohort d'edat						
36-45 anys (referència)						
16-25 anys	-0,212	-0,41; -0,02	0,007	-0,04; 0,05	-0,205	-0,40; -0,00
26-35 anys	-0,019	-0,13; 0,09	-0,028	-0,06; -0,00	-0,047	-0,16; 0,07
46-55 anys	-0,029	-0,13; 0,08	-0,002	-0,03; 0,02	-0,031	-0,14; 0,08
56-65 anys	0,024	-0,09; 0,15	0,045	0,02; 0,08	0,069	-0,06; 0,19
Més de 65 anys	-0,111	-0,25; 0,03	0,079	0,05; 0,11	-0,032	-0,17; 0,11
Tipologia de llar						
nº de membres	0,198	0,16; 0,24	0,028	0,02; 0,04	0,226	0,18; 0,27
nº de nens (menors de 4 anys)	0,066	0,02; 0,11	-0,004	-0,01; 0,01	0,063	0,02; 0,10
Estatut professional (referència=desocupat)	0,038	-0,05; 0,13	-	-	0,038	-0,05; 0,13
Nivell educatiu						
Baix (referència)						
Mitjà	0,076	-0,01; 0,16	-0,005	-0,03; 0,02	0,070	-0,02; 0,16
Alt	0,012	-0,09; 0,11	0,031	0,01; 0,06	0,043	-0,06; 0,15
Nivell d'ingressos (referència=no és propietari de l'habitatge)	0,197	0,11; 0,28	0,035	0,01; 0,07	0,232	0,14; 0,32
Nivell 1 Característiques de l'habitatge						
Tipus d'habitatge						
(valor menor=habitatge plurifamiliar)	0,312	0,25; 0,38	-	-	0,312	0,25; 0,38
Mida de l'habitatge						
nº d'habitacions	0,065	0,02; 0,11	-	-	0,065	0,02; 0,11
Qualitat de l'habitatge						
Presenta problemes (referència=sí)	-0,010	-0,08; 0,06	-	-	-0,010	-0,08; 0,06
Temperatura càlida en mesos freds (referència=no)	0,098	-0,02; 0,22	-	-	0,098	-0,02; 0,22
Temperatura fresca en mesos càlids (referència=no)	-0,157	-0,26; -0,05	-	-	-0,157	-0,26; -0,05
Nivell tecnològic de l'habitatge						
Disposa d'internet (referència=no)	0,282	0,19; 0,37	0,035	0,01; 0,06	0,317	0,23; 0,40

TAULA 4.2 Efectes directes, indirectes i totals dels models d'equació estructural multinivell Bayesianes ajustats: model 1-P1 i model 2-P2

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 4.2 fan referència a la solució estandaritzada (els resultats de la solució no estandaritzada estan disponibles a petició).

b. L'estimació representada en aquesta Taula 4.2 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesianes és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesianes conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirnov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

	MODEL 2-P2 (FIGURA 4.6)					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
	0,068	-0,00; 0,14	-0,009	-0,03; 0,01	0,060	-0,01; 0,13
	-0,216	-0,41; -0,02	0,006	-0,04; 0,05	-0,210	-0,41; -0,00
	-0,021	-0,13; 0,09	-0,028	-0,06; -0,00	-0,049	-0,16; 0,07
	-0,031	-0,14; 0,07	-0,002	-0,03; 0,02	-0,033	-0,14; 0,07
	0,021	-0,10; 0,15	0,045	0,02; 0,08	0,066	-0,06; 0,19
	-0,113	-0,25; 0,03	0,079	0,05; 0,11	-0,035	-0,18; 0,11
	0,198	0,16; 0,24	0,028	0,02; 0,04	0,225	0,18; 0,27
	0,067	0,02; 0,11	-0,004	-0,01; 0,01	0,063	0,02; 0,11
	0,037	-0,05; 0,12	-	-	0,037	-0,05; 0,12
	0,076	-0,01; 0,16	-0,005	-0,03; 0,02	0,070	-0,02; 0,16
	0,012	-0,09; 0,11	0,031	0,01; 0,06	0,043	-0,06; 0,15
	0,199	0,12; 0,28	0,035	0,01; 0,07	0,235	0,15; 0,32
	0,312	0,25; 0,38	-	-	0,312	0,25; 0,38
	0,065	0,02; 0,11	-	-	0,065	0,02; 0,11
	-0,010	-0,08; 0,06	-	-	-0,010	-0,08; 0,06
	0,096	-0,03; 0,21	-	-	0,096	-0,03; 0,21
	-0,158	-0,27; -0,05	-	-	-0,158	-0,27; -0,05
	0,283	0,19; 0,37	0,035	0,01; 0,06	0,318	0,23; 0,41

>>>

VARIABLE ENDÒGENA: CO ₂ DE L'HABITATGE < DETERMINANTS	MODEL 1-P1 (FIGURA 4.5)					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Part fixa						
Nivell 2 Atributs de la forma urbana						
Densitat de població	-0,093	-0,15; -0,04	-0,098	-0,16; -0,04	-0,191	-0,32; -0,06
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la proximitat als centres						
Distància a Barcelona (ciutat central)	0,158	0,02; 0,29	0,089	0,01; 0,17	0,247	0,07; 0,42
Distància al centre secundari més proper (inversa)	-0,131	-0,26; -0,01	-0,105	-0,20; -0,01	-0,236	-0,44; -0,03
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la mida dels centres						
Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)						
ciutats veïnes als centres						
Part aleatòria						
Variància nivell 1: CO ₂ de l'habitatge					0,756	0,72; 0,79
Variància nivell 2: CO ₂ de l'habitatge					0,751	0,57; 0,92
Variància nivell 2: tipus d'habitatge					0,866	0,65; 0,98
Altres paràmetres						
Correlació entre tipus i mida de l'habitatge					0,251	0,17; 0,33
Intersecció: mida de l'habitatge					-0,690	-0,83; -0,55
Intersecció: CO ₂ de l'habitatge					-0,793	-1,46; -0,11
Intersecció: densitat de població					-2,226	-2,76; -1,71
Paràmetre de llindar: plurifamiliar					28,964	19,11; 39,20
Paràmetre de llindar: unifamiliar adossat					29,443	19,59; 39,69
Observacions (nivell 1)					2.330	
Observacions (nivell 2)					65	
Nombre de paràmetres lliures					62	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)					1,005	
Test de Kolmogorov-Smirov (K-S/valor-P)					0,16/0,14	

TAULA 4.2 Efectes directes, indirectes i totals dels models d'equació estructural multinivell Bayesianos ajustats: model 1-P1 i model 2-P2

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 4.2 fan referència a la solució estandarditzada (els resultats de la solució no estandarditzada estan disponibles a petició).
b. L'estimació representada en aquesta Taula 4.2 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

4.4.2.2 Els efectes de la mida dels centres

Les columnes més a la dreta de la [Taula 4.2](#) (vegeu columnes 8-13) i la [Figura 4.6](#) presenten els resultats dels efectes directes, indirectes i totals dels determinants de les emissions de CO₂ de l'habitatge, considerant els efectes de la mida dels centres. Respecte als efectes totals dels atributs sociodemogràfics de la llar, de les característiques de l'habitatge, i dels atributs de la forma urbana, és remarcable que, tant la magnitud d'aquests efectes com el seu signe i nivell de significació, no presenten diferències importants en comparació als resultats obtinguts anteriorment amb relació als efectes de la proximitat als centres (vegeu columnes 2-7 de la [Taula 4.2](#) i la [Figura 4.5](#)). Per exemple, les emissions totals anuals de CO₂ dels habitatges augmenten en un 31,2% si aquests habitatges són unifamiliars aïllats, en lloc de plurifamiliars, mentre que doblar el nivell de densitat de població d'un municipi ara està associat amb una reducció d'un 18,6% de les emissions de CO₂ (això és, sols un 0,5% menys que el cas anterior).

No obstant, la magnitud dels efectes totals del policentrisme en l'ús d'energia residencial augmenten considerablement. Els habitatges de les persones que actualment viuen en centres (ciutat central o centres secundaris) generen un 68,5% menys d'emissions totals anuals de CO₂, a causa del consum d'energia residencial, que els habitatges de les persones que resideixen en àrees perifèriques. Similarment, els habitatges de les persones que resideixen en les ciutats veïnes als centres són energèticament un 43,5% més eficients que els habitatges de les persones que viuen en àrees perifèriques. En conseqüència, es pot concloure, de moment, que la dimensió més important d'una estructura metropolitana policèntrica per fomentar una major mitigació de les emissions de CO₂ del sector residencial és el tipus de ciutat (p. ex., centres i ciutats veïnes als centres), seguit per la proximitat als centres.

La següent subsecció presenta els resultats detallats dels efectes directes i indirectes del policentrisme, per descriure, així, la importància dels seus efectes compostos—això és, l'exploració de la connexió entre policentrisme, atributs de la forma urbana i característiques de l'habitatge tal i com s'ha explicat en el plantejament de la recerca (vegeu [secció 4.3](#)), en base el model conceptual proposat en aquest estudi (vegeu [Figura 4.1](#)).

4.4.3 Els efectes directes i indirectes del policentrisme

4.4.3.1 Els efectes de la proximitat als centres

Els efectes directes i indirectes de la proximitat als centres corroboren les hipòtesis plantejades pel model conceptual. L'elasticitat directa entre la distància a la ciutat central (Barcelona) i les emissions de CO₂ de l'habitatge és bastant substancial i estadísticament significativa; validant així la hipòtesi que els habitatges localitzats en àrees més properes als centres gaudeixen d'una major eficiència energètica ja que les pèrdues per transmissió i distribució elèctrica en aquestes àrees al seu entorn són menors. Essent la resta del model 1-P1 igual, un augment d'un 10% en la proximitat entre una àrea i la ciutat central de Barcelona entre el 2001 i el 2011 hagués donat lloc a una reducció d'un 15,8% de mitjana en les emissions totals de CO₂ dels habitatges de l'any 2011.

Aquest efecte directe en les emissions de CO₂ de l'habitatge és incrementat per efectes indirectes positius, també estadísticament significatius al 95% de credibilitat, produint, així, com a resultat una elasticitat neta total de 0,247. És important apuntar que la magnitud dels efectes indirectes associats a la proximitat a la ciutat central de Barcelona és rellevant, doncs representen una mica més d'un terç (36,03%) del seu efecte total. En concret, l'efecte indirecte net de la distància a la ciutat central en les emissions de CO₂ dels habitatges intercedit per la densitat de població és de 0,021 (-0,229 x -0,093), mentre que l'elasticitat indirecta neta mitjançant el tipus d'habitatge és de 0,068 (0,118 x 0,579) (vegeu [Figura 4.5](#)).

En conseqüència, dues observacions importants es poden extreure d'aquests efectes indirectes de la proximitat a la ciutat central. D'una banda, es corroboren empíricament les altres hipòtesis plantejades en el model conceptual, on s'apuntava que les àrees més pròximes als centres, en comparació a les àrees perifèriques, generen menys emissions de CO₂ del sector residencial, ja que la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns dóna com a resultat (1) un increment de la densitat de població en aquestes ciutats veïnes als centres, i (2) una selecció del tipus d'habitatge energèticament més eficient per part de les persones residents d'aquests entorns més propers als centres. Per exemple, la probabilitat que una persona seleccioni un habitatge plurifamiliar en lloc d'un unifamiliar aïllat, disminueix en un 11,8% quan la proximitat entre el lloc on resideix i la ciutat central es redueix a la meitat, és a dir, es dobla la distància a Barcelona (vegeu [Figura 4.5](#)). De manera similar, una augment del 10% en la proximitat entre una àrea i la ciutat central condueix cap a un increment del seu nivell de densitat de població d'un 2,29%.

D'altra banda, la magnitud de cada un dels efectes indirectes indica que l'impacte de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres en les emissions de CO₂ dels habitatges localitzats en àrees del seu entorn tenen més a veure en com les economies d'aglomeració dels centres influeixen en la utilitat de les persones residents d'àrees més pròximes a ells, que no pas en la seva influència en el desenvolupament de més economies d'aglomeració (i per tant, de nivell de densitat) en aquestes àrees. Això s'evidencia en el fet que, mentre que l'efecte indirecte de la proximitat a la ciutat central via la selecció del tipus d'habitatge representa un 76,4% de tot el seu efecte indirecte net (0,089), l'efecte indirecte intercedit per la densitat de població en comptabilitza només un 23,6%.

Els efectes directes i indirectes de la proximitat als centres secundaris són similars als efectes directes i indirectes de la distància a la ciutat central explicats anteriorment, és a dir, l'elasticitat directa de la inversa de la distància al centre secundari més proper és de magnitud suficient i estadísticament significativa, a la vegada que els seus efectes indirectes en les emissions de CO₂ dels habitatges mitjançant la densitat de població o el tipus d'habitatge confirmen també, tant les hipòtesis plantejades en model conceptual com les implicacions que se'n deriven, explicades més amunt. No obstant, es poden observar els següents tres matisos. En primer lloc, l'efecte directe associat a la proximitat als centres secundaris és una mica menor que el de la proximitat a la ciutat central de Barcelona: un augment d'un 10% en la proximitat entre una àrea i un centre secundari condueix cap a una reducció d'un 13,1% de mitjana en les emissions totals de CO₂ dels habitatges.

En segon lloc, la magnitud dels efectes indirectes associats amb la proximitat als centres secundaris ($-0,105 = -0,017 + -0,088$) intercedit per la densitat de població ($-0,017 = 0,188 \times -0,093$) i la selecció del tipus d'habitatge ($-0,088 = -0,152 \times 0,579$), no només és més important que la dels efectes indirectes de la proximitat a la ciutat central en termes absoluts, sinó que també ho és en termes relatius, doncs representa quasi la meitat (44,49%) de la magnitud del seu efecte total ($-0,236 = -0,131 + -0,105$).

En tercer lloc, la diferència de magnitud entre l'efecte indirecte de la proximitat als centres, mitjançant el tipus d'habitatge i l'intercedit per la densitat de població, és molt més rellevant quan es considera la proximitat als centres secundaris, doncs el primer d'aquests dos efectes indirectes representa un 83,81% de tot l'efecte indirecte (vegeu [Figura 4.5](#)).

4.4.3.2 Els efectes de la mida dels centres

Els efectes compostos del policentrisme, considerant la mida dels centres, també confirmen empíricament les hipòtesis formulades pel model conceptual ([Figura 4.1](#)). L'elasticitat directa entre residir en centres en lloc d'àrees perifèriques, i les emissions de CO₂ dels habitatges, és considerable, fins al punt que la seva magnitud és la més gran entre tots els altres determinants, tant a nivell de la llar com a

nivell dels municipis (vegeu, p. ex., [Figura 4.6](#)). En concret, els habitatges de les persones que actualment viuen en centres causen un 41% menys d'emissions de CO₂ a causa de l'ús d'energia residencial que els habitatges de les persones que resideixen en àrees perifèriques. A més, aquest efecte és estadísticament significatiu al 95% de credibilitat corroborant, així, la hipòtesi que estar localitzat en els centres d'una àrea metropolitana és energèticament més eficient, ja que a causa dels seus majors beneficis d'aglomeració, que resulten de la seva major mida poblacional, presenten una pèrdua de transmissió i distribució elèctrica menor en comparació a altres tipus de ciutats, com ara les àrees perifèriques.

És important incidir també en que l'efecte directe de la mida dels centres augmenta a causa dels efectes indirectes estadísticament significatius, ocasionant, així, un efecte total de -0,685. La magnitud d'aquests efectes indirectes és substancial, doncs el 40,15% de tot l'efecte total associat amb la mida dels centres en l'ús d'energia residencial es produeix mitjançant la densitat de població i la selecció del tipus d'habitatge. Específicament, l'efecte indirecte net d'estar localitzat en centres en lloc d'àrees perifèriques en les emissions de CO₂ dels habitatges, mitjançant la densitat de població, és de 0,023 (0,283 x -0,083), mentre que l'elasticitat indirecte neta a través del tipus d'habitatge és de 0,252 (-0,412 x 0,612) (vegeu [Figura 4.6](#)).

A més, aquests dos efectes indirectes confirmen les altres hipòtesis avançades pel model conceptual de la [secció 4.2](#). En primer lloc, el model assumia que els nivells de densitat en els centres són majors que en altres tipus de ciutats—això es tradueix en un 28,3% més, segons els resultats obtinguts—cosa que, indirectament, implica una disminució de les emissions de CO₂ dels habitatges—en concret, d'un 2,3% més amb relació a les àrees perifèriques, ja que l'efecte directe de la densitat és de -0,083, vegeu [Figura 4.6](#). En segon lloc, el model conceptual també plantejava que els habitatges seleccionats en centres per part de les persones són, amb més freqüència, plurifamiliars en lloc d'unifamiliars—això es tradueix en un 41,2% més de probabilitat, segons els resultats presentats en la [Figura 4.6](#)—conduint, així, cap a emissions de CO₂ menors, ja que els requeriments d'energia dels habitatges plurifamiliars són més baixos—en concret es generen un 25,2% menys d'emissions via la selecció d'habitatge en els centres.

D'altra banda, la consideració dels efectes directes i indirectes dels diferents tipus de ciutats en les emissions de CO₂ dels habitatges, ratifica la importància de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns per a la reducció de l'ús d'energia residencial i, per tant, dels efectes de la proximitat als centres. Tal i com la [Figura 4.6](#) mostra, els habitatges de les persones que actualment viuen en les ciutats veïnes als centres generen un 30,4% menys d'emissions de CO₂ que els habitatges de les persones que resideixen en àrees perifèriques. Un altre exemple que ratifica els efectes de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres, és que els habitatges que estan localitzats en les ciutats veïnes als centres gaudeixen d'un nivell de densitat de població més alt que els que estan localitzats en àrees perifèriques als centres (en concret, d'un 4,9% més alt), a la vegada que les persones que viuen en aquestes àrees pròximes als centres, en comparació a les que resideixen en àrees perifèriques, tendeixen a viure un 20,7% més en habitatges plurifamiliars en lloc d'habitatges unifamiliars aïllats.

4.4.4 Policentrisme, mobilitat residencial i ús d'energia residencial

4.4.4.1 Mobilitat residencial des de i cap als centres i emissions de CO₂

La [Taula 4.3](#) presenta les elasticitats totals netes entre les emissions de CO₂ dels habitatges i el policentrisme, a partir de vincular l'estructura metropolitana amb les dinàmiques de canvi de residència de les persones, és a dir, amb la mobilitat residencial intrametropolitana. Quan es considera l'origen

de la migració residencial (vegeu model 3-P2: columnes 2-3), els resultats mostren que les persones que abandonen un centre per re-localitzar-se en una altra àrea (això és, en un centre diferent del qual residien, en ciutats veïnes als centres, o en àrees perifèriques), l'habitatge que seleccionen en aquesta nova àrea ha generat un 15% menys d'emissions en comparació a les persones que han migrat des d'àrees perifèriques. La magnitud d'aquesta elasticitat total neta s'incrementa quan es considera la mobilitat residencial que s'origina en les ciutats veïnes als centres, doncs les noves residències de les persones que han migrat des de les ciutats veïnes als centres han mitigat les emissions de CO₂ un 27,3% més que les que ho han fet des de les àrees perifèriques d'una àrea metropolitana.

En canvi, quan es considera la destinació de la migració residencial (vegeu model 4-P2: columnes 4-5), els resultats apunten que la mobilitat residencial orientada cap als centres és la que presenta una eficiència energètica més gran. Mentre que els nous habitatges de les persones que han migrat cap a un centre des d'una altra localització dins de l'àrea metropolitana (això és, des d'un centre diferent del qual residien, des de ciutats veïnes als centres, o des d'àrees perifèriques) causen un 65,1% menys d'emissions de CO₂, en comparació a les noves residències de les persones que s'han re-localitzat cap a àrees perifèriques, la mobilitat residencial orientada cap a les ciutats veïnes als centres amb relació a la orientada cap a àrees perifèriques només pot disminuir les emissions de CO₂ dels nous habitatges en un 44,5%.

Aquestes elasticitats corroboren parcialment les hipòtesis plantejades pel model conceptual proposat per aquest estudi (vegeu [secció 4.2](#)) amb relació al policentrisme, la mobilitat residencial i l'ús d'energia residencial. D'una banda, es confirma que les persones que migren cap als centres, en lloc d'altres destinacions, possiblement per accedir més fàcilment als seus majors beneficis d'aglomeració, les emissions de CO₂ dels nous habitatges es redueixen potencialment, doncs hi ha menys pèrdues per transmissió i distribució elèctrica i els atributs del medi construït dels centres (p. ex., un major nivell de densitat de població i una major proporció d'habitatges plurifamiliars) afavoreixen un menor ús d'energia residencial. D'altra banda, no es corrobora que, quan les persones migren des dels centres en lloc d'altres tipus de ciutats, les emissions de CO₂ dels habitatges s'incrementen a causa dels motius citats en l'anterior frase, però ara diametralment oposats: p.ex., perquè és més probable que hi hagin més pèrdues per transmissió i distribució elèctrica.

La raó més plausible per la qual aquest estudi obté un efecte total amb signe negatiu de la mobilitat residencial amb origen en un centre, en lloc de l'esperat signe positiu, podria tenir a veure amb el fet que les conseqüències negatives d'abandonar un centre per una àrea perifèrica, o per una ciutat veïna als centres, es compensen quan la destinació és un centre amb un major nivell d'economies d'aglomeració que el de residència original. L'estudi dels efectes dels patrons d'interaccions entre diferents tipus de ciutats en les emissions de CO₂ dels habitatges quan s'ocasiona un canvi de residència, tal i com el següent apartat d'aquesta subsecció realitza, pot aportar nova llum en aquesta qüestió.

4.4.4.2 Els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració

La dues columnes més a la dreta de la [Taula 4.3](#) presenten els resultats (això és, estimació posterior i interval de credibilitat del 95%) de l'efecte total de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració en les emissions de CO₂ dels habitatges, considerant la connexió entre l'estructura metropolitana i la mobilitat residencial intrametropolitana (model 5-P3). Les magnituds de les elasticitats netes, i estadísticament significatives, indiquen que aquelles migracions residencials que afavoreixen més l'accessibilitat de les persones a les economies d'aglomeració dels centres, ja sigui directament o indirectament, són les que condueixen cap a una major reducció de les emissions de CO₂ dels habitatges i, per tant, corroboren empíricament, així, la hipòtesi avançada pel model conceptual d'aquest estudi amb relació a quines són les migracions residencials energèticament més eficients.

VARIABLE ENDÒGENA: CO ₂ DE L'HABITATGE < DETERMINANTS	MODEL 3-P2		MODEL 4-P2		MODEL 5-P3	
	EFECTES TOTALS ^A		EFECTES TOTALS ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Part fixa ^D						
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la mida dels centres						
Origen de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)	-0,150	-0,29; -0,01				
ciutats veïnes als centres	-0,273	-0,52; -0,03				
Destinació de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)			-0,651	-1,19; -0,11		
ciutats veïnes als centres			-0,445	-0,86; -0,03		
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració						
Origen-destinació de la mobilitat residencial: d'àrees perifèriques a àrees perifèriques (referència)						
de centres a centres					-0,482	-0,84; -0,12
de centres a ciutats veïnes als centres					-0,342	-0,59; -0,09
de centres a àrees perifèriques					0,048	-0,13; 0,23
de ciutats veïnes als centres a centres					-0,798	-1,14; -0,46
de ciutats veïnes als centres a ciutats veïnes als centres					-0,139	-0,50; 0,22
de ciutats veïnes als centres a àrees perifèriques					-0,302	-0,68; 0,08
d'àrees perifèriques a centres					-0,362	-0,62; -0,10
d'àrees perifèriques a ciutats veïnes als centres					-0,603	-1,06; -0,15
Part aleatòria						
Variància nivell 1: CO ₂ de l'habitatge	0,618	0,56; 0,68	0,760	0,70; 0,82	0,642	0,55; 0,73
Variància nivell 2: CO ₂ de l'habitatge	0,801	0,44; 0,99	0,820	0,64; 0,96	0,671	0,50; 0,83
Variància nivell 2: tipus d'habitatge	0,992	0,96; 1,00	0,954	0,83; 0,99	0,807	0,72; 0,88
Altres paràmetres						
Correlació entre tipus i mida de l'habitatge	0,342	0,26; 0,42	0,322	0,22; 0,42	0,367	0,23; 0,49
Intersecció: mida de l'habitatge	-0,742	-0,98; -0,50	-0,765	-0,99; -0,54	-0,813	-1,05; -0,57
Intersecció: CO ₂ de l'habitatge	-1,275	-2,96; 0,24	-0,238	-1,03; 0,51	-0,835	-1,85; 0,18
Intersecció: densitat de població	-3,940	-4,51; -3,39	-1,043	-1,37; -0,69	-1,234	-1,44; -1,02
Paràmetre de llindar: plurifamiliar	47,516	30,54; 65,70	18,009	10,52; 26,81	4,766	3,94; 5,86
Paràmetre de llindar: unifamiliar adossat	47,877	30,89; 66,11	18,540	11,04; 27,34	5,426	4,55; 6,54
Observacions (nivell 1/nivell 2)	863/65		986/65		863/65	
Nombre de paràmetres lliures	62		62		68	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)	1,023		1,034		1,002	
Test de Kolmogorov-Smirnov (K-S/valor-P)	0,16/0,14		0,17/0,10		0,15/0,19	

TAULA 4.3 Efectes totals dels models d'equació estructural multinivell Bayesianos ajustats: model 3-P2, model 4-P2 i model 5-P3

a. Els efectes totals mostrats en aquesta Taula 4.3 fan referència a la solució estandarditzada (els resultats referents als efectes directes i indirectes conjuntament amb els de la solució no estandarditzada estan disponibles a petició).

b. L'estimació representada en aquesta Taula 4.3 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor verdader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és significatiu al 95 per cent.

d. En aquesta Taula 4.3 només es presenten els resultats dels efectes del policentrisme. Els efectes directes, indirectes, i totals de totes les altres variables incloses en la part fixa del model d'equació estructural multinivell Bayesià ajustat (vegeu, p. ex., Figura 4.2) estan disponibles a petició.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirnov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

En concret, fluxos de migració de persones més intensos, des de ciutats veïnes cap als centres, redueixen un 79,8% més les emissions de CO₂ dels habitatges que els que s'ocasionen entre àrees perifèriques d'una àrea metropolitana. De forma similar, la migració residencial entre centres i des d'àrees perifèriques cap als centres redueixen, respectivament, un 48,2% i un 36,2% més les emissions de CO₂ dels habitatges que la migració residencial entre àrees perifèriques. També és important incidir en la migració residencial des d'àrees perifèriques cap a les ciutats veïnes als centres, doncs aquest flux migratori, que millora l'accessibilitat indirecte de les persones a les economies d'aglomeració dels centres, presenta una elasticitat neta de -0,603; és a dir, redueix un 60,3% més les emissions de CO₂ dels habitatges en comparació a la mobilitat residencial entre àrees perifèriques.

Aquestes quatre elasticitats totals netes són el resultat d'efectes indirectes importants, intercedits tant per la densitat de població com per la selecció del tipus d'habitatge (resultats disponibles a petició). Específicament, la major proporció d'efecte total comptabilitzada per efectes indirectes és d'un 53,88%; aquests efectes indirectes estan associats amb els fluxos de persones de migració residencial des d'àrees perifèriques cap als centres, mentre que la menor proporció és d'un 17,93% i fa referència a la mobilitat residencial des d'àrees perifèriques cap a ciutats veïnes als centres.

D'altra banda, la consideració dels patrons d'interacció de mobilitat residencial entre diferents tipus de ciutats, explica amb claredat el signe negatiu de l'efecte total associat amb la mobilitat residencial amb origen en un centre que s'ha obtingut prèviament. Mentre que la migració residencial des dels centres cap a les àrees perifèriques presenta un efecte total amb signe positiu (0,048), la qual cosa està d'acord amb la hipòtesi plantejada pel model conceptual d'aquest estudi, la magnitud de l'efecte total estadísticament significatiu i amb signe negatiu, associat amb mobilitat residencials on la destinació d'aquesta sigui un tipus de ciutat diferent a les àrees perifèriques—p. ex., un altre centre (-0,482) o una ciutat veïna als centres (-0,342)—compensa, de llarg, l'increment d'emissions de CO₂ dels habitatges, que s'origina quan les persones abandonen un centre per una àrea perifèrica.

4.4.5 Anàlisi de sensibilitat dels resultats

4.4.5.1 Prediccions Bayesiana Empírica

Una manera de comprovar la robustesa dels resultats obtinguts és la d'il·lustrar com les emissions de CO₂ dels habitatges varien a través dels 65 municipis disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona, segons l'edició del 2011 de l'ECVHP. Per fer-ho, aquest estudi considera la literatura econòmica sobre el modelatge multinivell (vegeu, p. ex., [Raudenbush i Bryk, 2002](#); [Snijders i Bosker, 2012](#)) i estima un model multinivell només amb el terme d'intersecció aleatòria ('intercept-only model' en anglès), mitjançant el mètode de Màxima Versemblança, per després predir els residus de la intersecció fixa de cada municipi.

Les prediccions d'intersecció aleatòria poden ser enteses com una mesura d'eficiència territorial perquè contribueixen a identificar quins municipis mitiguen més eficientment les emissions de CO₂ dels habitatges. Considerant l'estudi de [Skrondal i Rabe-Hesketh \(2009\)](#), aquest estudi utilitza les prediccions Bayesiana Empírica per calcular els residus al nivell de municipi. Les prediccions Bayesiana Empírica amb errors estàndard comparatiu ('comparative standard errors' o 'marginal prediction error standard deviation' en anglès) permeten, de forma acurada, una comparació entre clústers (això són, els municipis). La [Figura 4.7](#) mostra aquests residus en ordre d'importància (de més negatius a més positius) pels citats 65 municipis disponibles de la regió metropolitana de Barcelona, amb relació a les emissions de CO₂ dels habitatges. Les barres indiquen l'interval de credibilitat del 95% per les prediccions, mentre que els símbols d'aquestes (quadrat, cercles,

triangles i aspes) fan referència al tipus de ciutat (p. ex., el quadrat fa referència a la ciutat central de Barcelona). La intersecció aleatòria predita per a un municipi és significativament diferent de la mitjana de la regió metropolitana de Barcelona, si el seu interval de credibilitat del 95% no interseca amb el 0 (línia representada per punts). Per tant, com més baix sigui el rànquing d'un municipi (valors més pròxims a 1), aquest redueix més les emissions de CO₂ dels habitatges, independentment de si la seva predicció d'intersecció aleatòria és també estadísticament diferent de la mitjana de la regió metropolitana.

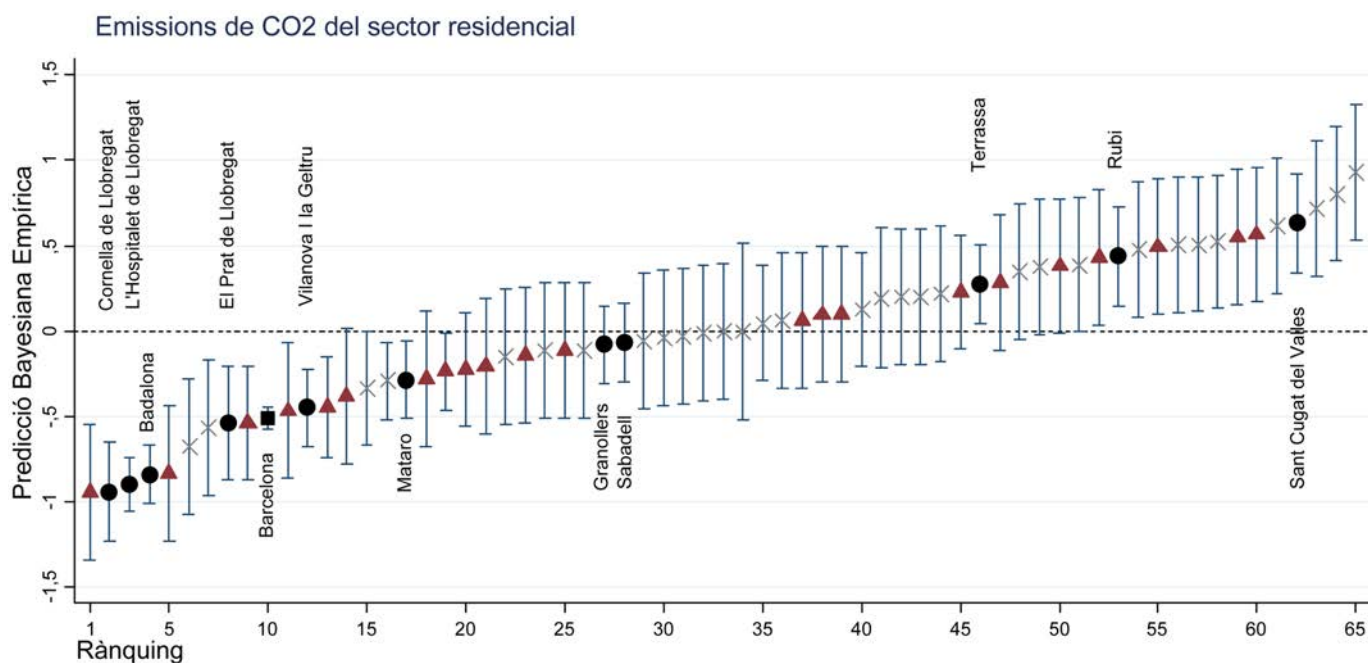


FIGURA 4.7 Gràfic de prediccions Bayesianes Empíriques amb intervals de credibilitat aproximats al 95% en comparació amb el rànquing d'emissions de CO₂ del sector residencial

Llegenda: la barra/es amb el quadrat negre representa/en els residus estimats per a la ciutat central (Barcelona), amb cercles negres pels centres secundaris, amb triangles vermells per a les ciutats veïnes als centres i amb creus grises per a les àrees perifèriques.

Nota(es): els identificadors dels centres (ciutat central i centres secundaris) estan ubicats tant a dalt com baix dels intervals de credibilitat.

La comparació d'aquests residus mostra que la variació d'emissions de CO₂ dels habitatges entre municipis segueix una distribució normal, tal i com l'eix Y de la Figura 4.7 indica. Les interseccions aleatòries per a la majoria de centres (ciutat central i centres secundaris) són significativament menors de la mitjana de la regió metropolitana de Barcelona, indicant, doncs, que es produeixen, generalment, menys emissions de CO₂ dels habitatges en els centres que en les àrees perifèriques i en les ciutats veïnes als centres. Tal i com s'ha explicat amb anterioritat, això s'atribueix als atributs del medi construït dels centres; p. ex., major nivell de densitat de població i menor presència d'habitatges amb majors requeriments d'energia; que s'originen a partir del desenvolupament d'economies d'aglomeració potents en aquestes ciutats. En concret, les emissions de CO₂ dels habitatges són particularment baixes en la ciutat central de Barcelona i en els centres secundaris de Cornellà de Llobregat, L'Hospitalet de Llobregat, Badalona, El Prat de Llobregat, Vilanova i la Geltrú, i Mataró. A més, les interseccions aleatòries de les ciutats veïnes als centres, en comparació a les de les àrees perifèriques, són significativament menors, amb més freqüència, que la de mitjana de la regió metropolitana de Barcelona, cosa que també reforça els resultats de l'anàlisi empírica anterior sobre els efectes directes i indirectes del policentrisme, doncs la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers als seus entorns i, per tant, els efectes de la proximitat als centres, explicarien per què aquestes àrees més properes als centres són energèticament més eficients.

No obstant, una menor mida poblacional i la presència d'edificis d'una forta antiguitat, que no s'hagin renovat, podria explicar també per què els nivells d'emissions de CO₂ dels habitatges en els centres de Sant Cugat del Vallès, Rubí, i Terrassa són més alts que els de la mitjana de la regió metropolitana. Això és consistent amb els resultats obtinguts amb relació al vincle entre la mobilitat residencial amb origen en un centre i l'ús d'energia residencial (vegeu [Taula 4.3](#)), doncs les persones que s'hagin re-localitzat des de aquests tres centres cap a altres centres (p. ex., Badalona) o ciutats veïnes als centres, és més probable que els seus nous habitatges produeixin menys emissions de CO₂.

4.4.5.2 Simulació Monte Carlo

Una segona manera de comprovar la robustesa dels efectes estimats del policentrisme en les emissions de CO₂ dels habitatges és a partir de realitzar tests d'invariància; doncs resultats positius en aquests tests permetrien a aquesta investigació controlar adequadament el fet d'haver considerat la regió metropolitana de Barcelona com a cas únic d'estudi i, per tant, poder generalitzar els resultats que es deriven de l'estimació dels models d'equació estructural multinivell Bayesianos considerats en aquest estudi. Per fer-ho, aquest estudi utilitza la simulació Monte Carlo (vegeu els detalls d'aquesta eina econòmica de simulació, p. ex., a [Mooney, 1997](#)) i simula dos tipus d'escenaris a partir dels paràmetres estimats en cada un dels models d'equació estructural multinivell; és a dir, mitjançant els efectes del policentrisme que s'obtenen en el model 1-P1, model 2-P2, model 3-P2, model 4-P2, i model 5-P3. El primer escenari simula el cas d'una àrea metropolitana de grans dimensions (això és, p. ex., de 250 municipis), mentre que el segon simula el cas d'una àrea de petites dimensions (això és, p. ex., de 25 municipis).

L'obtenció de resultats positius en un test d'invariància està subjecte a quatre criteris: (1) els biaixos en els paràmetres no poden ser majors d'un 10%, (2) els biaixos en els errors estàndard dels paràmetres no poden ser superiors a un 5%, (3) la proporció de les replicacions, per la qual l'interval de confiança del 95% conté el valor del paràmetre vertader, s'ha de situar entre un interval de valors de 0,91 a 0,98, i (4) la proporció de replicacions, per la qual un paràmetre és estadísticament significatiu al 95% de confiança, ha de ser superior a un valor de 0,80. La [Taula 4.4](#) mostra els resultats de la simulació Monte Carlo, considerant els dos escenaris citats més amunt i els efectes directes estimats del policentrisme, obtinguts prèviament per a cada una de les cinc especificacions de model definides per aquest estudi.

El primer criteri es pot avaluar a partir d'utilitzar la informació que apareix en les columnes 2 i 3 de la [Taula 4.4](#) (p. ex., considerant el paràmetre de la columna 2 que fa referència a l'efecte directe de la distància a la ciutat central de Barcelona, es determina el seu biaix a partir de la diferència entre el valor de l'estimació mitjana '0,1581' i el valor de la població '0,158'; i el resultat d'això es torna a dividir pel valor de la població de '0,158'), mentre que els biaixos en els errors estàndard dels paràmetres s'obtenen de forma similar, però utilitzant la informació que es mostra en les columnes 4 i 5. Al seu torn, la columna 6 'cobertura (95%)' i 7 'significació del coeficient (%)' mostren la informació necessària, respectivament, per a la validació dels criteris 3 i 4 citats més amunt.

SIMULACIÓ MONTE CARLO DELS EFECTES DEL POLICENTRISME OBTINGUTS EN ELS MODELS AJUSTATS ^a :		POBLACIÓ ^b	ESTIMACIÓ MITJANA ^b	DESVIACIÓ ESTÀNDAR ^c	ERROR ESTÀNDAR MITJÀ ^c	COBERTURA (95%)	SIGNIFICACIÓ DEL COEFICIENT (%)
ESCENARI 1: ÀREA METROPOLITANA (250 MUNICIPIS) ESCENARI 2: ÀREA METROPOLITANA (25 MUNICIPIS)							
MODEL 1-P1	Policentrisme: efectes de la proximitat als centres						
	Distància a Barcelona (ciutat central)	0,158 0,158	0,1581 0,1533	0,0304 0,1032	0,0299 0,0903	0,940 0,892	1,000 0,428
	Distància al centre secundari més proper (inversa)	-0,131 -0,131	-0,1284 -0,1297	0,0293 0,0998	0,0291 0,0883	0,950 0,904	0,990 0,362
MODEL 2-P2	Policentrisme: efectes de la mida dels centres						
	Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)						
	centres (ciutat central i centres secundaris)	-0,410 -0,410	-0,4101 -0,4185	0,0854 0,2897	0,0817 0,2473	0,946 0,886	1,000 0,452
	ciutats veïnes als centres	-0,304 -0,304	-0,2994 -0,3026	0,0626 0,2135	0,0622 0,1886	0,950 0,900	0,998 0,408
MODEL 3-P2	Origen de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)						
	centres (ciutat central i centres secundaris)	-0,156 -0,156	-0,1579 -0,1596	0,0526 0,1733	0,0502 0,1497	0,942 0,900	0,878 0,222
	ciutats veïnes als centres	-0,246 -0,246	-0,2440 -0,2449	0,0318 0,1089	0,0314 0,0943	0,948 0,888	1,000 0,694
MODEL 4-P2	Destinació de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)						
	centres (ciutat central i centres secundaris)	-0,393 -0,393	-0,3941 -0,4022	0,0833 0,2826	0,0797 0,2411	0,944 0,888	1,000 0,446
	ciutats veïnes als centres	-0,318 -0,318	-0,3144 -0,3176	0,0610 0,2082	0,0606 0,1838	0,950 0,900	0,998 0,446
MODEL 5-P3	Policentrisme: efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració						
	Origen-destinació de la mobilitat residencial: d'àrees perifèriques a àrees perifèriques (referència)						
	de centres a centres	-0,320 -0,320	-0,3148 -0,3448	0,1137 0,4810	0,1087 0,3322	0,932 0,830	0,812 0,334
	de centres a ciutats veïnes als centres	-0,245 -0,245	-0,2342 -0,2439	0,1024 0,4289	0,0979 0,2891	0,926 0,798	0,844 0,302
	de centres a àrees perifèriques	0,034 0,034	0,0398 0,0385	0,0928 0,4104	0,0915 0,2809	0,944 0,824	0,084 0,172
	de ciutats veïnes als centres a centres	-0,546 -0,546	-0,5415 -0,5569	0,1102 0,4707	0,1056 0,3150	0,942 0,784	1,000 0,622
	de ciutats veïnes als centres a ciutats veïnes als centres	-0,120 -0,120	-0,1158 -0,1314	0,1084 0,4517	0,1062 0,3160	0,926 0,810	0,202 0,216
	de ciutats veïnes als centres a àrees perifèriques	-0,180 -0,180	-0,1791 -0,1908	0,1004 0,4205	0,0961 0,2939	0,936 0,814	0,542 0,234
	d'àrees perifèriques a centres	-0,333 -0,333	-0,3299 -0,3351	0,1289 0,5584	0,1277 0,3904	0,948 0,816	0,808 0,268
d'àrees perifèriques a ciutats veïnes als centres	-0,353 -0,353	-0,3476 -0,3272	0,1200 0,4949	0,1145 0,3420	0,942 0,816	0,848 0,288	

TAULA 4.4 Anàlisi de sensibilitat dels efectes del policentrisme: simulació Monte Carlo dels models d'equació estructural multinivell ajustats

a. Els resultats representats en aquesta Taula 4.4 fan referència als efectes directes del policentrisme. Els resultats de la simulació Monte Carlo dels efectes indirectes i totals del policentrisme estan disponibles a petició.

b. Els valors en negreta representats en aquestes dues columnes indiquen que no existeix un biaix de més del 10 per cent entre el valor del paràmetre de població del model estimat a primera instància, p. ex., del model 1-P1, i el valor del paràmetre estimat a partir de la simulació Monte Carlo, aquest valor és la mitjana d'estimació de totes les repeticions realitzades.

c. Els valors en negreta representats en aquestes dues columnes indiquen que no existeix un biaix de més del 5 per cent entre el valor de desviació estàndard del paràmetre de població del model estimat a primera instància, p. ex., del model 1-P1, i el valor d'error estàndard del paràmetre estimat a partir de la simulació Monte Carlo, aquest valor és la mitjana d'estimació de totes les repeticions realitzades.

Nota(es): la simulació Monte Carlo d'ambdós escenaris es duu a terme a partir de considerar 500 repeticions. L'escenari 1, que simula el cas d'una àrea metropolitana de grans dimensions, defineix 12.500 observacions equidistribuïdes a través de 250 municipis, mentre que l'escenari 2, que simula el cas d'una àrea metropolitana de petites dimensions, considera 1.250 observacions equidistribuïdes a través de 25 municipis.

Considerant la simulació del primer escenari (àrea metropolitana de grans dimensions), s'obté un resultat positiu del test d'invariància. Tots els paràmetres relacionats amb els efectes directes al

policentrisme presenten un biaix inferior al 10%, a la vegada que els errors estàndard d'aquests no superen el lliindar màxim d'un 5% de biaix. A més, l'interval de valors de la proporció de les replicacions, pel qual l'interval de confiança del 95% conté el valor del paràmetre vertader, es situa entre 0,926 i 0,950, i el valor de la proporció de replicacions, pel qual el paràmetre té un nivell de significació del 95%, és generalment superior al 0,80. Només quan es consideren els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (model 5-P3), la simulació Monte Carlo mostra com aquelles variables que ja no eren abans estadísticament significatives al 95% de confiança, p. ex., 'de centres a àrees perifèriques' (vegeu [Taula 4.3](#)), són les que també ara el seu valor de 'proporció de significació' és inferior de 0,80 (0,084 pel cas de la variable 'de centres a àrees perifèriques'). En canvi, quan es considera la simulació del segon escenari (àrea metropolitana de petites dimensions), els resultats del test d'invariància no són del tot satisfactoris. D'una banda, el biaix dels errors estàndard dels paràmetres són superiors a un 5% en tots els casos. D'altra banda, l'interval de valors de la proporció de les replicacions, pel qual l'interval de confiança del 95% conté el valor del paràmetre vertader, es situa entre 0,784 i 0,904; i el valor de la proporció de replicacions, pel qual el paràmetre té un nivell de significació del 95%, és molt inferior a 0,80.

No obstant, aquests resultats del test d'invariància, quan es considera l'escenari d'una àrea metropolitana de petites dimensions, tenen el seu fonament teòric i, per tant, no suposen un problema per a la validació dels resultats obtinguts en els diferents models d'equació estructural multinivell Bayesianes estimats prèviament. Segons la literatura acadèmica (vegeu, p. ex., [Arribas-Bel i Sanz-Garcia, 2014](#); [McMillen i Smith, 2003](#)), una estructura policèntrica es forma en una àrea metropolitana quan aquesta és suficientment gran; en el cas contrari, és a dir, en àrees metropolitanes de petites dimensions, l'estructura espacial metropolitana dominant és la monocèntrica, perquè és la que genera els majors beneficis d'aglomeració sense experimentar encara costos d'aglomeració importants.

§ 4.5 Conclusió i discussió

Aquest capítol s'ha concentrat en examinar fins a quin cert punt l'estructura metropolitana policèntrica de Barcelona afecta l'ús d'energia residencial. La pregunta de recerca que ha servit de guia per assolir aquest objectiu ha estat: En quina mesura el policentrisme redueix les emissions de CO₂ dels habitatges, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial? Per tal de respondre adequadament aquesta pregunta de recerca, aquest estudi ha proposat un model conceptual i ha aplicat un marc empíric que poden abordar els problemes i biaixos identificats en la literatura existent, aportant així un millor coneixement de les raons per les quals hi han hagut discrepàncies sobre els efectes del policentrisme en les emissions de CO₂ dels habitatges en els estudis acadèmics realitzats fins a la data.

El model conceptual ha contribuït a la identificació de les relacions complexes entre el policentrisme i el consum d'energia residencial. Aquestes relacions inclouen tant efectes directes com efectes indirectes, com a conseqüència de la influència del policentrisme, p. ex., en els atributs de la forma urbana i les característiques de l'habitatge. Aquests efectes compostos del policentrisme han conduït aquest estudi a establir seqüències causals entre la densitat de població i el policentrisme, d'una banda, i el tipus d'habitatge (això és, habitatge plurifamiliar i habitatge unifamiliar adossat o aïllat) i el policentrisme, d'altra banda. A més, el model conceptual ha considerat els efectes directes i indirectes dels atributs sociodemogràfics dels membres de les llars i de la forma urbana en les emissions de CO₂ dels habitatges, d'una banda, i ha teoritzat sobre l'impacte directe de les temperatures locals mitjançant la formació de l'illa de calor urbana i de les característiques de l'habitatge, d'altra banda.

Aquest estudi és el primer en utilitzar el modelatge d'equació estructural multinivell Bayesiana en l'àmbit de recerca sobre els efectes del policentrisme en l'ús d'energia residencial. L'aplicació d'aquest marc empíric contribueix a evitar el risc de fal·làcia ecològica, que existeix en els estudis que utilitzen dades agregades, i permet l'ús de dades jeràrquiques, controlant adequadament les variacions micronivell. A més, l'aplicació d'aquest marc empíric permet identificar i estimar relacions causals complexes, a la vegada que permet aprofitar millor el coneixement que es té sobre els paràmetres d'un model economètric, ja que simula les distribucions posteriors dels paràmetres en base a la seva distribució a priori i a la funció de versemblança avaluada, fent servir les dades observades, conduint, així, cap a una obtenció dels paràmetres més robusta i amb menys biaix.

Tant el model conceptual com el marc empíric estenen el coneixement actual sobre com el policentrisme exerceix un impacte en l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes, a partir de considerar—tal i com el [capítol 2](#) d'aquesta tesi i [Masip-Tresserra \(2016\)](#) proposa—en primer lloc, els centres que defineixen una estructura policèntrica metropolitana en lloc d'adoptar una definició generalista d'aquesta estructura metropolitana, on els seus centres no són identificats i, en segon lloc, les dimensions diferents d'una estructura espacial policèntrica, que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana—específicament, aquestes dimensions són (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica als centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial). A més, la consideració, p. ex., d'aquesta tercera dimensió de l'estructura policèntrica—que es tradueix en el marc empíric a partir d'examinar els patrons d'interacció entre diferents tipus de ciutats—ha permès a aquest estudi examinar, per primera vegada en la literatura acadèmica, l'impacte de la mobilitat residencial de les persones en les emissions de CO₂ dels habitatges.

L'anàlisi empírica sobre l'ús d'energia residencial ha il·lustrat principalment que una estructura metropolitana policèntrica està positivament associada amb menors emissions de CO₂ dels habitatges. Els resultats dels models d'equació estructural multinivell Bayesians indiquen que, tant la proximitat als centres, com el tipus de ciutat (això és, considerant l'efecte de la diferent mida poblacional dels centres, de les ciutats veïnes als centres, i de les àrees perifèriques) i el tipus d'interacció (això és, considerant l'efecte dels vincles possibles entre aquests tres tipus de localitzacions citats més amunt), exerceixen un efecte total considerable i estadísticament significatiu en les emissions de CO₂ dels habitatges. Malgrat que la magnitud dels efectes nets del policentrisme és rellevant, però una mica inferior a la de les característiques de l'habitatge (p. ex., la del tipus d'habitatge) i la dels atributs sociodemogràfics del membre principal de la llar (p. ex., la del nivell d'ingressos), quan s'han considerat els efectes de la proximitat als centres i, per tant, la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns; les magnituds dels efectes nets del policentrisme són, amb diferència, les més grans, quan els efectes de la mida dels centres s'han considerat i, encara una mica més, quan s'han considerat els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració.

D'altra banda, els resultats dels models ajustats han mostrat que és essencial considerar els efectes directes i indirectes del policentrisme intercedits pels atributs de la forma urbana (p.ex., densitat de població) i per les característiques de l'habitatge (p.ex., tipus d'habitatge), per tal de no subestimar els seus efectes totals. Els efectes indirectes significatius de la proximitat als centres representen aproximadament entre un 36,03% a un 44,49% dels efectes totals del policentrisme, mentre que els de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració comptabilitzen al voltant d'un mínim d'un 17,93% i d'un màxim d'un 53,88%. Al seu torn, els efectes indirectes significatius de la mida dels centres representen aproximadament un 40,15% dels efectes totals. Aquests resultats són, doncs, d'importància, ja que demostren empíricament que els atributs de la forma urbana i les característiques dels habitatges estan influenciats per l'existència de múltiples centres en una

regió metropolitana, és a dir, per les economies d'aglomeració dels centres i per la dispersió espacial d'aquestes a través del territori metropolità. Dit d'una altra manera, aquests resultats mostren, p. ex., que les àrees més pròximes als centres, en comparació a les àrees perifèriques, presenten un major nivell de densitat de població i una major probabilitat que els seus residents seleccionin habitatges plurifamiliars. Això, al seu torn, provoca que les àrees properes als centres siguin energèticament més eficients que les perifèriques, doncs, tant la densitat de població com els habitatges plurifamiliars en lloc dels unifamiliars aïllats, estan positivament associats amb menors emissions de CO₂.

En resum, aquests resultats fonamenten empíricament la idea que el desenvolupament territorial policèntric en una regió metropolitana influeix de forma significativa les persones que hi viuen, per tal de reduir les d'emissions de CO₂ dels seus habitatges. A més, es pot concloure que la dimensió més important d'una estructura policèntrica per fomentar aquesta mitigació de les emissions de CO₂ del sector residencial és, generalment, el tipus d'interacció, seguit pel tipus de ciutat que, a la vegada, és més important que la proximitat als centres.

4.5.1 Implicacions per a polítiques de planificació territorial

Els resultats empírics obtinguts són importants per a la planificació territorial, doncs informen sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial. En particular, els efectes estimats (elasticitats totals, directes, i indirectes, conjuntament amb les prediccions Bayesiana Empírica) de la relació entre policentrisme i emissions de CO₂ dels habitatges poden ésser utilitzats a manera d'evidència informada per arquitectes, urbanistes i legisladors de política pública amb l'objectiu d'elaborar recomanacions de desenvolupament territorial per a la regió metropolitana de Barcelona que mitiguin i adaptin el canvi climàtic. Aquestes recomanacions, al seu torn, poden abordar les deficiències dels plans territorials que no han avaluat empíricament les implicacions econòmiques, socials, i ambientals de la seva estratègia de desenvolupament territorial—aquest és el cas del Pla Territorial Metropolità de Barcelona (PTMB) de l'any 2010, tal i com [Masip-Tresserra \(2016\)](#) emfatitza. Tres grans directrius d'evidència informada per a les polítiques de planificació territorial poden ser formulades en aquest sentit.

En primer lloc, augmentar la densitat de població i la presència relativa d'habitatges plurifamiliars de mida adequada en els centres (ciutat central i centres secundaris), a través de promoure estratègies de ciutat compacta ('compact city' en anglès) i/o desenvolupament orientat al transport públic ('transit-oriented development' en anglès). Es podrien prioritzar aquells centres que, ja sigui a causa de la seva mida poblacional o de les característiques del seu teixit residencial, són menys eficients en la reducció de les emissions de CO₂ dels habitatges, tal i com les prediccions Bayesiana Empírica han il·lustrat—p. ex, aquests serien els casos dels centres secundaris de Sant Cugat del Vallès i Rubí.

En segon lloc, l'augment de densitat de població i de la proporció d'habitatges plurifamiliars es pot localitzar alternativament en les ciutats veïnes als centres mitjançant, també, estratègies de ciutat compacta i/o de desenvolupament orientat al transport públic, doncs, tal i com els resultats empírics mostren, aquestes àrees més pròximes geogràficament als centres són les que treuen més profit de la dispersió espacial de les economies d'aglomeració dels centres envers als seus entorns. Els actors d'elaborar polítiques de planificació territorial haurien de considerar, però, que com més lluny es localitzen els desenvolupaments urbans dels centres, més probable és que els habitatges generin més emissions de CO₂. Una opció per considerar aquelles ciutats veïnes als centres més idònies per dur a terme aquesta directriu d'evidència informada, és identificar aquelles ciutats veïnes als centres que presentin un rànquing de prediccions Bayesiana Empírica (vegeu [Figura 4.7](#)) més baix (més pròxim a 1).

En tercer lloc, promoure més mobilitat residencial des de ciutats veïnes als centres cap als centres i des d'àrees perifèriques cap a ciutats veïnes als centres, d'una banda; i entre centres i des d'àrees perifèriques cap als centres, d'altra banda. Una manera de dur a terme aquesta directriu d'evidència informada és la de limitar el creixement en àrees localitzades a gran distància dels centres (aquestes àrees s'anomenen en aquest estudi 'àrees perifèriques'), mitjançant l'elaboració de polítiques de protecció ambiental, com ho són, p. ex., la incentivació de la mobilitat residencial de les persones que viuen en les àrees residencials amb més emissions de CO₂ dels habitatges, a través de definir desincentius/incentius fiscals.

En certa mesura, aquestes tres directrius d'evidència informada aporten nova llum en com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial. No obstant, més exploracions empíriques sobre la relació entre el policentrisme i l'eficiència territorial en les àrees metropolitanes és necessària. En aquest sentit, el següent [capítol 5](#) aborda les relacions causals entre el policentrisme i els salaris, d'una banda, i entre el policentrisme i els costos de l'habitatge, d'altra banda.

5 Policentrisme, salaris i costos de l'habitatge

§ 5.1 Introducció

5.1.1 Descripció del Problema d'investigació

Les implicacions econòmiques, socials, i ambientals dels processos d'urbanització de les ciutats i regions estan ocupant, cada cop més, el centre del discurs dels documents de política pública realitzats tant per organismes governamentals com no governamentals d'àmbit regional, estatal, i internacional. Un clar exemple són els documents d'UN-Habitat respecte a la 'Nova Agenda Urbana' (vegeu, p. ex., [UN-Habitat, 2016a, 2016b](#)), on s'emfatitza el rol estratègic de les polítiques en matèria de salaris de les persones/llars i d'habitatge per tal d'assolir l'objectiu general de promoure ciutats sostenibles i altres assentaments humans que siguin ambientalment sostenibles i resilients; socialment inclusius, segurs i amb absència de violència; econòmicament productius; i que estiguin millor connectats amb i que contribueixin a la transformació sostinguda de les àrees rurals.

Actualment, els habitatges representen, p. ex., el 70% del sòl en la majoria de les ciutats i els seus costos associats—aquests inclouen els costos directes i imputables, p. ex., lloguer de l'habitatge, despeses de manteniment, costos dels serveis contractats, i impostos municipals—han augmentat en un 5% de mitjana des del 2013; percentatge que ha estat encara més alt pels habitatges localitzats en ciutats globals (p. ex., Londres i París) i en grans aglomeracions metropolitanes. A més, segons les estimacions de UN-Habitat, d'una banda, hi han 881 milions de persones que viuen actualment en barris degradats de ciutats de països en desenvolupament i, d'altra banda, hi hauran 1,6 bilions de persones que requeriran un habitatge adequat i assequible l'any 2025 (vegeu [UN-Habitat, 2016a](#)).

L'elaboració d'aquests documents de política pública per a ciutats i regions suposen un canvi substancial en com es pot abordar, p. ex., la desigualtat de salaris i els costos de l'habitatge, doncs gran part dels documents recents de polítiques públiques orientades a reduir la desigualtat de salaris i els costos de l'habitatge s'han centrat en l'àmbit estatal, considerant tant les dinàmiques intra- com les inter-estats (vegeu, p. ex., [ILO, 2015](#); [OECD, 2006, 2016](#)). Aquest interès per estudiar els costos de l'habitatge i la desigualtat en termes salarials a nivell estatal, no només té a veure amb el fet que aquests dos aspectes deixen entreveure en gran part quines són les condicions de vida de les persones, sinó que també es deuen al fet que proporcionen una indicació dels béns i serveis als quals les persones poden accedir i, per tant, determinen de forma directa el possible consum de les llars i indirectament les inversions i les exportacions netes dels països ([ILO, 2015](#)).

No obstant, l'evidència que actualment més de la meitat de la població mundial resideix en aglomeracions urbanes, i que aquesta proporció s'espera que s'incrementi fins a més d'un 65% l'any 2050 ([UN, 2014](#)), ha conduït a plantejar des de l'àmbit acadèmic que els salaris de les persones/llars i els costos de l'habitatge estaran determinats cada cop més per l'entorn local i metropolità, doncs aquestes escales geogràfiques capturen els moviments de la població de manera més acurada que no pas quan s'estudien a nivell estatal, per tal d'elaborar, p. ex., polítiques de re-distribució (vegeu, p. ex., [Glaeser et al., 2009](#)).

En aquest sentit, un gran nombre d'estudis existents en la literatura en l'àmbit de l'economia urbana (vegeu, p. ex., [Duranton i Puga, 2015](#); [Lucas i Rossi-Hansberg, 2002](#)) han examinat els salaris i els costos de l'habitatge, considerant els gradients intraurbans que s'originen en una àrea metropolitana segons el model urbà monocèntric d'Alonso-Mills-Muth ([Alonso, 1964](#); [Mills, 1972](#); [Muth, 1969](#)). Considerant la influència de les variacions espacials del nivell de productivitat i de la presència de facilitats urbanes en la selecció del lloc de localització per part de les persones i les empreses, aquest conjunt d'estudis expliquen les diferències espacials en els salaris de les persones i els costos de l'habitatge i conclouen que generalment tendeixen a disminuir amb una menor proximitat del principal centre urbà ([Carlson i Persky, 1999](#); [Eberts, 1981](#); [Eberts i Gronberg, 1982](#); [Straszheim, 1984](#)).

Similarment, un altre conjunt d'estudis—aquest però estrictament contextualitzat dins de la literatura sobre les teories de l'aglomeració—ha examinat empíricament com la mida de les ciutats afecta els salaris i els costos de l'habitatge (vegeu, p. ex., [Brülhart i Koenig, 2006](#); [Combes i Gobillon, 2015](#); [Combes et al., 2015](#); [Glaeser i Maré, 2001](#); [Wheaton i Lewis, 2002](#)). Per exemple, l'excel·lent meta-anàlisi realitzada per [Melo et al. \(2009\)](#) sobre el rol de les externalitats d'aglomeració que es desenvolupen a mesura que la mida de les ciutats augmenta, conclou que doblant la mida d'una ciutat s'incrementen els salaris de les persones en un 3,4% de mitjana i fins a un màxim d'un 14,3%. Segons aquest segon conjunt d'estudis, aquesta relació positiva entre mida de les ciutats i salaris s'explica a partir dels beneficis i costos d'aglomeració que s'originen en les ciutats de més mida: d'una banda, existeixen guanys de productivitat per a les empreses, com a resultat del seu millor accés a la informació, al coneixement, a un mercat laboral més extens, a serveis especialitzats, així com també a infraestructures públiques i a facilitats urbanes; no obstant, d'altra banda, existeixen costos per a les empreses, ja que han de compensar a les persones ocupades amb un major salari per tal que aquestes puguin abordar els alts costos de l'habitatge que s'originen a partir d'una alta concentració de facilitats urbanes i, especialment, amb aquelles relacionades amb el consum (vegeu, p. ex., [Combes i Gobillon, 2015](#); [Mayock, 2016](#); [Melo et al., 2009](#)).

Les excepcions en la literatura actual sobre els determinants dels salaris i dels costos de l'habitatge, inclouen els estudis empírics ([Partridge et al., 2009b, 2010](#)) en l'àmbit de la geografia econòmica que han examinat com l'existència d'un sistema jeràrquic de ciutats en una aglomeració metropolitana afecta els gradients intraurbans que es formen respecte als salaris i els costos de l'habitatge. Aquest grup més reduït d'estudis han mostrat com els salaris i els costos de l'habitatge estan sistemàticament relacionats amb el rang de les ciutats en la jerarquia urbana; essent la magnitud dels efectes de la proximitat pels costos de l'habitatge més grans que no pas els relacionats amb els salaris. Per exemple, [Partridge et al. \(2009b\)](#) il·lustra penalitzacions d'un 5% a un 9% respecte als salaris de les persones per a una menor proximitat als diferents rang de les ciutats, mentre que aquestes penalitzacions es situen entre un 12% a un 17% en termes de costos de l'habitatge.

En aquest context, el coneixement sobre la importància dels processos d'urbanització d'àrees metropolitanes i, en concret, del desenvolupament d'una estructura metropolitana policèntrica (estructura basada en més d'una ciutat identificada com a centre) en els salaris de les persones, és encara escàs i absent en termes de costos de l'habitatge, malgrat ésser aquestes dues relacions possiblement claus, d'una banda per aportar nova llum en els documents de política pública per a ciutats i regions que tenen com a objectiu millorar les condicions de vida de les persones i, d'altra banda, per tal de renovar la literatura acadèmica actual sobre els determinants dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge, reunint les tres aproximacions diferents citades més amunt.

A més, l'escassa literatura disponible que fins a la data ha analitzat empíricament els efectes del policentrisme en els salaris, no han conduït encara cap a resultats conclouents. Mentre que alguns estudis han emfatitzat que les estructures metropolitanes policèntriques, en comparació a les monocèntriques, estan associades amb salaris més alts ([Fallah et al., 2011](#); [Goetz et al., 2010](#); [Meijers, 2013](#)), altres

estudis han indicat que les estructures policèntriques exerceixen un rol poc rellevant en l'augment dels salaris quan es considera el lloc de treball de les persones (Goetz et al., 2010), o en l'assoliment d'una distribució dels salaris més equitativa (Veneri i Burgalassi, 2012).

5.1.2 Motivació i objectiu de la recerca

Abordar els vincles entre policentrisme, salaris i costos de l'habitatge pot, per tant, aportar nova llum pel que fa a si el policentrisme té els efectes positius assumits en l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes i, en particular, amb relació a l'equitat social (vegeu secció 2.2 en el capítol 2). També, amb relació a la competitivitat econòmica, doncs, la literatura sobre economia urbana i geografia econòmica consideren que els salaris i els costos de l'habitatge representen indirectament el nivell de productivitat laboral i de renda del sòl (vegeu, p. ex., Combes i Gobillon, 2015; Duranton i Puga, 2015; Partridge et al., 2010). D'altra banda, aquesta recerca té importants implicacions per a la planificació territorial i l'elaboració de polítiques ja que la millora de les condicions de vida de les persones i, per tant, la conseqüent necessitat de reduir els costos de l'habitatge i augmentar els salaris que perceben, han esdevingut una de les principals preocupacions dels professionals de la planificació territorial (p. ex., arquitectes i urbanistes) i dels legisladors de política pública d'organismes governamentals. És a dir, els resultats d'aquesta investigació també aporten un coneixement útil sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial (vegeu Figura 1.4 en la introducció d'aquesta tesi). Més específicament: els efectes estimats del policentrisme en l'eficiència territorial poden ésser utilitzats a manera d'evidència informada amb l'objectiu d'elaborar un conjunt de directrius per a les polítiques de planificació territorial; aquestes podrien ésser d'interès pels autors de plans territorials per a àrees metropolitanes a causa de l'habilitat d'aquestes recomanacions per ajudar a assolir els objectius dels plans territorials, per exemple, amb relació a la provisió d'habitatges adequats i assequibles.

L'objectiu d'aquest capítol és, per tant, contribuir a la discussió sobre el policentrisme, els salaris i els costos de l'habitatge, a través de respondre la següent pregunta de recerca específica (vegeu secció 1.5 en el capítol 1): En quina mesura el policentrisme fomenta salaris de les persones més alts a la vegada que mitiga els costos de l'habitatge, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial? Així doncs, aquest capítol explora la intensitat amb què l'estructura metropolitana policèntrica de la regió metropolitana de Barcelona influeix en els salaris de les persones i els costos de l'habitatge, a partir de considerar els individus i els habitatges com a unitats d'anàlisi.

5.1.3 Contribucions

5.1.3.1 A la literatura

Per tal d'abordar adequadament la pregunta de recerca, aquest estudi aplica un marc empíric d'acord amb la proposta d'un model conceptual que descriu més acuradament les relacions compostes (directes i indirectes) i causals entre el policentrisme i els salaris de les persones, d'una banda, i entre el policentrisme i els costos de l'habitatge, d'altra banda. Aquest model conceptual, per si mateix, contribueix a la literatura, doncs, a partir d'integrar estudis previs sobre els determinants dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge en àmbits diferents—com ara en l'àmbit de l'economia urbana, de les teories d'aglomeració, i de la geografia econòmica—aporta un millor coneixement de les raons per les quals hi ha discrepàncies en la literatura existent sobre els efectes del policentrisme.

Tant el model conceptual com el marc empíric que se'n deriva, també incorpora i quantifica, a partir d'utilitzar les bases disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona, els impactes dels atributs

del medi construït (p. ex., densitat de llocs de treball i presència de facilitats urbanes) i dels atributs sociodemogràfics de l'individu (p. ex., sexe, edat, etnicitat, i nivell educatiu) en els salaris de les persones, d'una banda, i els efectes dels atributs del medi construït, de les característiques de l'habitatge (p. ex., qualitat, mida, i edat), i de la percepció subjectiva de les persones en els costos de l'habitatge, d'altra banda. D'aquesta manera, aquest estudi pot abordar, p. ex., el problema de l'efecte de classificació ('sorting effect' en anglès), quan s'estimen els determinants dels salaris, ja que la consideració d'atributs demogràfics i del nivell d'educació de les persones, segons la literatura existent, (vegeu, p. ex., [Combes i Gobillon, 2015](#); [Partridge et al., 2009b](#)) permet controlar adequadament la selecció de localitzacions, per part de les persones, d'acord amb les seves característiques individuals (p. ex., les persones ocupades altament qualificades es localitzen preferiblement en les grans àrees urbanes).

El marc empíric combina el modelatge multinivell ('multilevel modeling' en anglès), el modelatge d'equació estructural ('structural equation modeling' en anglès) i l'aproximació Bayesiana a la inferència estadística en un marc empíric unificat, que és definit com a modelatge d'equació estructural multinivell Bayesiana ('Bayesian multilevel structural equation modeling' en anglès), per la literatura economètrica (vegeu, p. ex., [Muthén i Asparouhov, 2012](#)). Aquest mètode no ha estat utilitzat, encara, per estudiar la relació entre el policentrisme i els salaris o els costos de l'habitatge, malgrat els seus grans avantatges.

El modelatge multinivell aborda els problemes potencials d'estimació amb biaix quan s'utilitzen dades jeràrquiques (p. ex., individus agrupats en municipis) i, per tant, habilita la present investigació de controlar adequadament l'agregació de factors a diferents nivells geogràfics. El modelatge d'equació estructural, permet l'ús d'un gran nombre de variables endògenes i exògenes per tal d'identificar, desllorigar, i simultàniament estimar relacions causals complexes. També permet la construcció de variables latents; aquestes són variables no observades i que no es poden mesurar directament, és a dir, són variables que representen conceptes complexos (p. ex., la intenció d'ús del transport públic). Per tant, l'ús del modelatge d'equació estructural contribuirà a considerar, per exemple, els efectes compostos (directes i indirectes) del policentrisme i dels atributs del medi construït en els salaris de les persones o els costos de l'habitatge, i la relació entre la percepció subjectiva de les persones (p. ex., la valoració percebuda al barri/entorn, construïda a partir de la qualitat ambiental i acústica de l'estat de l'entorn, de la seguretat ciutadana, i de la convivència) i les característiques de l'habitatge, quan s'estudien els determinants dels costos de l'habitatge.

L'aproximació Bayesiana, al seu torn, permet aprofitar millor el coneixement que es té sobre els paràmetres d'un model economètric, ja que simula les distribucions posteriors dels paràmetres en base a la seva distribució a priori i a la funció de versemblança avaluada, fent servir les dades observades i, per tant, permet realitzar inferències causals, on l'obtenció dels paràmetres és més robusta i amb menys biaix en comparació a quan s'utilitza el mètode estàndard de Màxima Versemblança Robusta ('Robust Maximum Likelihood' en anglès).

Aquest capítol, finalment, també contribueix a la literatura en la mesura que estén el coneixement actual sobre com el policentrisme exerceix un impacte en l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes, a partir de considerar (i estendre) el marc conceptual proposat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), amb l'objectiu de permetre una examinació àmplia dels efectes del policentrisme. L'aplicació (i extensió) d'aquest marc conceptual implica considerar en el plantejament d'aquesta recerca els següents dos aspectes. En primer lloc, la consideració de la definició de centre, proposada per [op. cit.](#) en lloc d'adoptar una definició generalista d'estructura policèntrica metropolitana, on els seus centres no són identificats i, per tant, una definició que obstaculitza una anàlisi empírica acurada dels efectes del policentrisme. D'aquesta manera, aquest capítol utilitza els 13 centres identificats en la regió metropolitana de Barcelona per [op. cit.](#) i que han resultat ser, en comparació a altres centres identificats en la mateixa regió però considerant altres definicions, les ciutats que tenen el nivell més alt d'economies d'aglomeració i que projecten les ombres

d'aglomeració de més ample abast (espacialment) i més potents sobre els seus entorns (vegeu [capítol 5](#) de l'[op. cit.](#)). Una definició de centre equivalent a aquesta, tal i com s'ha argumentat en el [capítol 2](#), seria que els centres són aquelles ciutats que tenen el nivell més alt d'economies d'aglomeració en una àrea metropolitana i que millor exploten la mida local dels seus entorns i la d'altres ciutats, mitjançant la seva integració en xarxes a múltiples escales (p. ex., metropolitana, regional i internacional), per obtenir majors externalitats d'aglomeració que les que s'esperaria en base a la seva mida local.

En segon lloc, la utilització de l'aproximació teòrica proposada en el [capítol 2](#) ([secció 2.3](#))²⁹ amb relació a la mesura de l'impacte del policentrisme; aquesta sosté que la consideració de quatre dimensions diferents d'una estructura espacial policèntrica que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana—específicament, (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica als centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial)—permet extreure conclusions més àmplies sobre els efectes del policentrisme. Seguint el marc teòric proposat en el [capítol 2](#) i l'[op. cit.](#) aquest estudi tradueix les tres primeres de les quatre dimensions d'una estructura policèntrica³⁰ en un marc empíric, a partir d'examinar els efectes (1) d'estar localitzat en els centres, (2) d'estar localitzat a prop dels centres, i (3) dels patrons d'interacció entre els centres a l'escala metropolitana. A més, és important destacar que, quan s'estudia la relació entre policentrisme, salaris i costos de l'habitatge, la consideració d'aquests tres efectes permet aquest a capítol examinar, per primera vegada en la literatura, l'impacte de la mobilitat residencial en els salaris de les persones i els costos de l'habitatge: p. ex., els efectes d'estar orientat cap als centres poden indicar si les dinàmiques de migració i de re-localització de la població cap als centres condueixen a una millora dels seus salaris a través del temps (vegeu, p. ex., [Coulter et al., 2016](#) per accedir a una revisió general de la literatura acadèmica sobre la mobilitat residencial).

5.1.3.2 A les polítiques públiques

Els resultats empírics d'aquest estudi contribueixen a l'elaboració de polítiques públiques en els següents dos aspectes principals. En primer lloc, els resultats empírics sobre els salaris de les persones i els costos de l'habitatge podrien ser incorporats en l'elaboració dels plans territorials, ja que els seus objectius i propostes d'actuació, amb relació a la millora de les condicions de vida de les persones, s'han definit sense dur a terme una anàlisi empírica *ex ante* ni una avaluació d'impacte *ex post* per tal d'examinar fins a quin cert punt aquests objectius i propostes poden ser assolits. En concret, els efectes estimats del policentrisme, és a dir, elasticitats i prediccions Bayesiana Empírica, indiquen respectivament la magnitud de la influència de l'estructura metropolitana policèntrica amb relació a la magnitud d'altres efectes (p. ex., els dels atributs del medi construït, de l'individu i de l'habitatge) i quins assentaments urbans (p. ex., centres) són comparativament més eficients en la mitigació dels costos de l'habitatge i millora salarial de les persones i, per tant, podrien haver estat utilitzats, per exemple, pels autors del Pla Territorial Metropolità de Barcelona de l'any 2010 per tal de desenvolupar propostes d'actuació dirigides a assolir els objectius d'aquest pla territorial amb relació a promoure, d'una banda, una major cohesió social del territori on es garanteixi una distribució espacial en termes salarials més equitativa i, d'altra banda, una política d'habitatge efectiva que ofereixi l'accés a habitatges assequibles per a un gran nombre de gent (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2010](#)).

29

Aquesta aproximació estén l'aproximació teòrica proposada anteriorment per [Masip-Tresserra \(2016\)](#).

30

La quarta dimensió del marc proposat en el [capítol 2](#) 'patrons d'interacció entre centres a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial)' no ha estat possible considerar-la en l'anàlisi empírica d'aquest capítol a causa de la manca de dades disponibles per a tots els centres i la resta de municipis de la regió metropolitana de Barcelona.

En aquest sentit, el fet que es dugui a terme també en aquest capítol una anàlisi de sensibilitat dels resultats empírics mitjançant l'ús de simulació Monte Carlo, permet controlar adequadament l'existència de variàncies en els efectes estimats quan es considera, com és el cas d'aquesta tesi, un cas únic d'estudi (la regió metropolitana de Barcelona).

En segon lloc, els resultats empírics sobre els salaris de les persones i els costos de l'habitatge podrien ésser incorporats també en l'elaboració futura de polítiques públiques enfocades a millorar la cohesió social i territorial a Catalunya. En el context català, els costos de l'habitatge per persona han augmentat un 48,38% durant el període 2002-2014, mentre que la renda familiar disponible bruta per habitant—que és un indicador que mesura els ingressos dels quals disposen els residents d'un territori per destinar-los al consum o a l'estalvi—ha augmentat en un 32,52%. A més, un 22,34% de la renda familiar disponible bruta per habitant a l'any 2014 s'utilitza per sufragar els costos directes i indirectes associats amb l'habitatge; aquesta proporció representa un +2,39% més en comparació a la de l'any 2002, la qual cosa podria indicar una major dificultat per accedir a l'habitatge per part de la població catalana.

En vista d'aquestes dinàmiques, l'anàlisi empírica sobre els salaris de les persones i els costos de l'habitatge pot ser, en concret, d'interès per a la renovació del 'Pacte Nacional per a l'Habitatge 2007-2016'. A més, una anàlisi empírica com la que es planteja aquest capítol, hagués pogut ésser d'utilitat en la fase de la redacció del Pacte respecte a l'assoliment dels seus reptes, objectius, i accions. Més específicament, els resultats empírics sobre els determinants dels costos de l'habitatge i els salaris de les persones informen sobre com s'hagués pogut dur a terme més eficientment les accions estipulades en el Pacte de 'territorialitzar les necessitats de sòl' i 'garantir la creació d'un parc específic d'habitatges a un preu assequible per a les famílies amb rendes més baixes i mitjanes' per tal d'acomplir els objectius amb relació al repte de 'millorar l'accés a l'habitatge' (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2007](#)).

5.1.4 Organització del capítol

La resta del capítol està organitzat de la següent manera. La [secció 5.2](#) explica el model conceptual i les seves hipòtesis subjacents, mentre que la [secció 5.3](#) tradueix el model i les hipòtesis en un marc empíric, i explica també les bases de dades i variables utilitzades. La [secció 5.4](#) presenta els resultats de l'anàlisi empírica sobre els salaris de les persones i els costos de l'habitatge. Finalment, la [secció 5.5](#) exposa les conclusions principals i explica, d'una banda, com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial i, d'altra banda, com els costos del policentrisme també es poden mitigar.

§ 5.2 Model conceptual i hipòtesis

Aquesta secció proposa un model conceptual que identifica, d'una banda, les relacions entre els salaris i factors amb relació al policentrisme, a atributs del medi construït i als atributs sociodemogràfics de l'individu ([Figura 5.1](#)), i d'altra banda, les relacions entre els costos de l'habitatge i factors amb relació al policentrisme, a atributs del medi construït, a les característiques de l'habitatge i a la percepció subjectiva dels individus ([Figura 5.2](#)). L'estructura del model conceptual, sobre el qual es fonamenta l'aplicació del marc empíric exposat a la [secció 5.3](#), es presenta en la següents [Figures 5.1](#) i [5.2](#). Els vincles establerts entre els factors esmentats anteriorment i les hipòtesis plantejades que els recolzen,

són explicats a continuació mitjançant una sèrie de subseccions. Aquestes subseccions expliquen, primer, les relacions que apareixen a la part superior de les Figures 5.1 i 5.2, i, posteriorment, desenvolupen els vincles representats a la part inferior. A més, aquestes subseccions desenvolupen aquells vincles amb relació als salaris o als costos de l'habitatge que no han estat encara analitzats (vegeu els vincles de les Figures 5.1 i 5.2 representats de color blau), però que la seva anàlisi pot aclarir les raons per les quals els estudis actuals sobre els determinants dels salaris i dels costos de l'habitatge no han conduït encara cap a resultats concloents sobre els seus efectes.

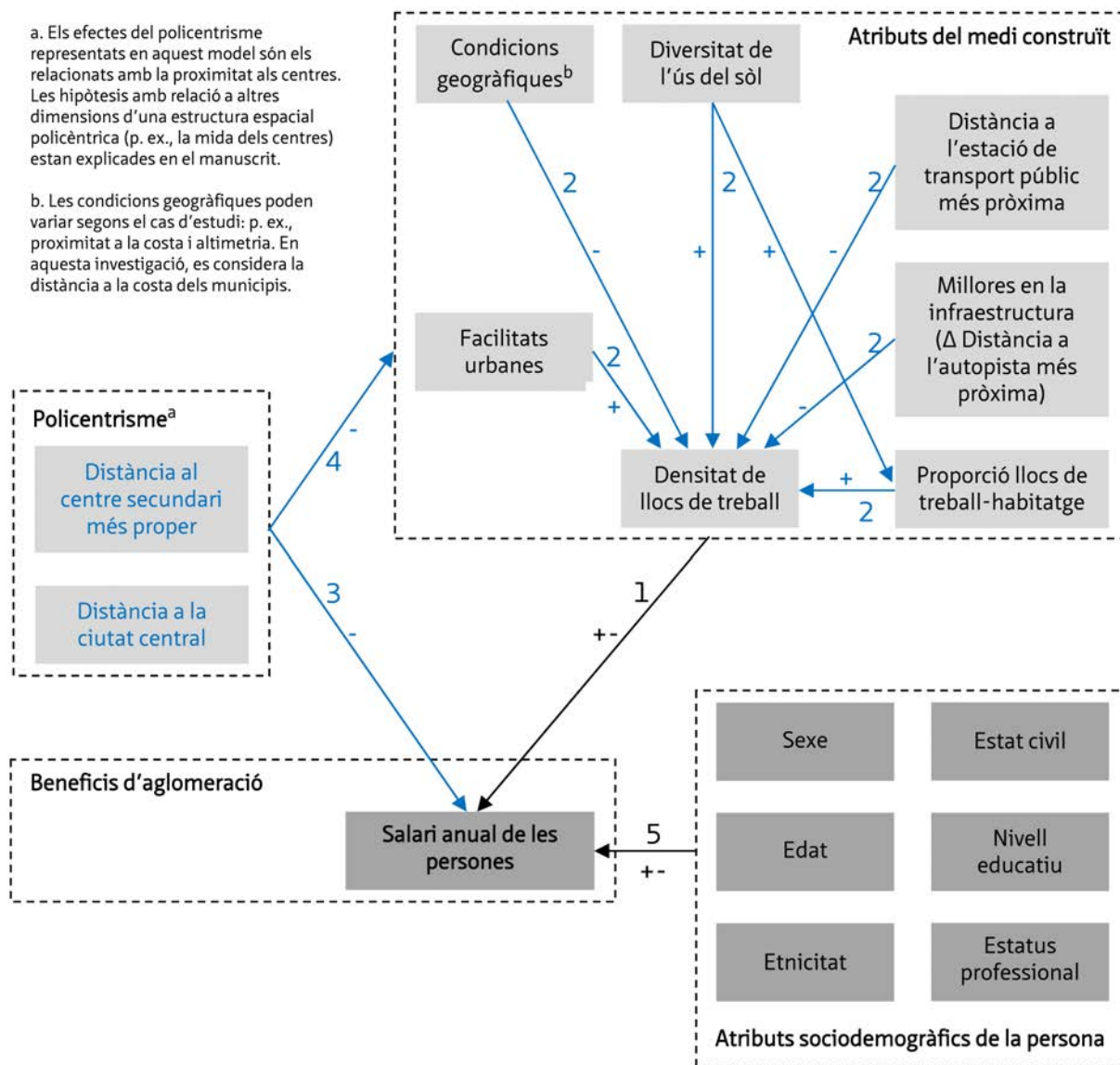


FIGURA 5.1 Model conceptual per avaluar els salaris de les persones: relacions clau (amb hipòtesis plantejades) entre els principals determinants

Nota(es): les fletxes (i els símbols) en blau representen les relacions directes o indirectes (amb hipòtesis plantejades) que no han estat encara analitzades empíricament en la literatura acadèmica.

5.2.1 Policentrisme, salaris i costos de l'habitatge

5.2.1.1 Vincles existents en la literatura: gradients intraurbans

La primera conceptualització teòrica que explica la distribució espacial dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge en les àrees metropolitanes és el model monocèntric desenvolupat per Alonso-Mills-Muth (Alonso, 1964; Mills, 1972; Muth, 1969) dins de l'àmbit de la 'Nova Economia Urbana' ('New Urban Economics' en anglès). Aquest model està basat en la teoria àmpliament coneguda de la 'renda-oferta' ('bid-rent theory' en anglès) i, considerant que la majoria dels llocs de treball (p. ex., llocs de treball altament qualificats) i de les funcions urbanes (p. ex., àrees d'oci i comercials) estan altament concentrades en la ciutat central de les àrees metropolitanes, explica el comportament de les empreses i de les persones a partir de predir diferents relacions de compensació entre les distribucions espacials de les rendes del sòl, de les rendes de l'habitatge, i dels costos del transport.

Aquestes relacions de compensació es basen en una sèrie de prediccions que el model monocèntric exposa, prediccions que reben la denominació de 'gradients' dins de l'àmbit de l'economia urbana. Cinc gradients són els que s'assumeixen en el model urbà monocèntric d'Alonso-Mills-Muth. El primer gradient exposa que a mesura que les persones localitzen la seva residència més lluny de la ciutat central, el cost dels seus habitatges disminueix en la mateixa mesura que augmenten els seus costos de viatge; per tant, el preu de l'habitatge es redueix amb la distància a la ciutat central. El segon gradient enuncia que el consum d'habitatge (això és, viure en habitatges més grans) s'incrementa amb la distància a la ciutat central, doncs les persones reaccionen al menor preu de l'habitatge amb un major consum. El tercer i quart gradient es desprenen del primer. La reducció del preu de l'habitatge amb la distància a la ciutat central es reflecteix també en una reducció del preu del sòl, cosa que incita els constructors a construir en aquelles localitzacions menys pròximes a la ciutat central amb una proporció de capital per unitat de sòl menor. D'aquesta manera, l'augment en el consum d'habitatge i la disminució de la intensitat de desenvolupament, a mesura que un s'allunya de la ciutat central, explica la cinquena predicció del model monocèntric: el declivi de la densitat del nombre de residents a una major distància de la ciutat central.

La distribució espacial dels salaris s'explica a partir d'aquests gradients i de la utilitat de les empreses i persones. Els salaris són més alts en la ciutat central i en àrees del seu entorn, a la vegada que disminueixen a una major distància de la ciutat central, doncs les empreses compensen els seus treballadors tant pel cost de l'habitatge més alt de les localitzacions centrals com pels costos del transport més alts, que es deriven dels viatges originats en localitzacions més llunyanes de la ciutat central, on el cost de l'habitatge és més baix. Similarment, les persones ocupades amb més ingressos, tant poden estar disposades a pagar costos de transport més alts, ja que el seu salari els permet consumir més habitatge, la qual cosa implica que resideixin a una major distància de la ciutat central, com poden voler residir en la ciutat central o en els seus entorns a causa de l'estalvi de temps per a accedir al seu lloc de treball o a facilitats urbanes i, per tant, de costos de transport que això implica.

En aquest sentit, els estudis empírics existents en la literatura han emfatitzat generalment l'existència d'una relació negativa entre el nivell dels salaris de les persones i la distància a la ciutat central. Els estudis pioners d'Eberts (1981) i d'Eberts i Gronberg (1982) demostren l'existència d'un gradient negatiu de salaris en l'àrea metropolitana de Chicago, sobretot amb relació als treballadors ocupats en el sector públic. Similarment, Carlson i Persky (1999) il·lustra com els salaris de les persones que treballen en les àrees suburbanes més pròximes a la ciutat central de l'àrea metropolitana de Chicago són un 4,9% més baixos, mentre que els salaris dels llocs de treball localitzats en les àrees suburbanes més llunyanes, ho són un 6,2%. D'altra banda, Ihlanfeldt (1988, 1992) corrobora l'existència d'un gradient negatiu de salaris en les àrees metropolitanes de Philadelphia, Detroit i Boston, a la vegada que també indica que el gradient negatiu és més acusat amb relació a les dones en comparació als

homes. Aquest resultat també s'obté per a un gran nombre d'àrees metropolitanes dels Estats Units, quan s'ha estudiat la relació entre salaris i distància a la ciutat central a través del temps (Madden, 1985) i quan s'ha distingit la distribució espacial dels salaris segons l'etnicitat (McMillen, 1993) o el sector d'ocupació dels treballadors (McMillen i Singell, 1992). No obstant, un grup d'estudis més recent ha indicat que el gradient dels salaris pot ser positiu (Brueckner i Rosenthal, 2009; Lee i Lin, 2013). El factor clau que explica aquesta relació positiva és, segons la literatura (vegeu, p. ex., Brueckner et al., 1999), la distribució de les facilitats urbanes en les àrees metropolitanes, doncs en les àrees on les facilitats urbanes estan fortament concentrades en la ciutat central, el gradient dels salaris continua sent negatiu, tal i com Glaeser (2000) i Glaeser et al. (2008) han il·lustrat, p. ex., per a les àrees metropolitanes de New York, Chicago, i Philadelphia.

En comparació a aquesta abundància empírica que examina la relació entre la proximitat a la ciutat central i els salaris de les persones ocupades, hi ha una manca d'estudis empírics que hagin examinat si els costos de l'habitatge³¹ també es redueixen amb la distància a la ciutat central. Tanmateix, ja que els costos de l'habitatge representen indirectament les rendes del sòl, i els estudis empírics sobre les implicacions del model urbà monocèntric d'Alonso-Mills-Muth en les rendes del sòl han il·lustrat, efectivament, que són menors a majors distàncies de la ciutat central (vegeu, p. ex., Ahlfeldt, 2011; Ahlfeldt i Wendland, 2011, 2013; Ahlfeldt et al., 2015; Combes et al., 2012 i McMillen, 1996, 2010 per accedir a una extensa revisió dels estudis empírics existents), es pot assumir que existeix en la literatura suficient evidència empírica que corrobora que els costos de l'habitatge també disminueixen amb una menor proximitat a la ciutat central.

De totes maneres, el que és més rellevant és l'absència de models empírics que corroborin les prediccions dels models teòrics policèntrics de la 'Nova Economia Urbana' sobre les distribucions espacials dels salaris i dels costos de l'habitatge en les àrees metropolitanes, doncs, avui en dia, les àrees metropolitanes no són completament monocèntriques i, per tant, múltiples centres coexisteixen en una mateixa àrea (Anas et al., 1998; Glaeser i Kahn, 2001). Els models teòrics policèntrics de la 'Nova Economia Urbana' han explicat el sorgiment d'una estructura policèntrica, a partir de la transició-evolució del model urbà monocèntric descrit més amunt; en concret, aquests models (vegeu, p. ex., Fujita i Owaga, 1982; Imai, 1982; Lucas i Rossi-Hansberg, 2002; Owaga i Fujita, 1980; White, 1976, 1988, 1999) exploren com els gradients del model monocèntric es modifiquen i com en poden sorgir de nous a partir de considerar, d'una banda, la descentralització d'empreses (llocs de treball) i de funcions urbanes des de la ciutat central cap a zones suburbanes i, d'altra banda, la concentració d'aquestes empreses 'descentralitzades' en certes zones suburbanes i per tant, formant nous centres.

En aquest sentit, els models teòrics policèntrics apunten que els gradients predits en el model monocèntric podrien deixar de ser monotònics, és a dir, disminuir a mesura que s'incrementa la distància a la ciutat central i augmentar a mesura que es redueix la distància als múltiples centres que s'han originat. En concret, d'una banda, els models policèntrics de la 'Nova Economia Urbana' assumeixen que en una àrea d'usos mixtes, les persones que viuen i treballen en un centre, o pròxims a ell, obtenen un major salari, però que aquest és compensat per un major cost del seu habitatge. D'altra banda, assumeixen que en una àrea purament residencial, les persones ocupades que viuen a prop d'un centre són capaces d'obtenir un major salari, a la vegada que aquest també és compensat per un major cost del seu habitatge. A més, aquests models també indiquen que un nou gradient pot emergir amb relació als salaris; aquests tendrien a ser majors en les àrees més denses, en termes d'ocupació. D'aquesta manera, el gradient dels

31

Considerar els costos de l'habitatge és diferent que considerar el preu de l'habitatge, doncs la mesura del cost total de l'habitatge inclou els costos imputables a l'habitatge, com ara les despeses de manteniment, els costos dels serveis contractats, i els impostos municipals. Vegeu, p. ex., Yinger (1979) i Coulson (1991) com a mostra dels primers estudis empírics en la literatura que han examinat si el preu de l'habitatge disminueix a mesura que augmenta la distància a la ciutat central d'una àrea metropolitana.

salari i del cost de l'habitatge en un model policèntric exposa que, a mesura que les persones localitzen la seva residència més lluny de la ciutat central o dels centres de recent formació, i en àrees menys denses de llocs de treball, el seu salari i el cost dels seus habitatges disminueixen. Per tant, la falta d'evidència respecte a la corroboració d'aquests dos gradients en la literatura actual justifica la necessitat de dur a terme estudis empírics en aquesta direcció, tal i com aquest capítol es proposa.

5.2.1.2 Vincles existents en la literatura: externalitats de l'aglomeració i mida de les ciutats

La segona aproximació teòrica que explica la distribució espacial dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge en les àrees metropolitanes parteix de les teories de l'aglomeració desenvolupades dins de l'àmbit de l'economia urbana i regional (vegeu capítol 2); en concret, de la relació entre les externalitats de l'aglomeració i la mida de les ciutats. Aquestes teories argumenten que la mida de les ciutats és el principal determinant de la presència d'una àmplia gamma d'economies d'aglomeració (vegeu, p. ex., [Alonso, 1971](#)), és a dir, a mesura que la mida de les ciutats augmenta, es desenvolupen beneficis i costos urbans associats a les economies d'aglomeració; aquests costos i beneficis reben també la denominació 'd'externalitats de l'aglomeració' dins de l'àmbit de l'economia urbana i regional³².

Amb relació als beneficis urbans, la literatura ha identificat el rol de les economies d'aglomeració envers el creixement de la productivitat (p. ex., [Ciccone, 2002](#); [Ciccone i Hall, 1996](#)) i dels salaris (p. ex., [Glaeser i Gottlieb, 2009](#); [Glaeser i Maré, 2001](#)). Altres estudis també han emfatitzat que les ciutats de més mida, són les que ofereixen més oportunitats a les empreses per innovar (p. ex., [Porter, 2000](#)), a la vegada que també s'augmenta l'intercanvi d'idees, coneixement, i les interaccions socials entre empreses i persones (p. ex., [Rosenthal i Strange, 2004](#)). Altres beneficis urbans que s'originen en les ciutats de més mida són, d'una banda, una major accessibilitat a llocs de treball (p. ex., [Anas et al., 1998](#)) i a facilitats urbanes—p. ex., a serveis sanitaris (hospitals), a serveis educatius (universitats i escoles), a serveis culturals (museus i teatres) i a altres facilitats de consum (p. ex., [Clark et al., 2002](#); [Glaeser et al., 2001](#))—i, d'altra banda, una major qualitat de vida ([Quigley, 1998](#)). No obstant, les ciutats de més mida també presenten costos d'aglomeració; aquests poden mitigar i, fins i tot, reinvertir els beneficis d'aglomeració quan les ciutats excedeixen la seva 'mida òptima' ([Capello i Camagni, 2000](#)). En relació amb els costos urbans, la literatura ha identificat el paper desenvolupat per la mida de les ciutats envers la presència d'una major congestió (p. ex., [McMillen i Smith, 2003](#)), pol·lució (p. ex., [Richardson, 1972](#)), i d'altres rendes del sòl (p. ex., [White, 1999](#)) i de l'habitatge (p. ex., [Jeanty et al., 2010](#)).

Aquesta literatura sobre les teories d'aglomeració explica el rol de les economies d'aglomeració envers les diferències de nivell dels salaris i dels costos de l'habitatge, a partir de considerar específicament tant l'oferta com la demanda laboral en les ciutats. Des de la perspectiva de l'oferta laboral, s'explica perquè no totes les persones ocupades migren cap a les ciutats de més mida, malgrat que aquestes presentin salaris més alts en comparació a les àrees no urbanes. L'explicació és que els salaris nominals difereixen en la mesura que els preus i les rendes varien a través de les ciutats i d'àrees no urbanes, és a dir, la prima salarial ('wage premium' en anglès) nominal dels treballadors de les ciutats, simplement pot reflectir un major cost de vida a les ciutats (vegeu, p. ex., [Essletzbichler, 2015](#); [Glaeser i Maré, 2001](#)). En aquest cas, els salaris nominals podrien no diferir materialment a través de les ciutats i d'àrees no

32

El concepte d'economies d'aglomeració és un concepte ampli que inclou tot efecte que beneficia a les empreses i a les persones quan la mida de l'economia local creix. La literatura (vegeu capítol 2) proposa diferents classificacions per explicar els mecanismes que originen les economies d'aglomeració; des de [Marshall \(1920\)](#) que divideix els efectes d'aglomeració (1) en 'vessaments tecnològics' ('technological spillovers' en anglès), (2) en 'la posada en comú del mercat laboral' ('labor pooling' en anglès), i (3) en els 'vincles d'insums intermedis' ('intermediate input linkages'), fins a la tipologia més utilitzada en l'actualitat i proposada per [Duranton i Puga \(2004\)](#); aquesta es basa en la consideració dels efectes (1) 'de repartiment' ('sharing' en anglès), (2) 'de combinació' ('matching' en anglès), i (3) 'de coneixement' ('learning' en anglès). A més, la literatura (vegeu capítol 2) proposa diferents classificacions per explicar l'àmbit on, aquests diferents mecanismes que originen les economies d'aglomeració, es desenvolupen: p. ex., l'àmbit industrial ('industrial scope' en anglès) i geogràfic ('geographic scope' en anglès) (vegeu [Rosenthal i Strange, 2004](#)), així com també l'àmbit macroterritorial ('macro-territorial scope' en anglès) (vegeu [Camagni i Capello, 2015](#)). En aquest estudi, es considera l'impacte dels factors (p. ex., mida de les ciutats) que configuren les economies d'aglomeració a través de diferents mecanismes, no dels propis mecanismes en si.

urbanes. No obstant, si els costos urbans (p. ex., costos de l'habitatge) no representen plenament els majors salaris nominals i encara existeixen diferències de salaris nominals, llavors aquestes diferències s'expliquen pel fet que els treballadors en les ciutats són més productius (Glaeser i Maré, 2001). Per tant, les primes salarials en una àrea reflecteixen un cost de vida (p. ex., costos de l'habitatge més alts) o un nivell d'aptitud dels treballadors més alt.

Des de la perspectiva de la demanda laboral, s'explica les raons per les quals les empreses no migren de les àrees urbanes que presenten un alt salari, fins i tot si les rendes i preus més alts inhibeixen una migració massiva de treballadors cap a les ciutats de més mida. L'explicació és que les empreses romanen en les àrees amb més salari perquè poden disposar de treballadors més productius o tenir costos de producció menors, és a dir, són més productives (Glaeser i Maré, 2001). El foment de la productivitat té a veure amb la major presència a les ciutats d'externalitats positives d'economies d'aglomeració; aquestes ocasionen que els treballadors siguin més productius (Ciccone i Hall, 1996; Kim, 1987) i que s'originin guanys en eficiència i estalvis de costos, que resulten de la proximitat a clients, proveïdors, o competidors; de la producció de coneixement (Glaeser, 1999; Moretti, 2004; Rauch, 1993), i d'eficiència en la recerca i coincidència de llocs de treball ('job search and matching' en anglès) (Helsey i Strange, 1990; Kim, 1990; Sato, 2001).

L'anàlisi empírica de la relació entre la mida de les ciutats i els salaris o els costos de l'habitatge s'ha abordat, però, de manera diversa. D'una banda, un conjunt d'estudis ha analitzat aquest vincle, considerant les economies d'aglomeració que es desenvolupen en una ciutat. Aquesta primera perspectiva d'anàlisi s'ha traduït en analitzar (1) els efectes de la mida poblacional o d'ocupació de les ciutats, (2) si els residents de les ciutats més grans gaudeixen d'una prima salarial, i (3) l'extensió espacial dels efectes de les economies d'aglomeració, és a dir, fins a quin cert punt les economies d'aglomeració d'una ciutat es dispersen envers el seu entorn. D'altra banda, un conjunt menys extens d'estudis ha considerat les economies d'aglomeració que es desenvolupen en una constel·lació de ciutats quan aquestes formen una estructura policèntrica. Aquesta segona perspectiva d'anàlisi s'ha traduït en analitzar si aquestes estructures policèntriques, en comparació a les monocèntriques, proporcionen un major balanç entre els costos i els beneficis d'aglomeració, com a conseqüència que les externalitats positives de la mida de les ciutats s'han 'regionalitzat' (en gran mesura), mentre que les seves externalitats negatives encara es mantenen localment.

En relació amb el primer conjunt d'estudis, l'excel·lent meta-anàlisi realitzada per Melo et al. (2009) il·lustra que generalment, quan es dobla la mida d'una ciutat, s'incrementen els salaris de les persones en un 3,4% de mitjana, i fins a un màxim d'un 14,3%. Aquest interval d'elasticitats és consistent en una àmplia gamma d'estudis en contextos geogràfics diferents. Per exemple, Harris i Ioannides (2000) i Wheaton i Lewis (2002) mostren que, doblant la mida poblacional i la mida de llocs de treball de les ciutats en les àrees metropolitanes dels Estats Units, els salaris augmenten en un 5,5% i 12% respectivament. Similarment, Kim (2006) mostra que l'elasticitat de la mida poblacional de les regions ('counties' en anglès) dels Estats Units en el salari anual de les persones es situa entre un 3% a un 9%. En el context europeu, l'elasticitat de la mida de les ciutats fluctua entre un 0,7%-0,8% (Graham i Kim, 2008; Melo i Graham, 2009) i un 1,6% (Fingleton, 2003), quan s'han estudiat diverses unitats geogràfiques (p. ex., districtes i àrees funcionals) del Regne Unit; entre un 3% (Combes et al., 2008) i un 2,6%-4,7% (Combes et al., 2010), quan s'han considerat com a cas d'estudi diferents àrees urbanes de França, i d'un 1,3% (Di Addario i Patacchini, 2008) pel cas d'Itàlia.

No obstant, alguns estudis han revelat que una mida poblacional més gran de les ciutats està associada amb menors salaris; p. ex., aquests són els casos de Wheeler (2008) i Lee et al. (2013) que han indicat elasticitats negatives d'un -7% i d'un -18,8% respectivament. A més, Florida et al. (2016) emfatitza que una major mida de la ciutat principal de les àrees metropolitanes dels Estats Units no està associada

(estadísticament) a un nivell més alt de salaris, malgrat que doblar la mida poblacional d'aquestes àrees (és a dir, considerant tant la ciutat principal com les zones suburbanes) condueix cap un augment dels salaris de les persones d'un 4,3% (d'un 5,8% en les àrees majors d'1 milió d'habitants). Això sí, [Florida et al. \(2016\)](#) corrobora empíricament que l'augment de la mida de les ciutats condueix cap a majors costos d'aglomeració; en concret, mostra que, doblant la mida poblacional de la ciutat principal de les àrees metropolitanes, els costos de l'habitatge s'incrementen en un 6%.

D'altra banda, existeix convergència sobre l'existència d'una prima salarial pels residents de les ciutats; aquesta és major per a les grans ciutats, a la vegada que la prima salarial de les ciutats petites és més gran que la de les àrees no urbanes. L'estudi pioner de [Glaeser i Maré \(2001\)](#) apunta que els residents en les grans ciutats dels Estats Units (més de 500.000 habitants) presenten un salari entre un 4,5% a un 10,9% més alt que els residents d'àrees no urbanes, mentre que els residents de petites ciutats disposen d'una prima salarial entre un 2,6% a un 7%. De forma similar, [Yankow \(2006\)](#) indica un avantatge salarial d'un 5,2% pels residents de les ciutats de més mida en els Estats Units (més d'1 milió d'habitants) i d'un 3,2% pels residents de ciutats petites (entre 250.000 a 1 milió d'habitants) o, al seu torn, [Dewey i Montes-Rojas \(2009\)](#) apunta que les ciutats de major mida presenten una prima salarial d'un 4,6%, mentre que [Wang \(2016\)](#) estima que aquest avantatge salarial és d'un 22,5% i [Kim \(2006\)](#) obté unes estimacions encara més favorables, en concret, entre un 22% a un 83% d'avantatge salarial pels residents d'àrees urbanes. En el context europeu, [Combes et al. \(2015\)](#) emfatitza que els salaris a la ciutat de París són un 24% més alts que en altres àrees de la regió parisenca. A més, [Wang \(2016\)](#) confirma que l'avantatge salarial pels residents de les ciutats és compensat per un major cost de vida; específicament, aquest estudi estima que els costos de l'habitatge en les àrees urbanes són un 20,6% majors que els de les àrees no urbanes.

També, existeix consens en els estudis d'aquest primer conjunt sobre l'existència d'una extensió espacial dels efectes de les economies d'aglomeració que es desenvolupen, localment, a partir de la mida de les ciutats. Quan l'extensió espacial dels efectes de les economies d'aglomeració s'ha avaluat mitjançant la consideració del 'potencial de mercat', que inclou tant la mida d'una ciutat com les mides de les àrees del seu entorn, els estudis indiquen que, doblant el potencial de mercat, s'incrementen els salaris al voltant d'un 10%. Per exemple, mentre [Fingleton \(2006\)](#) i [Melo i Graham \(2009\)](#) indiquen que l'elasticitat neta del potencial de mercat en els salaris és d'un 15,6% i entre un 5,4% a un 11,1%, respectivament, tot considerant diverses unitats geogràfiques del Regne Unit, [Combes et al. \(2008, 2010\)](#) estima unes elasticitats menors pel context francès; en concret, entre un 2,5% a un 4,8%.

Quan s'ha abordat la dispersió espacial de les economies d'aglomeració, considerant la concentració econòmica o poblacional a diferents distàncies d'una mateixa localització, els estudis mostren que les economies d'aglomeració de les ciutats s'atenuen amb la distància; però que els seus efectes no són significants més enllà de 12 km ([Di Addario i Patacchini, 2008](#)) o de 80 min ([Rice et al., 2006](#)) en el context europeu, i de 25 milles ([Rosenthal i Strange, 2008](#)) en el context dels Estats Units. A més, aquests estudis emfatitzen que la magnitud dels efectes de les economies d'aglomeració, fins als 4 km ([Di Addario i Patacchini, 2008](#)) o les 5 milles ([Rosenthal i Strange, 2008](#)), són fins a 4-5 vegades més grans que els que es produeixen entre els 4 i 8 km i entre les 5 i 25 milles, respectivament. Per exemple, [Di Addario i Patacchini \(2008\)](#) ressalta que un increment de 100.000 persones a una distància de menys de 4 km d'una ciutat, incrementa els salaris en un mínim d'un 9,8% fins a un màxim d'un 21,5%.

Respecte al segon conjunt d'estudis citat més amunt, els resultats no han conduït encara cap a conclusions clares sobre els efectes del policentrisme en els salaris de les persones. [Goetz et al. \(2010\)](#) i [Meijers \(2013\)](#) revelen que el desenvolupament d'economies d'aglomeració en múltiples ciutats, formant una estructura policèntrica, està positivament associat amb un augment del salari de les persones; p. ex., doblant el nivell de policentrisme de les àrees metropolitanes dels

Estats Units, s'incrementa el salari anual de les persones ocupades en un 5,7% (Meijers, 2013). A més, Fallah et al. (2011) mostra que una excessiva dispersió de les economies d'aglomeració—és a dir, les externalitats positives de l'aglomeració tendeixen a ser constants a través de l'àrea metropolitana—està negativament associada amb un augment salarial; en concret, l'elasticitat neta del nivell de 'sprawl' urbà en els salaris és d'entre un -11,4% a un -18,1%. No obstant, Veneri i Burgalassi (2012) emfatitza que el policentrisme no facilita l'assoliment d'una distribució dels salaris més equitativa en les regions italianes i Goetz et al. (2010) indica que l'efecte del policentrisme en els salaris de les persones ocupades, quan es considera el seu lloc de treball, no és estadísticament significatiu.

Aquestes discrepàncies entre resultats empírics sobre els efectes del policentrisme en els salaris i l'absència d'anàlisi empírica sobre el seu rol envers els costos de l'aglomeració (p. ex., els costos de l'habitatge) suggereixen, per tant, la necessitat de més recerca empírica. La reconciliació de les diferents aproximacions teòriques existents en la literatura sobre les distribució espacial dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge en les àrees metropolitanes poden ésser un bon punt de partida.

5.2.1.3 Vincles existents en la literatura: jerarquia del sistema de ciutats

La tercera aproximació teòrica, que aborda la distribució espacial dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge en les àrees metropolitanes, són els models proposats per la 'Nova Geografia Econòmica' ('New Economic Geography' en anglès) (vegeu, p. ex., Fujita et al., 1999a, 1999b; Krugman, 1993). Aquests models complementen tant les prediccions dels models de la 'Nova Economia Urbana' basats en els gradients intraurbans, com les teories de l'aglomeració basades en les externalitats de l'aglomeració i la mida de les ciutats. Els models teòrics de la 'Nova Geografia Econòmica' també prediuen que els productors i consumidors es co-localitzen per tal d'explotar les economies d'escala i minimitzar els costos de transport (Head i Mayer, 2004a). En aquest sentit, la principal proposició que s'assumeix és que una major accessibilitat al mercat (mesurada a partir del 'potencial de mercat') redueix els costos de transport als consumidors finals i als proveïdors intermedis, cosa que, conjuntament amb les economies d'escala a les empreses, facilita el desenvolupament d'economies d'aglomeració (Hanson, 2005; Head i Mayer, 2004b 2006; Ottaviano i Pinelli, 2006; Redding i Venables, 2004).

La contribució teòrica dels models de la 'Nova Geografia Econòmica' és la consideració de la naturalesa de les economies d'aglomeració, és a dir, considera la naturalesa espacial de les concentracions urbanes (p. ex., de les ciutats) i, especialment, de la posició d'aquestes concentracions en la jerarquia urbana (Partridge et al., 2008a; Rosenthal i Strange, 2004). Això implica que els beneficis d'aglomeració relacionats amb la mida urbana, que inclouen accés a insums intermedis per a les empreses com a facilitats culturals, d'oci, i consum per a les persones, presentin una relació directa amb el nivell específic que la concentració urbana ocupa en la jerarquia urbana (Christaller, 1933; Krugman, 1996). Similarment, també implica que les externalitats de les economies d'aglomeració, incloent les externalitats del capital humà (Glaeser, 1997), estiguin associades a la mida de les ciutats; és a dir, p. ex., que el nivell de productivitat, salaris i rendes del sòl i de l'habitatge guardin una estreta relació amb la jerarquia del sistema de ciutats. D'altra banda, també implica que es produiran diferents atenuacions espacials de les economies d'aglomeració amb la distància, en funció de la posició de la ciutat en la jerarquia urbana (Partridge et al., 2008b).

D'aquesta manera, els models teòrics de la 'Nova Geografia Econòmica' assumeixen que els salaris i els costos de l'habitatge (que reflecteixen les externalitats de les economies d'aglomeració) seran més alts en el nivell més superior de la jerarquia urbana (aquest nivell està ocupat per les ciutats de més mida, doncs són les que presenten el nivell més alt d'economies d'aglomeració) i aniran disminuint, gradualment, fins arribar al nivell més inferior de la jerarquia del sistema de ciutats (Christaller, 1933). A més, aquests models prediuen que els salaris i els costos de l'habitatge d'una àrea estan influenciats

per la proximitat a la ciutat de més jerarquia: les persones i les empreses localitzades en àrees que ocupen nivells inferiors en la jerarquia urbana, han d'absorbir el cost de la proximitat a la ciutat de rang superior per accedir, p. ex., a serveis de producció, facilitats urbanes, llocs de treball més ben remunerats, i productes de menor cost; per tant, s'espera que una major proximitat a les ciutats de major rang condueixi cap a un augment dels salaris i dels costos de l'habitatge (Partridge et al., 2008a).

En aquest sentit, els estudis empírics existents en la literatura (Partridge et al., 2009b, 2010) il·lustren que els patrons espacials dels salaris i dels costos de l'habitatge estan sistemàticament relacionats amb la proximitat als nivells successius de la jerarquia urbana; essent la magnitud dels efectes de proximitat pels costos de l'habitatge més grans que no pas els relacionats amb els salaris. Considerant les regions dels Estats Units, Partridge et al. (2009b) emfatitza penalitzacions d'un 5% a un 9% respecte als salaris de les persones per a una menor proximitat als diferents rang de les ciutats, mentre que aquestes penalitzacions es situen entre un 12% a un 17% en termes de costos de l'habitatge. Partridge et al. (2010) hi afegeix que la proximitat també és important pel creixement dels salaris i dels costos de l'habitatge; l'elasticitat de la proximitat a la ciutat de més jerarquia (la de més mida poblacional) en el creixement dels salaris i dels costos de l'habitatge és d'un 3,1% i d'un 9,2% respectivament.

L'absència d'estudis empírics que abordin aquesta relació entre la jerarquia del sistema de ciutats i els salaris o els costos de l'habitatge, a partir de conceptualitzar aquest sistema de ciutats com una estructura policèntrica, estimula dur a terme més recerca en aquest sentit, tal i com aquest capítol es proposa. El fet que els models de la 'Nova Geografia Econòmica' (p. ex., Fujita i Mori, 1997; Fujita et al., 1999a, 1999b) expliquen, des d'una perspectiva diferent a la proposada pels models de la 'Nova Economia Urbana', la transició de les àrees metropolitanes des d'una estructura monocèntrica cap a una policèntrica, justifica la conceptualització policèntrica d'un sistema de ciutats. En concret, els models teòrics de la 'Nova Geografia Econòmica' formalitzen la formació d'estructures policèntriques a partir d'una major interacció entre ciutats i les seves àrees de mercat, cosa que condueix cap a la integració funcional de ciutats, tant de rangs similars com de diferents, ja sigui mitjançant processos d'incorporació o de coalescència (fusió) de ciutats anteriorment diferents.

5.2.1.4 Reconciliació de la literatura

El model proposat en aquest estudi (vegeu Figures 5.1-5.2) intenta abordar les raons teòriques per les quals hi han discrepàncies en la literatura sobre els efectes del policentrisme—p. ex., en els salaris de les persones—tot integrant les diferents aproximacions teòriques de la literatura actual sobre els determinants dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge (el marc empíric de la secció 5.3 prova de fer-ho des de la vessant metodològica). Des del punt de vista d'aquest estudi, els resultats incerts de la influència del policentrisme s'atribueixen als diferents plantejaments conceptuals, per part dels estudis existents respecte a la definició del policentrisme, i de com es mesuren els seus efectes directes i indirectes. Dues qüestions teòriques a resoldre afluïren en aquest sentit.

La primera qüestió té a veure amb la manera com els estudis citats més amunt defineixen el policentrisme i mesuren els seus efectes. Aquests estudis han utilitzat diferents formes analítiques de definir l'estructura urbana per, posteriorment, comparar els salaris de les persones entre els sistemes urbans monocèntrics i policèntrics. Per exemple, els sistemes urbans han estat classificats en monocèntrics o policèntrics a partir de considerar la tipologia d'un sistema urbà, a partir de l'exploració de les relacions funcionals entre ciutats (Goetz et al., 2010; Veneri i Burgalassi, 2012), la distribució de ciutats en un sistema urbà utilitzant la regla del rang de mida (Meijers, 2013), i la concentració relativa de població que resideix en la ciutat central d'un sistema urbà (Veneri i Burgalassi, 2012).

No obstant, les contribucions d'aquests estudis poden ser limitades, ja que els seus resultats presenten un cert grau de biaix, com a conseqüència que la seva definició d'estructura urbana policèntrica és massa general per tal d'abordar acuradament la relació entre policentrisme i salaris, doncs els centres que formen una estructura espacial policèntrica no són identificats. Per exemple, la classificació dels sistemes urbans, basada en la distribució de ciutats en un sistema urbà utilitzant la regla del rang de mida (Meijers, 2013), obstaculitza una anàlisi acurada entre el policentrisme i els salaris, doncs, d'una banda, no pot considerar el fet que algunes ciutats no s'haurien d'incloure en l'estimació del rang de mida, ja que no són centres i, d'altra banda, tampoc pot abordar el fet que algunes àrees suburbanes ja han esdevingut centres mitjançant processos de descentralització d'acord amb els models de la 'Nova Economia Urbana' citats més amunt, ni el fet que el sistema urbà ha pogut esdevenir més policèntric com a conseqüència de la incorporació-fusió de nous centres d'acord amb els models de la 'Nova Geografia Econòmica', explicats anteriorment.

A més, aquest tipus de recerca dificulta l'anàlisi empírica dels efectes del policentrisme en base a diferents dimensions d'una estructura espacial policèntrica, que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana—específicament, (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica als centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial). Considerar aquestes dimensions pot ser valuós per tal d'extreure conclusions més àmplies sobre els efectes del policentrisme (vegeu capítol 2; Masip-Tresserra, 2016). Per exemple, aquest tipus de recerca no permet corroborar empíricament si els efectes de la proximitat als centres—i per tant, considerant/integrant les prediccions dels gradients intraurbans proposats pels models teòrics policèntrics de la 'Nova Economia Urbana—desenvolupen un rol important envers l'augment dels salaris de les persones ocupades. Dit d'una altra manera, en lloc de classificar els sistemes urbans d'una manera general, és necessari considerar més detall geogràfic mitjançant l'examinació de com la mida dels centres, la proximitat als centres, i la integració entre centres afecten els salaris i els costos de l'habitatge. Aquest detall geogràfic és important, doncs la consideració d'aquestes dimensions d'una estructura policèntrica són les que permeten reunir, simultàniament, les tres aproximacions teòriques mencionades anteriorment, que expliquen la distribució espacial dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge en les àrees metropolitanes.

Conseqüentment, l'aproximació del model conceptual d'aquest estudi a la definició del policentrisme i la mesura dels seus efectes en els salaris i els costos de l'habitatge, incorpora tant la identificació dels centres d'una àrea metropolitana com la consideració de les diferents dimensions d'una configuració espacial policèntrica, que influeixen en el desenvolupament dels beneficis d'aglomeració. Per a això, el model conceptual, en lloc de definir l'estructura espacial metropolitana d'una manera general, considera el mètode de identificació de centres proposat en el capítol 5 de l'estudi de Masip-Tresserra (2016); d'aquesta manera, es consideren les diferents vies per les quals els centres poden aparèixer en una àrea metropolitana: és a dir, la trajectòria de descentralització i la d'incorporació-fusió. Tal i com s'explica en l'anterior apartat, 'jerarquia del sistema de ciutats', en el capítol 2 d'aquesta tesi, i en l'anterior estudi de Masip-Tresserra (2016), aquesta distinció és important perquè els (des)avantatges del policentrisme depenen d'aquests dos tipus de centres. A més, el model conceptual formula hipòtesis en base als efectes (1) d'estar localitzat en els centres, (2) d'estar localitzat a prop dels centres, i (3) dels patrons d'interacció entre els centres a l'escala metropolitana.

La segona qüestió posa èmfasi en la manca d'anàlisi, en la literatura, dels efectes indirectes del policentrisme en els salaris i costos de l'habitatge, mitjançant el seu impacte en els atributs del medi construït ('built environment' en anglès) o en la percepció subjectiva (p. ex., valoració percebuda al barri/entorn) de les persones. Per exemple, la connexió entre el policentrisme i els atributs del medi

construït es pot establir a partir de les teories de l'aglomeració, doncs, tal i com s'argumenta en el [capítol 2](#) i en l'estudi de [Masip-Tresserra \(2016\)](#), els atributs del medi construït de les ciutats poden ser entesos com indicadors de la presència dels beneficis de l'aglomeració en aquestes, a la vegada que les externalitats de l'aglomeració són dependents a l'estructura espacial metropolitana. De fet, la densitat de llocs de treball s'entén com una mesura del nivell d'economies d'aglomeració de les ciutats en els models policèntrics teòrics i empírics de la 'Nova Economia Urbana' (vegeu p. ex., [Anas et al., 1998](#)); models que, a més, prediuen que l'increment del nivell d'economies d'aglomeració (i per tant, de la densitat) està associat amb una major proximitat geogràfica als centres d'una estructura metropolitana policèntrica ([McMillen i Lester, 2003](#); [McMillen i McDonald, 1998a](#)).

Conseqüentment, considerar les relacions compostes (directes i indirectes) del policentrisme amb més detall, pot aportar nova llum en les causes sobre l'ambigüitat dels seus efectes, doncs evitaria subestimar o sobreestimar els efectes nets totals del policentrisme en els salaris de les persones ocupades i en els costos de l'habitatge.

Abordar aquestes dues qüestions teòriques implica, doncs, advocar per una reconciliació de la literatura existent; això es tradueix, en el model conceptual, mitjançant la incorporació de noves variables per mesurar els efectes del policentrisme (p. ex., distància a la ciutat central i al centre secundari més proper), i la proposta de seqüències causals per identificar més àmpliament les relacions directes i indirectes del policentrisme amb els salaris de les persones (vegeu, p. ex., el vincle causal 4-1 en la [Figura 5.1](#)) i amb els costos de l'habitatge (vegeu, p. ex., els vincles causals 4-1, 11-9, i 11-10 en la [Figura 5.2](#)). Els tres apartats següents expliquen aquestes seqüències i les seves hipòtesis corresponents.

5.2.1.5 Proposta de seqüències causals: mida dels centres

Considerant les relacions directes i indirectes del policentrisme a partir dels efectes de la mida dels centres, el model conceptual formula hipòtesis; aquestes es basen en la literatura existent sobre les teories d'aglomeració i policentrisme (vegeu els estudis citats en el [capítol 2](#): p. ex., [Alonso, 1971](#); [Johansson i Quigley, 2004](#); [Phelps et al., 2001](#)), d'on s'extreu, per exemple, que els centres d'una àrea metropolitana són ciutats més denses, amb més diversitat de l'ús del sòl i amb una major accessibilitat a diferents tipus de facilitats urbanes i de llocs de treball, en comparació a altres tipus de ciutats (p. ex., ciutats veïnes als centres i àrees perifèriques), a causa de la seva major mida, que origina el desenvolupament de més beneficis d'aglomeració, però també més costos d'aglomeració. Tres hipòtesis principals es poden plantejar en aquest sentit.

En primer lloc, s'assumeix que estar localitzat en els centres (ciutat central i centres secundaris) d'una àrea metropolitana, en lloc d'estar-ho en altres tipus de ciutats, és beneficiós a causa del gaudiment d'una prima salarial; no obstant, també s'assumeix que aquest avantatge salarial pels residents dels centres és compensat per un major cost de vida i, per tant, estar localitzat en els centres en lloc d'estar-ho en altres tipus de ciutats (p. ex., ciutats veïnes als centres i àrees perifèriques) implica fer front a costos de l'habitatge més alts.

En segon lloc, la mida dels centres afecta indirectament tant els salaris com els costos de l'habitatge, a través del seu impacte en els atributs del medi construït (p. ex., densitat de llocs de treball i presència de facilitats urbanes); s'assumeix que, a causa del major desenvolupament de beneficis d'aglomeració en els centres, com a resultat de la seva mida més gran, el nivell de densitat de llocs de treball, el grau de diversitat de l'ús del sòl, la concentració de facilitats urbanes, i la proporció de llocs de treball per habitatge en els centres, seran majors que els de les ciutats veïnes del seu entorn i els de les àrees perifèriques.

En tercer lloc, la mida dels centres exerceix una influència indirecta en els costos de l'habitatge via el seu impacte en com les persones perceben la facilitat d'accés a funcions urbanes. S'assumeix que els residents dels centres perceben una major accessibilitat a facilitats urbanes (p. ex., teatres, museus, hospitals, etc.) a causa de les externalitats positives de l'aglomeració, que es desenvolupen a partir de la seva major mida; p. ex., una major proximitat entre el seu lloc de residència i el d'activitats diàries com a conseqüència d'una major concentració de facilitats urbanes. D'altra banda, s'assumeix que aquest efecte indirecte de la mida dels centres en la percepció de la facilitat d'accés a les funcions urbanes per part de les persones, modera l'efecte directe de com les persones valoren el seu barri/entorn.

5.2.1.6 Proposta de seqüències causals: proximitat als centres

De manera semblant, a partir de considerar la literatura sobre la relació entre les teories d'aglomeració (en l'àmbit de la 'Nova Economia Urbana' i de la 'Nova Geografia Econòmica') i el policentrisme, on s'argumenta també que les economies d'aglomeració dels centres no estan confinades en els seus límits geogràfics i s'estenen atenuant-se envers els seus entorns (vegeu, p. ex., [Alonso, 1973](#); [Anas et al., 1998](#); [Rosenthal i Strange, 2003, 2004](#)), el model conceptual formula tres hipòtesis respecte a les relacions directes i indirectes del policentrisme, a causa dels efectes de la proximitat als centres (vegeu [Figures 5.1 i 5.2](#)).

En primer terme, la proximitat als centres (ciutat central i centres secundaris) afecta directament els salaris de les persones i els costos de l'habitatge; s'assumeix que els residents d'àrees més pròximes als centres disposen d'un major salari i afronten costos de l'habitatge més alts, com a resultat de la dispersió espacial de les externalitats positives i negatives de l'aglomeració dels centres (p. ex., els treballadors són més productius; vegeu, altres exemples d'externalitats en el segon apartat d'aquesta subsecció) envers els seus entorns (vegeu relació causal 3 en les [Figures 5.1 i 5.2](#)).

En segon terme, s'espera que la proximitat als centres influèncii indirectament en els salaris de les persones i els costos de l'habitatge a través d'atributs del medi construït, com ara la densitat de llocs de treball, la diversitat de l'ús del sòl, la presència de facilitats urbanes, i la proporció de llocs de treball per habitatge (vegeu, p. ex., vincle causal 4-1 en les [Figures 5.1 i 5.2](#)). La dispersió dels beneficis d'aglomeració dels centres envers els seus entorns, en funció de la distància geogràfica, fomenta, p. ex., segons els models teòrics i empírics de la 'Nova Economia Urbana', un major nivell de densitat (vegeu, p. ex., [McDonald i Prather, 1994](#); [McMillen i Lester, 2003](#)) i de proporció de llocs de treball per habitatge (vegeu, p. ex., [Giuliano i Small, 1993](#)) en les àrees pròximes als centres, en comparació a les àrees perifèriques.

En tercer terme, es planteja que la proximitat als centres impacti indirectament en els costos de l'habitatge via la percepció de les persones respecte a la seva facilitat d'accés a funcions urbanes. S'assumeix que, com que la concentració de facilitats urbanes en àrees pròximes als centres és major que la d'àrees perifèriques, a causa, en part, de la influència de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres, els residents d'aquestes àrees gaudeixen d'una major proximitat entre el seu lloc de residència i el d'activitats diàries, la qual cosa pot implicar que també percebin que gaudeixen d'una major accessibilitat a aquestes facilitats urbanes (p. ex., escoles, universitats, museus, etc.).

5.2.1.7 Proposta de seqüències causals: mida i integració dels centres

L'últim conjunt d'hipòtesis que el model conceptual formula per tal d'identificar més àmpliament els efectes directes i indirectes del policentrisme, tenen a veure amb les seqüències causals que s'estableixen a partir de considerar els efectes de la mida agregada dels centres, mitjançant la seva integració. Aquestes hipòtesis parteixen de considerar, també, la literatura sobre les teories de l'aglomeració, en concret, es basen en aquells estudis que argumenten que la presència d'intenses

xarxes de complementarietat i cooperació entre persones i empreses localitzades en centres són clau pel desenvolupament de les economies d'aglomeració, doncs aquestes xarxes fomenten la interacció i la integració entre centres que, al seu torn, els permeten explotar millor la seva mida agregada, conduint cap a majors beneficis d'aglomeració dels que es desenvoluparien a partir de la seva mida per separat, i mantenint els costos d'aglomeració derivats de la seva mida localment (vegeu, p. ex., [Camagni i Capello, 2004, 2015](#); [Camagni i Salone, 1993](#)). A més, aquest últim conjunt d'hipòtesis fan referència a la literatura sobre la mobilitat residencial (vegeu, p. ex., [Coulter et al., 2016](#); [Jones, 2009, 2014](#)) per tal de poder vincular els efectes del patró d'interaccions entre centres amb els salaris de les persones o els costos de l'habitatge, doncs, els efectes de les interaccions entre persones i empreses—a diferència de quan s'estudia el comportament de la mobilitat de les persones, per exemple, amb relació a les emissions de CO₂ relacionades amb el transport (vegeu [Masip-Tresserra, 2016](#))—només es poden conceptualitzar com a determinants dels salaris i dels costos de l'habitatge quan aquestes xarxes 'de relacions' ocasionen un canvi de residència; permetent, així, l'anàlisi d'un diferencial de salari i de costos de l'habitatge entre l'antiga i la nova localització.

És important fer èmfasi en que la identificació d'un vincle entre les teories d'aglomeració i la mobilitat residencial per part del model conceptual proposat en aquest estudi és raonable, doncs la mobilitat residencial és entesa, cada cop més, com una pràctica 'relacional' que vincula el canvi de residència a les connexions entre les persones a través del temps, i a condicions estructurals (p. ex., oferta o demanda d'habitatge i canvis culturals) (vegeu [Coulter et al., 2016](#)); i per tant, la necessitat d'accés als beneficis d'aglomeració desenvolupats a través de xarxes de co-operació i complementarietat entre les persones i les empreses poden erigir-se com un factor més, conjuntament amb els ja identificats pels estudis existents sobre la mobilitat residencial (p. ex., avaluacions subjectives dels membres de la llar, xarxes socials de les persones, i voluntat de formar una família), per motivar un desig, intenció, o decisió de realitzar un canvi de residència des de la localització 'A' a la 'B'.

Tres hipòtesis principals es poden plantejar, doncs, en aquest sentit. Les dues primeres relacionen l'origen o destinació de la migració residencial amb la mida de la ciutat (p. ex., centres i àrees perifèriques), i la tercera vincula l'origen i la destinació de la migració residencial amb les mides de les ciutats i les seves interaccions. En primer lloc, s'espera que, quan l'origen de la re-localització residencial és un centre en lloc d'altres tipus de ciutats (p. ex., ciutats veïnes als centres o àrees perifèriques), les persones ocupades experimentin una reducció salarial quan aquest canvi de residència també ha implicat una re-localització del seu lloc de treball, doncs és més probable que existeixi una reducció de la productivitat de l'empresa com a resultat d'una menor presència d'economies d'aglomeració. No obstant, també es podria donar el cas que aquest tipus de mobilitat residencial no conduís cap a una reducció salarial (excepte a través de la part del salari que està relacionada amb les diferències de cost de vida). Això s'explicaria pel fet que les persones que migren des dels centres ja han acumulat i adquirit, amb el temps que han residit en els centres les seves externalitats positives de les economies d'aglomeració (p. ex., major acumulació de coneixement/capital humà)³³, la qual cosa facilitaria el manteniment de la seva productivitat. D'altra banda, també es pot plantejar que les persones ocupades poguessin augmentar el seu salari en el cas que el canvi de residència des dels centres cap a altres tipus de ciutats no hagi conduït a un canvi del lloc de treball; la raó, són els majors costos de transport que aquest tipus de mobilitat residencial originaria. En relació amb els costos de l'habitatge, s'espera que, quan l'origen de la re-localització residencial és un centre en lloc d'altres tipus de ciutats, els costos de l'habitatge es redueixin, doncs és més probable

que la nova residència estigui localitzada en una àrea que presenti menys economies d'aglomeració i, consegüentment, hi hagin també menys externalitats negatives (costos).

En segon lloc, s'assumeix que, quan les persones migren cap a un centre en lloc d'altres destinacions, aquestes experimenten un avantatge salarial i han de fer front a majors costos de l'habitatge a causa dels motius citats més amunt, però ara diametralment oposats. A més, es pot argumentar que aquesta hipòtesi és consistent a través dels diferents nivells de jerarquia urbana: p. ex., la migració cap a ciutats veïnes als centres augmenta en major mesura els salaris de les persones, en comparació a la migració cap a àrees perifèriques.

En tercer lloc, es planteja que els fluxos de migració de persones més intensos entre centres, des d'una ciutat a l'entorn dels centres cap a un centre, i des d'una àrea perifèrica cap a un centre o, fins i tot, cap a una àrea pròxima als centres, estan associats amb un avantatge salarial, en comparació als fluxos de re-localització de persones entre àrees perifèriques. Les externalitats positives de les economies d'aglomeració dels centres i la seva dispersió envers els seus entorns en funció de la distància geogràfica, s'erigeixen com a principals garants de la corroboració d'aquesta proposició. Similarment, però ara considerant les implicacions de les externalitats negatives de les economies d'aglomeració dels centres i la seva atenuació espacial amb la distància, es pot assumir que aquests fluxos de migració de persones, en comparació als que s'originen entre àrees perifèriques, són els que tenen uns costos de l'habitatge més alts.

5.2.2 Atributs del medi construït, salaris i costos de l'habitatge

5.2.2.1 Vincles existents en la literatura

Actualment, existeix una extensa literatura sobre el rol del medi construït, definit com els atributs morfològics i de localització d'una àrea, envers una àmplia gamma d'aspectes econòmics, socials, i ambientals, p. ex., el comportament de la mobilitat de les persones (vegeu, p. ex., [Ewing i Cervero, 2001, 2010](#)) i el consum d'energia dels edificis (vegeu, p. ex., [Anderson et al., 2015](#); [Brown, et al., 2005](#)). En la majoria d'aquests estudis, l'impacte directe de varis atributs del medi construït d'una localitat (p. ex., barri o municipi), com ara la densitat i la diversitat de l'ús del sòl, o d'altres com la densitat de carretera i la mida mitjana dels edificis, han estat analitzats. En l'anàlisi de la distribució espacial dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge, la literatura ha considerat aquells atributs del medi construït que poden tenir un impacte en l'augment de la demanda laboral/residencial d'una àrea, és a dir, que poden atraure més persones a residir/treballar en una determinada localitat.

En aquest model conceptual, es limita la discussió dels efectes directes (vegeu vincles causals 1 en les [Figures 5.1 i 5.2](#)) d'aquells atributs del medi construït pels quals hi ha bases de dades disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona. D'acord amb la literatura, es formula la hipòtesi que l'impacte dels atributs del medi construït en els salaris i els costos de l'habitatge, tant pot ser positiu com negatiu. En aquest sentit, els efectes directes dels atributs del medi construït es poden agrupar en quatre grans blocs.

En primer lloc, un gran nombre d'estudis han examinat la influència de la densitat de població o llocs de treball en els salaris i els costos de l'habitatge. La principal inferència causal descrita pels estudis acadèmics és que una major densitat està associada a un avantatge salarial (p. ex., [Fallah et al., 2011](#); [Goetz et al., 2010](#); [Meijers, 2013](#)) i a costos de l'habitatge més alts (p. ex., [Florida et al., 2006](#); [Hou, 2016](#)). Aquesta relació positiva entre la compacitat urbana i els salaris s'explica, d'una banda, pel fet que una major densitat de llocs de treball facilita una major coordinació dels mercats laborals, és a dir, una major reducció del temps de recerca i dels costos de transport per cada posició de treball disponible, cosa que condueix les persones a ser, probablement, més productives en el canvi de feina i a augmentar

el seu salari (Yankow, 2006). D'altra banda, una major compacitat urbana també accelera la interacció entre les persones, cosa que, quan aquestes aprenen les unes de les altres, a través de la seva interacció, l'acumulació de capital humà també s'accelera, tot conduint, amb el pas del temps, cap a un avantatge salarial (Glaeser, 1999; Glaeser i Maré, 2001). El fet que les àrees més denses siguin les més atractives pels individus, fa créixer la demanda d'habitatge en aquestes localitzacions més compactes, i aquesta demanda augmenta els costos de l'habitatge (Yankow, 2006).

En segon lloc, la presència de facilitats urbanes (p. ex., museus, teatres, hospitals, universitats, restaurants, etc.) és un altre atribut del medi construït que ha estat freqüentment considerat en els estudis sobre les causes de salaris i de costos de l'habitatge més alts (vegeu p. ex., Roback, 1982, 1988; Rosen, 1979). En aquest sentit, la literatura ha formulat la hipòtesi que les àrees amb una major presència de facilitats urbanes productives (p. ex., universitats, ports i aeroports) atrauen més treballadors, a la vegada que faciliten una millora de la productivitat laboral, cosa que condueix cap a un major avantatge salarial (p. ex., Combes i Gobillon, 2015; Partridge et al., 2009b, 2010). Respecte als costos de l'habitatge, els estudis assumeixen que una major presència de facilitats urbanes relacionades amb el consum (p. ex., hospitals especialitzats, museus, teatres, i restaurants d'alta cuina) també atrau més treballadors, cosa que deriva en una demanda més alta d'habitatges localitzats en aquestes àrees riques de serveis de consum i, conseqüentment, els costos de l'habitatge també s'incrementen (p. ex., Glaeser et al., 2001; Wang, 2016).

En tercer lloc, l'accessibilitat a les infraestructures (p. ex., autopistes i ferrocarrils) és un altre atribut principal del medi construït que pot afectar la distribució espacial dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge, en tant que condiona els costos de transport (vegeu, p. ex., Duranton i Puga, 2015). La principal seqüència causal avaluada empíricament per la literatura és que una reducció en els costos de transport en una localitat, p. ex., com a conseqüència de millores en les infraestructures de carretera o de ferrocarril, condueix cap a un augment dels costos de l'habitatge en aquesta localitat com a resultat d'una major concentració de persones en resposta als guanys d'utilitat provinents dels menors costos de transport (p. ex., Boarnet i Chalermpong, 2001; Gibbons i Machin, 2005; Hou, 2016; Tang, 2016). Similarmet, una reducció en els costos de transport en una àrea determinada incrementa, també, la productivitat de les empreses localitzades en aquesta àrea i, conseqüentment, les persones que treballen en aquesta àrea gaudirien possiblement d'un major salari (p. ex., Gibbons i Machin, 2006; Gibbons et al., 2012).

En quart lloc, un nombre més reduït d'estudis ha considerat l'impacte d'altres mesures de diversitat funcional en els salaris i els costos de l'habitatge, més enllà de la presència de facilitats urbanes (p. ex., Combes et al., 2008; Fallah et al., 2011; Partridge et al., 2009b, 2010). Aquestes mesures són, principalment, la diversitat de l'ús del sòl, la proporció de llocs de treball per habitatge, i les condicions geogràfiques que representen indirectament les comoditats naturals (p. ex., un bon clima) d'una àrea (Graves i Mueser, 1993; Rauch, 1993). Per exemple, estudis empírics han il·lustrat que unes millors condicions geogràfiques estan associades amb majors salaris i costos de l'habitatge, ja que aquestes s'erigeixen també com a factors importants d'atractivitat poblacional (vegeu, p. ex., Hou, 2016; Partridge et al., 2009b, 2010).

5.2.2.2 Reconciliació de la literatura

Malgrat que els efectes directes dels atributs del medi construït citats més amunt s'han corroborat empíricament en la majoria dels estudis de la literatura, aquests estudis no han avaluat, fins a la data, els efectes indirectes d'altres atributs del medi construït en els salaris de les persones o els costos de l'habitatge via el seu impacte en la densitat de llocs de treball (vegeu vincles causals 2-1 en les Figures 5.1 i 5.2). Possiblement, la raó principal de la manca d'anàlisi d'aquesta seqüència causal en la literatura és la falta d'integració entre les tres aproximacions teòriques diferents explicades anteriorment (vegeu els tres primers apartats de l'anterior subsecció), respecte als efectes de la densitat. Mentre que els estudis, p. ex., en l'àmbit de la 'Nova Geografia Econòmica', han considerat la densitat com a variable

exògena que influeix en els salaris de les persones i en els costos de l'habitatge, els estudis en l'àmbit de l'economia urbana han considerat la densitat com a variable endògena per tal d'avaluar empíricament els models teòrics policèntrics proposats per la 'Nova Economia Urbana' (vegeu, p. ex., [Anas et al., 1998](#); [McMillen i Lester, 2003](#); [McMillen i McDonald, 1998a](#)). La consideració d'aquests efectes indirectes d'alguns atributs del medi construït (p. ex., la presència de facilitats urbanes i la proximitat a les infraestructures de transport) en els salaris i els costos de l'habitatge, intercedits per la densitat de llocs de treball, és important per tal de no subestimar o sobreestimar els seus efectes totals.

5.2.2.3 Proposta de seqüències causals

La incorporació de la densitat de llocs de treball com a variable endògena en el model conceptual, tal i com mostren les [Figures 5.1 i 5.2](#), requereix la consideració d'aquells factors que afecten el nivell de densitat, segons la literatura d'economia urbana. Aquests fan referència a la proximitat de diferents tipus de localitzacions (és a dir, p. ex., distància a l'estació de transport públic més pròxima, increment de la distància a l'autopista més pròxima, i distància a la costa) i a atributs urbans (és a dir, p. ex., presència de facilitats urbanes, grau de diversitat de l'ús del sòl, i proporció de llocs de treball per habitatge). En acordança amb la literatura (vegeu p. ex., [Masip-Tresserra, 2016](#); [McMillen i Lester, 2003](#); [McMillen i McDonald, 1997, 1998a](#)), el model conceptual assumeix que la densitat de llocs de treball s'incrementa amb la millora d'accessibilitat a les infraestructures, amb una major proporció de llocs de treball per habitatge, i amb més diversitat de l'ús del sòl (distribucions més heterogènies de l'ús del sòl residencial i d'activitat econòmica) i presència de facilitats urbanes (p. ex., hospitals, teatres, restaurants, etc.). Per contra, el model conceptual formula, d'acord amb la literatura citada més amunt, que la densitat de llocs de treball disminueix a major distància de la costa i de l'estació de transport públic més pròxima. A més, el model conceptual també contempla, amb relació als dels salaris de les persones, la relació causal entre la diversitat de l'ús del sòl i la proporció de llocs de treball per habitatge, doncs, tal i com la literatura de la geografia del transport proposa (vegeu, p. ex., [Cervero, 1996a, 1996b](#); [Frank i Pivo, 1994](#)), a mesura que una àrea presenta una major mixtura d'usos del sòl, la proporció entre usos econòmics i residencials d'aquesta és més homogènia.

5.2.3 Atributs sociodemogràfics de l'individu i salaris

Els efectes dels atributs sociodemogràfics de les persones en els salaris s'ha estudiat àmpliament en la literatura. En aquest sentit, els estudis sostenen que considerar els efectes directes de les característiques de les persones (p. ex., trets demogràfics i educatius) permet controlar adequadament la selecció del lloc de residència, per part de les persones, d'acord amb les seves preferències. Per exemple, la literatura ha mostrat com les persones ocupades altament qualificades tendeixen a localitzar-se en les gran àrees urbanes, ja que aquestes els proporcionen un millor accés a les facilitats urbanes relacionades amb el consum ([Combes et al., 2008](#); [Glaeser i Maré, 2001](#); [Partridge et al., 2009b](#)). A més, els estudis han emfatitzat la importància de la heterogeneïtat de les habilitats dels individus en l'avantatge salarial: p. ex., les persones ocupades altament qualificades són els treballadors més productius, a la vegada que són els que també aprofiten més els beneficis de les economies d'aglomeració ([Combes i Maré, 2001](#); [De la Roca i Puga, 2012](#); [Glaeser i Maré, 2001](#)).

Així doncs, els estudis empírics mostren que els efectes dels atributs sociodemogràfics de les persones en els salaris, tant poden ser positius com negatius (vegeu seqüència causal 5 en la [Figura 5.1](#)). En general, els estudis il·lustren que el perfil de persona que presenta un major salari és un (1) home adult (p. ex., [Carlson i Persky, 1999](#); [Dewey i Montes-Rojas, 2009](#); [Kim, 2006](#); [Mayock, 2016](#)) de (2) mitjana edat (p. ex., [Combes et al., 2008](#); [Dewey i Montes-Rojas, 2009](#); [Mayock, 2016](#); [McMillen, 1993](#); [McMillen i Singell, 1992](#)), (3) casat (p. ex., [McMillen, 1993](#); [McMillen i Singell, 1992](#); [Wheeler,](#)

2001; Yankow, 2006), (4) d'ascendència blanca no immigrant (p. ex., Dewey i Montes-Rojas, 2009; Florida et al., 2016; Wheeler, 2001; Yankow, 2006), amb (5) un nivell educatiu alt (p. ex., Fallah et al., 2011; Glaeser and Maré, 2001; Goetz et al., 2010; Mayock, 2016; McMillen i Singell, 1992; Meijers, 2013; Moretti, 2004; Yankow, 2006) i (6) més estatus professional, p. ex., amb contracte fix a jornada completa (p. ex., Carlson i Persky, 1999; Florida et al., 2016; Yankow, 2006).

5.2.4 Característiques de l'habitatge, percepció subjectiva dels individus i costos de l'habitatge

El rol de les característiques de l'habitatge envers els costos d'aquest, també s'ha estudiat àmpliament en la literatura. En aquest sentit, la literatura ha identificat que els atributs de l'habitatge (p. ex., qualitat i edat de l'habitatge) influencien els seus costos, tant de forma directa com indirectament via la seva mida o la percepció subjectiva de les persones; en concret, amb relació a la valoració percebuda al barri/entorn, doncs és aquesta la que mostra, en part, l'interès existent per assumir un determinat cost. Abordar, doncs, el rol de la valoració percebuda de les persones al barri/entorn (p. ex., en termes de qualitat acústica i ambiental) envers els costos de l'habitatge és important per tal de controlar adequadament, tal i com també s'ha fet amb relació als salaris, la selecció del lloc de residència per part de les persones, d'acord amb les seves preferències i, més encara, quan ja ha estat identificada per un altre àmbit de recerca similar, com un factor important per explicar el mercat residencial; en concret, com a determinant del preu dels habitatges (vegeu, p. ex., Bateman et al., 2001; Nelson, 2008).

Respecte als efectes directes de les característiques de l'habitatge en els costos d'aquest, els estudis empírics mostren que tant poden ser positius com negatius (vegeu seqüència causal 5 en la Figura 5.2). En concret, els estudis il·lustren que el perfil d'habitatges que presenten majors costos són els habitatges (1) en règim de propietat (p. ex., Hou, 2016) de (2) més mida (p. ex., Bowes i Ihlanfeldt, 2001; Cameron, 2006; Eberts i Gronberg, 1982; Hou, 2016; Ottensmann et al., 2008) i (3) qualitat (p. ex., Bowes i Ihlanfeldt, 2001; Hou, 2016; Hu et al., 2014; Osland i Thorsen, 2013), a la vegada que (4) s'han construït recentment (p. ex., Bowes i Ihlanfeldt, 2001; Cameron, 2006; Hou, 2016; Hu et al., 2014; Ottensmann et al., 2008).

En relació amb els efectes directes de la percepció subjectiva de les persones en els costos de l'habitatge, quan es consideren les diferents dimensions de la valoració percebuda al barri/entorn i de la facilitat d'accés percebuda en funcions urbanes, es pot assumir que el signe d'aquests efectes és positiu (vegeu relació causal 8, 9, i 10 en la Figura 5.2). Per exemple, la literatura sobre els determinants del preu dels habitatges mostra que una major qualitat ambiental (p. ex., Chay i Greenstone, 2005), acústica (p. ex., Swoboda et al., 2015; Wilhelmsson, 2000) i de l'estat de l'entorn (p. ex., Hu et al., 2014) està generalment associada amb una major voluntat per acceptar preus d'habitatges més alts.

En termes dels efectes indirectes dels atributs de l'habitatge en els seus costos via la seva mida i la valoració percebuda al barri/entorn per part de les persones, es pot plantejar que el signe d'aquests efectes tant pot ser positiu com negatiu, doncs depèn de l'atribut de l'habitatge considerat (vegeu, p. ex., les seqüències causals, 6-5 i 7-8 en la Figura 5.2). Per exemple, s'assumeix que els habitatges més antics (p. ex., any de construcció superior als 40 anys) presenten generalment un pitjor estat que els de recent construcció (10 anys o menys), cosa que es pot traduir en una valoració més desfavorable respecte al barri/entorn, mentre que aquells habitatges que tenen una major qualitat (p. ex., no presenten problemes, com ara manca d'espai o de llum natural i, a més, disposen d'ascensor o jardí) poden facilitar, tot al contrari, és a dir, que les persones valorin el barri/entorn més favorablement.

La pròxima secció explica el plantejament de recerca que possibilita l'aplicació del model conceptual exposat, mitjançant una anàlisi empírica sobre els determinants dels salaris de les persones i els costos de l'habitatge.

§ 5.3 Plantejament de la recerca: bases de dades, variables i marc empíric

5.3.1 Dades i variables

Aquest estudi utilitza les dades de l'Enquesta de Condicions de Vida i Hàbits de la Població de Catalunya ('ECVHP' d'ara en endavant), per tal d'assolir l'objectiu de recerca. L'ECVHP és un projecte d'operació estadística, principalment impulsat i finançat per l'Institut d'Estadística de Catalunya ('IDESCAT' d'ara en endavant), i està dissenyat per recollir informació detallada sobre l'estructura social de la població de Catalunya. Des del 1985, l'IDESCAT ha realitzat una ECVHP per cada període de 5 anys, aproximadament. No obstant, aquest estudi només considera l'edició del 2011, perquè és l'única edició de l'ECVHP que possibilita un càlcul més acurat dels salaris de les persones i els costos de l'habitatge (p. ex., especifica diversos tipus de despeses relacionades amb l'habitatge i diverses fonts d'ingressos amb relació als salaris).

Els qüestionaris de l'ECVHP de l'edició del 2011 (fitxa de la llar, qüestionari de la llar, i qüestionari individual) recull informació de les llars privades dels habitatges principals i de les persones membres d'aquestes llars. La població objecte d'estudi està formada per individus de totes les edats, però només són entrevistades exhaustivament les persones amb 16 anys o més. En total, s'obté informació d'un total de 10.604 persones i 4.235 llars per a tot el territori de Catalunya, i 5.904 persones i 2.370 llars per a l'àmbit territorial de la regió metropolitana de Barcelona. La distribució territorial de la mostra en l'ECVHP és realitzada mitjançant un mostreig bietàpic amb estratificació i arrencada aleatòria, orientat a aconseguir una representativitat per individus i per llars.

En el cas de la regió metropolitana de Barcelona, la distribució territorial de la mostra fa referència a 65 dels 164 municipis dels quals la regió metropolitana disposa. Malgrat això, aquesta distribució territorial en 65 municipis és representativa per a la regió metropolitana de Barcelona, permetent, així, l'estudi acurat de la relació empírica entre policentrisme i salaris o costos de l'habitatge. La raó de la seva representativitat recau en el fet que els estrats de la mostra consideren municipis de mides poblacionals molt diferents: p. ex., des de municipis fins a 5.000 habitants a municipis amb una població entre 50.000 a 100.000 habitants o amb més de 100.000 habitants, com és el cas de Badalona, Barcelona, L'Hospitalet de Llobregat, i Santa Coloma de Gramenet. El contingut de la mostra de 5.904 persones i 2.370 llars, per a aquests 65 municipis de la regió metropolitana de Barcelona, proporciona informació detallada, per exemple, sobre l'estructura de la llar; les característiques de l'habitatge; els ingressos de la llar; els estudis i formació; la situació laboral i formació; i la mobilitat residencial.

La combinació de variables amb relació als atributs sociodemogràfics de la persona, les característiques de l'habitatge, i la percepció subjectiva de les persones, que s'obtenen d'acord amb el contingut de l'ECVHP a nivell de l'individu o de la llar (nivell 1), amb altres variables respecte als atributs del medi construït i del policentrisme, mesurats a nivell municipal (nivell 2), defineix el plantejament de la recerca d'aquest estudi per tal d'examinar els determinants dels salaris de les persones i els costos de l'habitatge, tal i com mostra la [Figura 5.3](#).

5.3.1.1 Atributs sociodemogràfics de la persona

Els atributs sociodemogràfics de la persona es consideren a partir del seu sexe (dona o home), edat (6 categories), etnicitat (occidental o no), estat civil (casat o no), estatus professional (ocupat o desocupat), i nivell educatiu (3 categories).

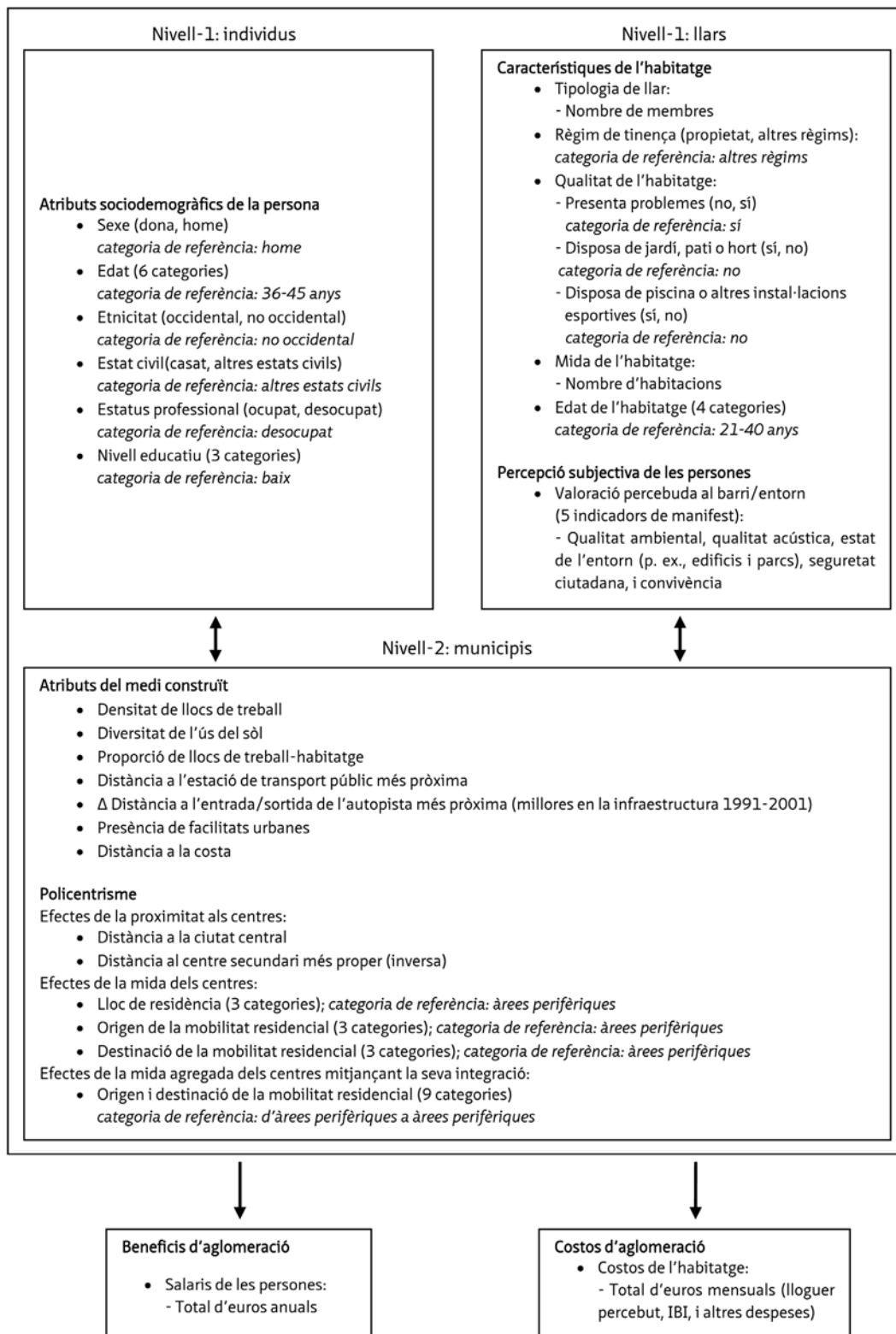


FIGURA 5.3 Plantejament de la recerca: anàlisi dels salaris i costos de l'habitatge

5.3.1.2 Característiques de l'habitatge

Les característiques de l'habitatge, s'inclouen a través de considerar la tipologia de llar i el règim de tinença, qualitat, mida, i edat de l'habitatge. La tipologia de llar es defineix a partir d'una variable contínua, el nombre total de membres de la llar, mentre que la mida de l'habitatge és construïda a partir d'una variable que es pot considerar contínua (el nombre d'habitacions de l'habitatge). Al seu torn, l'edat de l'habitatge es considera a partir de definir una variable categòrica amb 4 categories: menys de 11 anys, entre 11 a 20 anys, entre 21 a 40 anys, i més de 40 anys. La resta de variables respecte a les característiques de l'habitatge (règim de tinença i qualitat) es consideren a partir de definir quatre variables binàries: l'habitatge és de propietat (sí o no), l'habitatge presenta problemes (sí o no; considerant aspectes com ara les goteres, les humitats, la podridura, la manca d'espai, la manca de llum natural, i la manca d'ascensor), l'habitatge disposa de jardí, pati o hort (sí o no), i si l'habitatge disposa de piscina o altres instal·lacions esportives (sí o no).

5.3.1.3 Percepció subjectiva de les persones

La percepció subjectiva de les persones és considerada mitjançant la definició de la variable latent 'valoració percebuda al barri/entorn'. Aquesta variable latent es construïda a partir de cinc indicadors de manifest ('manifest indicators' en anglès): valoració de la qualitat ambiental, valoració de la qualitat acústica, valoració de l'estat de l'entorn (façanes, edificis, mobiliari urbà, boscos, parcs, etc.), valoració de la seguretat ciutadana i valoració de la convivència. Aquests cinc indicadors de manifest provenen de la pregunta '122. Valori en una escala del 0 (molt dolent) al 10 (molt bo) l'estat dels aspectes següents del seu barri o entorn' del qüestionari individual de l'ECVHP. No obstant, aquest estudi no pot considerar els efectes directes de la variable latent 'facilitat d'accés percebuda a funcions urbanes' en els costos de l'habitatge ni l'efecte d'interacció entre aquesta variable latent i la 'valoració percebuda al barri/entorn' (vegeu [Figura 5.2](#)), a causa de les limitacions de la base de dades de l'ECVHP. D'una banda, les variables observables provinents del qüestionari individual de l'ECVHP, que podrien ser utilitzades per construir diversos indicadors de manifest per a la variable latent 'facilitat d'accés percebuda a funcions urbanes'—p. ex., les respostes referents a la pregunta '124. Voldríem conèixer l'ús que fa vostè dels equipaments del seu barri o entorn proper que enumerem a continuació. Si en fa ús, valori també l'accessibilitat de l'equipament tenint en compte la seva localització'—presenten un nombre massa alt de valors omesos ('missing values' en anglès), amb relació a la mostra total i, per tant, la seva inclusió en l'anàlisi empírica podria generar un biaix important en els paràmetres estimats. D'altra banda, la necessitat de limitar el nombre de paràmetres, doncs, per tal d'assegurar la identificació dels models econòmics explicats en la següent subsecció (això són, els models d'equació estructural multinivell Bayesians), el nombre de paràmetres (lliures) a simular no pot superar el nombre d'observacions existents en el segon nivell d'agregació de dades (és a dir, 65).

5.3.1.4 Atributs del medi construït

Els atributs del medi construït són considerats mitjançant la definició dels atributs morfològics i de localització descrits en el model conceptual amb relació als determinants dels salaris de les persones (vegeu [Figura 5.1](#)) i dels costos de l'habitatge (vegeu [Figura 5.2](#)). Els atributs del medi construït, mesurats a escala municipal, utilitzant les bases d'informació estadística disponibles per la regió metropolitana de Barcelona i per l'any 2001 són: densitat de llocs de treball, diversitat de l'ús del sòl, proporció de llocs de treball per habitatge, distància a l'estació de transport públic (tren i metro) més pròxima, increment de la distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima entre 1991 i 2001—que representa els efectes de la millora en infraestructures—presència de facilitats urbanes, i distància a la costa. En aquest sentit, tant les estacions de transport públic com les millores en infraestructura, es poden observar en l'[Apèndix 5.1](#) de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#).

Les dades utilitzades per tal de construir aquestes variables provenen de les següents fonts. En primer lloc, les dades de llocs de treball provenen del cens de població de l'any 2001, elaborat per l'*Instituto Nacional de Estadística* ('INE' d'ara en endavant). En segon lloc, les dades sobre l'ús del sòl han estat proporcionades pel Departament de Política Territorial i Obres Públiques (actualment denominat com a Departament de Territori i Sostenibilitat) del Govern de Catalunya. Aquestes dades, que han estat utilitzades en l'elaboració del Pla Territorial Metropolità de Barcelona de l'any 2010, fan referència a set categories diferents de l'ús del sòl: urbà-industrial, urbà-residencial d'alta densitat, urbà-residencial de baixa densitat, urbà-residencial en els centres històrics de les ciutats, serveis urbans, sistemes-facilitats urbanes, i sistemes-serveis urbans. Considerant aquests usos del sòl, aquest estudi pot calcular la densitat de llocs de treball i la diversitat de l'ús del sòl, tot considerant l'índex d'entropia proposat per [Frank i Pivo \(1994\)](#). En tercer lloc, les dades sobre habitatges provenen del cens de població de l'any 2001 elaborat per l'INE. Utilitzant aquestes dades d'habitatge i les de llocs de treball, aquest estudi calcula la proporció de llocs de treball per habitatge. En quart lloc, les dades sobre les xarxes d'autopistes (entrades i sortides) i les de ferrocarril, incloent la localització de les estacions de transport públic, han estat proporcionades, també, pel Departament de Política Territorial i Obres Públiques ('DPTOP' d'ara en endavant) del Govern de Catalunya. El càlcul de les distàncies (en kilòmetres) cap a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima i cap a l'estació de transport públic més propera s'ha realitzat a partir d'utilitzar programes informàtics de Sistemes d'Informació Geogràfica (GIS, per les sigles en anglès). En cinquè lloc, les dades sobre les facilitats urbanes s'obtenen de l'IDESCAT. Aquestes dades fan referència a l'any 2000, 2001, i 2003, depenent del tipus de facilitat urbana (educacional, cultural, esportiva, sanitària, d'oci, i de benestar social) que es consideri. Per tal de calcular la presència de facilitats urbanes, es construeix un índex de valors normalitzats que van des del 0 al 100. En sisè lloc, les dades necessàries per tal de construir la variable 'distància a la costa' provenen de la matriu de distància mínima per carretera (en kilòmetres) entre municipis de Catalunya elaborada pel DPTOP per l'any 2001. A partir d'aquesta matriu, la distància de cada municipi de la regió metropolitana de Barcelona al municipi coster més proper és calculada a partir d'utilitzar programes informàtics de GIS.

5.3.1.5 Policentrisme

Tal i com s'ha explicat en la [secció 5.2](#), els estudis que s'han centrat en analitzar els efectes del policentrisme, p. ex., en els salaris, han definit el policentrisme d'una manera que deixa marge per a la millora. En aquest capítol, tres efectes diferents del policentrisme són considerats d'acord amb l'aproximació teòrica proposada en el [capítol 2](#), amb relació al vincle entre policentrisme a l'escala intrametropolitana i l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes³⁴. Cada un d'aquests efectes correspon a una dimensió diferent d'una configuració espacial policèntrica que pren part en el desenvolupament dels beneficis d'aglomeració en una àrea metropolitana. Aquesta aproximació al policentrisme, permet a aquest estudi definir un marc empíric més ampli i sistemàtic per examinar els seus efectes en comparació als estudis ja existents sobre policentrisme i consum d'energia residencial i, per tant, també permet assolir conclusions més àmplies sobre els seus efectes. Considerant, doncs, tal i com s'exposa en la [secció 5.2](#) anterior, els centres (ciutat central i 12 centres secundaris) identificats per l'any 2001, utilitzant el mètode d'identificació proposat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), aquest estudi defineix les següents variables, per tal de considerar aquests tres efectes del policentrisme.

En primer lloc, aquest estudi considera l'atenuació amb la distància dels beneficis d'aglomeració resultants de la mida dels centres, a través de definir dues variables: la distància a la ciutat central

34

La quarta dimensió del marc proposat en el [capítol 2](#) 'patrons d'interacció entre centres a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial)', no ha estat possible considerar-la en l'anàlisi empírica d'aquest capítol causa de la manca de dades disponibles per a tots els centres i la resta de municipis de la regió metropolitana de Barcelona.

(Barcelona) i la inversa de la distància al centre secundari més proper³⁵. Aquestes dues variables han estat àmpliament utilitzades pels acadèmics per tal d'avaluar empíricament el model policèntric de les àrees metropolitanes (vegeu [capítol 5](#) de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra, 2016](#)) i, essencialment, mesuren els efectes de la proximitat geogràfica als centres (ciutat central i centres secundaris).

En segon lloc, aquesta investigació considera els beneficis d'aglomeració resultants de la mida dels centres, mitjançant la definició de tres variables categòriques. Aquestes tres variables mesuren fins a quin cert punt els efectes de la mida dels centres varien (p. ex., són més importants que) dels efectes de la mida d'altres tipus de ciutats. Mentre que la primera variable categòrica fa referència al lloc de residència de les persones, les dues darreres relacionen els efectes de la mida dels centres amb la mobilitat residencial, doncs una fa referència a l'origen de la migració residencial intrametropolitana, i l'altra a la destinació d'aquesta migració. Per a cada variable, es defineixen tres categories: centres (ciutat central i centres secundaris), ciutats veïnes als centres (municipis adjacents als centres), i àrees perifèriques (municipis localitzats a una gran distància dels centres).

En tercer lloc, aquest estudi considera els beneficis d'aglomeració que resulten de la mida agregada dels centres mitjançant la intensitat de la seva integració, a partir de definir una variable categòrica que relaciona els diferents orígens i destinacions de la migració residencial de les persones, utilitzant els tres tipus de ciutats mencionats més amunt. Aquesta variable categòrica, per tant, mesura fins a quin cert punt els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració, varien (p. ex., són més importants que) dels efectes de la mida agregada d'altres tipus de ciutats, a causa de la seva integració. A més, aquesta variable categòrica permet l'anàlisi empírica de l'impacte de diferents tipus de mobilitat residencial de les persones a l'escala intrametropolitana (p. ex., des d'una àrea perifèrica cap a un centre i des d'una ciutat veïna als centres cap a un centre) en els salaris i els costos de l'habitatge.

La base de dades per construir aquestes variables prové de la matriu de distància mínima per carretera (en kilòmetres) entre municipis de Catalunya per l'any 2001. Aquesta matriu ha estat proporcionada pel Departament de Política Territorial i Obres Públiques (actualment denominat com a Departament de Territori i Sostenibilitat) del Govern de Catalunya. A partir d'aquesta base de dades, la distància de cada municipi de la regió metropolitana de Barcelona a la ciutat central i al centre secundari més proper és calculada mitjançant l'ús de programes informàtics de Sistemes d'Informació Geogràfica (GIS, per les sigles en anglès).

5.3.1.6 Beneficis i costos d'aglomeració: salaris i costos de l'habitatge

Aquest estudi calcula el salari total anual de les persones (en €/any), a partir de considerar les bases disponibles en el qüestionari individual de l'ECVHP de l'edició del 2011, amb relació a les preguntes de l'apartat 'C. Activitat' i 'D. Renda personal'. D'aquesta manera, aquest estudi pot calcular tant el salari net com el brut, a la vegada que pot considerar ingressos procedents, p. ex., de rendes del capital, de plans privats de pensions no relacionats amb el treball, i de prestacions socials. Tant si es considera el salari net com el brut, o només els ingressos del treball per compte d'altri o propi, no s'obtenen resultats a partir de l'estimació dels models econòmics, presentats en la següent [secció 5.4](#), que condueixen cap a conclusions diferents. En aquest sentit i d'acord amb la literatura existent (vegeu, p. ex., [Florida et al., 2016](#)), aquest estudi utilitza el salari net anual de

35

La definició de la distància al centre secundari més proper utilitzant la forma inversa, permet mitigar el problema de multicol·linealitat que s'origina entre aquesta variable i la distància a la ciutat central. Tal i com explica el [capítol 5](#) de l'estudi realitzat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), aquesta decisió ha estat proposada per la majoria dels estudis que han avaluat l'existència d'un model policèntric en les àrees metropolitanes (p. ex., [McMillen i Smith, 2003](#)).

les persones, tot considerant tant el total d'ingressos del treball com el total d'ingressos procedents d'altres vies (p. ex., de rendes del capital).

D'altra banda, aquest estudi calcula el cost total de l'habitatge mensual (en €/mes), a partir de considerar les bases disponibles en el qüestionari de la llar de l'ECVHP de l'edició del 2011 amb relació a les preguntes de l'apartat 'B.2. Règim de tinença i despeses de l'habitatge principal'. D'aquesta manera, aquest estudi pot calcular els costos de l'habitatge considerant l'import del lloguer mensual i altres despeses procedents, p. ex., de serveis contractats, de comunitat, d'IBI, i de taxes de clavegueram, escombraries o altres impostos municipals. En el cas dels habitatges en un règim diferent al de lloguer (p. ex., en règim de propietat), es pot calcular també el cost total de l'habitatge a partir de considerar la resposta a la pregunta 'Quin lloguer mensual creu que hauria de pagar per un habitatge com aquest?' i d'aplicar, en acordança amb la literatura existent (vegeu, p. ex., Peiser i Smith, 1985), una reducció d'aquest import del 7,85% anual. Tant si es considera o no aquesta reducció del 7,85% o els costos indirectes imputables (p. ex., despeses d'IBI), no s'obtenen resultats a partir de l'estimació dels models econòmics, presentats en la següent [secció 5.4](#), que condueixin cap a conclusions diferents. En aquest sentit i d'acord amb els estudis previs sobre costos de l'habitatge (vegeu, p. ex., Partridge et al., 2009b, 2010), aquest estudi utilitza finalment el cost de l'habitatge mensual, tot aplicant la reducció del 7,85% citada més amunt i considerant els costos directes i imputables (p. ex., lloguer percebut de l'habitatge i impostos municipals).

5.3.1.7 Estadístiques descriptiva sobre els salaris i els costos de l'habitatge

En base a les variables construïdes a partir de l'ús de les bases d'informació explicades en els apartats anteriors, la següent [Figura 5.4](#) presenta estadístiques descriptiva sobre els salaris i els costos de l'habitatge per a la regió metropolitana de Barcelona, que permeten examinar, de forma preliminar, les hipòtesis formulades pel model conceptual proposat en la [secció 5.2](#).

La descripció de les relacions entre els salaris de les persones o els costos de l'habitatge i diversos factors referents al policentrisme ([Figura 5.4a-d](#)), permet extreure com a conclusió preliminar que els efectes de la proximitat als centres (ciutat central i centres secundaris) determinen la distribució espacial dels salaris i dels costos de l'habitatge per a la regió metropolitana de Barcelona. Per exemple, les elasticitats de la proximitat als centres en els salaris anuals són de -0,3260 ([Figura 5.4a](#)) i de -0,3894 ([Figura 5.4b](#)) amb relació a la ciutat central de Barcelona i als centres secundaris, respectivament, mentre que l'elasticitat amb relació als costos de l'habitatge mensuals és de -0,0928 quan es considera la distància a la ciutat central de Barcelona ([Figura 5.4c](#)), i de -0,0913 quan es té en compte la distància al centre secundari més proper ([Figura 5.4d](#)).

L'anàlisi de les dades descriptives que apareixen en aquesta [Figura 5.4](#) aporten més evidència en aquest sentit. En primer lloc, les persones que viuen en els centres gaudeixen de més beneficis d'aglomeració, però també han d'afrontar majors costos d'aglomeració que els residents d'àrees perifèriques de la regió metropolitana de Barcelona. En concret, els salaris són, de mitjana, més alts, quan les persones es localitzen en centres (ciutat central i centres secundaris), en lloc de localitzar-se en àrees perifèriques ([Figura 5.4e](#)); no obstant, els costos de l'habitatge dels residents dels centres són significativament majors que els d'àrees perifèriques ([Figura 5.4f](#)). En segon lloc, les persones que viuen en les ciutats veïnes als centres, considerant el seu salari i el cost dels seus habitatges, exhibeixen de mitjana, també, un major avantatge salarial i desavantatge residencial que els residents d'àrees perifèriques, però aquest avantatge i desavantatge és menys important que el de persones que resideixen en els centres.

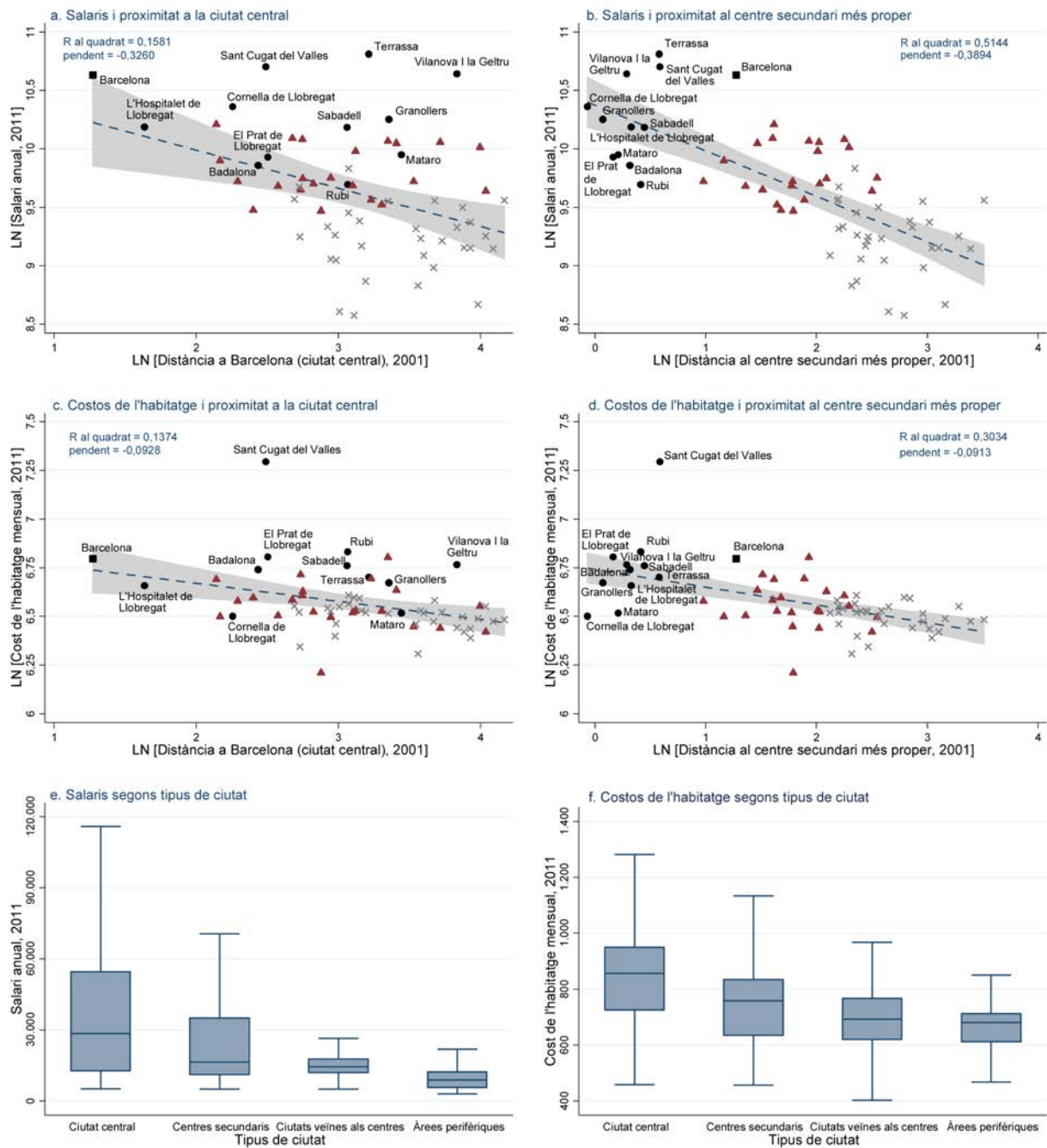


FIGURA 5.4 Relacions entre diversos factors referents al policentrisme i els salaris de les persones o els costos de l'habitatge

Llegenda: el quadrat negre representa la ciutat central (Barcelona); els cercles negres, els centres secundaris; els triangles vermells, les ciutats veïnes als centres; i les creus grises, les àrees perifèriques.

Nota(es): les bases de dades utilitzades provenen principalment de l'Enquesta de Condicions de Vida i Hàbits de la Població de Catalunya (ECVHP) de l'any 2011 i de la matriu de costos (distància mínima) de l'any 2001. Aquesta informació estadística ha estat elaborada per l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT) i el Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya respectivament.

5.3.2 Marc empíric

5.3.2.1 Modelatge d'equació estructural multinivell

Aquesta investigació presenta, en aquesta subsecció, un marc empíric que intenti abordar les raons metodològiques per les quals es troben, tal i com la [secció 5.2](#) anterior emfatitza, discrepàncies de resultats en la literatura sobre els efectes del policentrisme, a la vegada que pugui aplicar el model conceptual proposat per aquest estudi ([Figures 5.2 i 5.3](#)); aquest model integra les diferents aproximacions teòriques existents en la literatura sobre els determinants dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge.

Aquest estudi aplica, doncs, el modelatge d'equació estructural multinivell ('multilevel structural equation modeling' en anglès), per tal d'examinar empíricament les seqüències causals identificades pel model conceptual descrit per les [Figures 5.2 i 5.3](#). Aquesta tècnica de modelatge economètric, no només s'ha utilitzat en l'àmbit de recerca de la psicologia de les organitzacions (p. ex., [Ter Doest i De Jonge, 2006](#)), l'educació (p. ex., [Rosser, 2003](#)), i la sanitat pública (p. ex., [Newton i Bower, 2005](#)), sinó que també s'ha utilitzat en estudis sobre el transport (p. ex., [Masip-Tresserra, 2016](#)), amb l'objectiu de relacionar els costos del comportament de la mobilitat de les persones, com ara les emissions de CO₂ del transport o les distàncies de desplaçament, amb, per exemple, els atributs del medi construït i les característiques sociodemogràfiques de les persones.

L'ús del modelatge d'equació estructural multinivell permet resoldre el principal problema de la majoria d'estudis existents sobre els determinants dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge que, malgrat que han utilitzat dades jeràrquiques (p. ex., persones/llars agrupades en municipis) per tal d'evitar que els seus resultats estiguin subjectes a la fal·làcia ecològica³⁶, com ho estan aquells estudis que han utilitzat dades agregades (p. ex., [Eberts i Gronberg, 1982](#); [Florida et al., 2016](#); [Goetz et al., 2010](#); [Meijers, 2013](#); [Veneri i Burgalassi, 2012](#)), no han tractat de manera adequada l'agregació de factors a diferents nivells geogràfics, produint així un biaix important en els paràmetres dels models economètrics estimats i, per tant, resultats que no condueixen cap a conclusions robustes.

En concret, els estudis menys recents que examinen les causes dels salaris i dels costos de l'habitatge (p. ex., [Eberts, 1981](#); [Ihlanfeldt, 1988, 1992](#); [Madden, 1985](#); [McMillen i Singell, 1992](#)) estimen models economètrics estàndards a partir de considerar les persones/llars com la unitat bàsica d'anàlisi i d'agregar, a aquest primer nivell d'informació, altres variables mesurades a un nivell geogràfic més elevat (p. ex., municipis). L'ús de models economètrics amb tècniques d'estimació estàndard, com ara els Mínims Quadrats Ordinaris (OLS, per les sigles en anglès), no permet considerar el fet que les dades han estat agregades a diferents nivells geogràfics (p. ex., persones/llars agrupades en municipis) i, per tant, aquests models estàndards no poden abordar els efectes grupals interns (entre les persones/llars) i transversals (a través dels municipis). Aquest tracte no acurat a les variacions micronivell condueix cap a una variació i errors estàndards més reduïts en aquests models estàndards i, per tant, aquests poden produir un biaix en els resultats estimats, doncs els nivells de significació dels factors considerats poden ésser sobreestimats ([Snijders i Bosker, 2012](#)). A més, l'ús de regressions amb Mínims Quadrats Ordinaris per a dades jeràrquiques, viola les hipòtesis fonamentals de mesura independents, com ara l'autocorrelació espacial ([Raudenbush i Bryk, 2002](#)). Per exemple, les observacions a l'escala geogràfica més petita (p. ex., persones), que estan agrupades en la mateixa unitat d'un nivell geogràfic més elevat (p. ex., municipi), comparteixen efectes de localització i són, sovint, més semblants entre si que les

persones que viuen en altres municipis, indicant que el procés de presa de decisions (p. ex., lloc on realitzar les compres diàries) no és generalment aleatori.

Abordar aquests problemes d'estimació implica, tal i com la literatura economètrica citada més amunt proposa, l'estimació de variacions internes (intra-) i transversals (inter-) grupals a partir de l'extensió de la part aleatòria dels models. No obstant, això no ha estat completament aplicat en els estudis més recents sobre els determinants dels salaris i dels costos de l'habitatge. La majoria d'aquests estudis (p. ex., [Combes et al., 2015](#); [Glaeser i Maré, 2001](#); [Mayock, 2016](#); [Wang, 2016](#); [Yankow, 2006](#)) han controlat adequadament les variacions internes (efectes intra-grupals) dels salaris o dels costos de l'habitatge mitjançant la integració d'efectes fixos ('fixed effects' en anglès) en l'ús de tècniques d'estimació estàndard (p. ex., OLS), però no han controlat satisfactòriament les variacions transversals (efectes inter-grupals). Per tant, es podria considerar aquest estudi com el primer en controlar adequadament la variació micronivell quan s'analitza el rol del policentrisme envers la distribució espacial dels salaris i dels costos de l'habitatge en una àrea metropolitana.

D'altra banda, l'ús del modelatge d'equació estructural multinivell permet gestionar un gran nombre de variables endògenes, exògenes, i latents (no observades), que s'especifiquen com una combinació lineal de variables observades (indicadors de manifest: 'manifest indicators' en anglès) per tal d'identificar i, simultàniament, estimar interrelacions casuals complexes. La construcció d'aquesta combinació lineal de variables és un dels trets principals que distingeix el modelatge d'equació estructural multinivell d'altres tècniques de modelatge economètric, doncs habilita el model estimar els efectes causals en efectes directes i indirectes. Els efectes totals són la suma dels efectes directes i indirectes, mentre que aquests últims representen la suma de tots els altres efectes intervinguts per almenys una altra variable. Un altre tret característic del modelatge d'equació estructural multinivell és la seva essència d'anàlisi de confirmació en lloc d'exploració, doncs avalua una teoria, conjuntament amb les seves hipòtesis, en base a unes relacions causals entre variables representades en l'especificació d'un model estadístic.

Aquests dos trets fan del modelatge d'equació estructural multinivell, la tècnica de modelatge economètric més adequada, en comparació a altres, per tal d'assolir l'objectiu de recerca d'aquest estudi, doncs possibilita considerar els següents dos aspectes. En primer lloc, permet considerar les relacions compostes que el policentrisme estableix amb els salaris de les persones i els costos de l'habitatge (això és, considerar-ne els seus efectes totals, directes, i indirectes) i, per tant, contribueix a clarificar les causes sobre l'ambigüitat dels efectes del policentrisme, doncs s'evita subestimar o sobreestimar els seus efectes nets totals. En segon lloc, permet avaluar empíricament la teoria del model conceptual proposat en la [secció 5.2](#), a partir de les dades disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona.

L'especificació d'un model d'equació estructural multinivell està generalment format per model/s de mesurament que inclouen indicadors observables per mesurar les variables latents, com en l'anàlisi factorial confirmatòria ('confirmatory factor analysis' en anglès), juntament amb un model estructural que especifica els efectes causals de les variables exògenes (observables o latents) sobre les variables endògenes, i els efectes causals entre variables endògenes. En aquest estudi es segueix l'especificació general de modelatge d'equació estructural multinivell basat en la formulació d'un model de mesurament i de dos models estructurals.

Aquesta especificació, que originalment es definia a partir de descompondre les dades observades en matrius de covariàncies diferents per atendre l'agrupació de les dades en diversos nivells (vegeu, p. ex., [Muthén, 1994](#)), ha evolucionat per tal d'abordar els seus problemes d'implementació, com ara habilitar l'estimació de coeficients aleatoris i, actualment (vegeu p. ex., [Muthén i Asparouhov, 2009](#); [Preacher et al., 2010, 2016](#)), permet tractar més fàcilment models complexos que no pas l'alternativa existent

en la literatura per especificar models d'equació estructural multinivell³⁷. Així doncs, l'especificació general dels models d'equació estructural multinivell utilitzada en aquest estudi es pot definir a partir de les següents tres equacions:

$$Y_{ij} = \nu_j + \Lambda_j \eta_{ij} + K_j X_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

EQUACIÓ 5.1

$$\eta_{ij} = \alpha_j + B_j \eta_{ij} + \Gamma_j X_{ij} + \zeta_{ij}$$

EQUACIÓ 5.2

$$\eta_j = \mu + \beta \eta_j + \gamma X_j + \zeta_j$$

EQUACIÓ 5.3

Mentre que l'[equació 5.1](#) defineix el/s model/s de mesurament d'un model d'equació estructural multinivell, la part estructural d'aquest model és expressada per l'[equació 5.2](#) i [5.3](#); on, la primera equació d'aquestes, defineix el model estructural al nivell 1, i la segona ho fa pel nivell 2. Les definicions dels diferents termes d'aquestes equacions són les següents. Els termes residuals ε_{ij} , ζ_{ij} i ζ_j tenen una distribució normal i independent a través de les equacions. \mathbf{Y}_{ij} és un vector de variables observables, \mathbf{X}_{ij} conté les variables exògenes (p. ex., edat de les persones i nombre total de membres de la llar) mesurades al nivell 1 (això és, a nivell de la persona o de la llar en aquest estudi), \mathbf{X}_j conté les variables exògenes (p. ex., inversa de la distància al centre secundari més proper) mesurades al nivell 2 (això és, a nivell del municipi en aquest estudi), i la resta de vectors i matrius parametrizen el model amb coeficients fixos o aleatoris. La nomenclatura amb subíndex 'j', present en els paràmetres de les matrius, indica que alguns dels seus elements (ν_j , Λ_j , K_j , α_j , B_j , i Γ_j) poden variar a través de les unitats de nivell 2: p. ex., el vector α_j fa referència a interseccions aleatòries ('random intercepts' en anglès) que es poden definir. En el cas d'aquest estudi, seguint el model conceptual de les [Figures 5.1](#) i [5.2](#), es defineix una intersecció aleatòria per a dues variables endògenes observables, una pels salaris de les persones i una altra pels costos de l'habitatge. No obstant, aquest model d'equació estructural multinivell s'ha de restringir quan es consideren els determinants dels salaris per tal d'adequar-se al model teòric proposat en la [secció 5.2](#), doncs, el model teòric, p. ex., dels salaris ([Figura 5.1](#)), no incorpora coeficients aleatoris ni variables latents.

L'estimació d'aquests tipus de models es duu a terme, normalment, en la literatura existent, mitjançant l'aproximació freqüentista a l'estadística i, per tant, utilitzant estimadors, com ara de Màxima Versemblança (ML, per les sigles en anglès), de Màxima Versemblança Robusta (MLR, per les sigles en anglès), i de Mínims Quadrats Ponderats amb Variables Omeses (WLSMV, per les sigles en anglès). Per exemple, aquest és el cas dels únics dos estudis en la literatura actual que han analitzat els efectes del policentrisme mitjançant l'ús del modelatge d'equació estructural multinivell, ja sigui amb relació a les emissions de CO₂ relacionades amb el transport i els habitatges ([Lee i Lee, 2014](#)) o respecte a diferents dimensions (distància de viatge, temps de viatge, i emissions de CO₂ del transport) del comportament micronivell de la mobilitat de les persones ([Masip-Tresserra, 2016](#)).

37

L'alternativa es fonamenta en el marc empíric proposat per [Rabe-Hesketh et al. \(2004, 2007\)](#). Aquest marc, que s'anomena Model Mixt i Latent Lineal Generalitzat (GLLAMM, per les sigles en anglès), defineix models d'equació estructural multinivell considerant com a punt de partida el marc empíric del modelatge multinivell i, per tant, consisteix en un model de mesurament (que inclou variables latents, interseccions aleatòries, i coeficients aleatoris) i en un model estructural que incorpora les variables observables i latents que varien a diferents nivells.

5.3.2.2 Aproximació Bayesiana

Malgrat l'ús generalitzat de l'aproximació freqüentista a l'estadística per a l'estimació de models d'equació estructural multinivell, actualment hi ha un creixent interès en la literatura economètrica per promoure l'ús de la inferència Bayesiana (vegeu, p. ex., [Asparouhov i Muthén, 2010a, 2010b, 2015](#); [Muthén i Asparouhov, 2012](#); [Van de Schoot et al., 2016](#); [Zyphur i Oswald, 2013](#)). Això s'explica ja que l'aproximació Bayesiana a l'estadística presenta una sèrie d'avantatges importants. Segons [Muthén i Asparouhov \(2012:314\)](#) cinc aspectes principals motiven l'ús d'inferències Bayesianes en lloc de les freqüentistes.

En primer lloc, permet aprofitar millor el coneixement que es té sobre els paràmetres dels models; conduint cap a una obtenció dels paràmetres més robusta i amb menys biaix. En segon lloc, en comparació a la inferència freqüentista, on l'estimació dels paràmetres i els seus errors estàndards es fa en base a uns resultats asimptòtics que acaben suposant que el model s'estima amb una distribució normal, la inferència Bayesiana no es basa en aquesta teoria i proporciona la distribució posterior dels paràmetres basada tant en la seva distribució a priori com en la funció de versemblança avaluada, fent servir les dades observades. En tercer lloc, ja que la inferència Bayesiana no es basa en la teoria asimptòtica, s'obté una major eficiència d'estimació quan s'utilitza una mostra petita, tant pel cas de dades agregades com pel de dades jeràrquiques. En quart lloc, els models estadístics esdevenen computacionalment més fàcils d'implementar. La inferència Bayesiana no és tant dependent del nombre existent de dimensions d'integració numèrica, per estimar models estadístics, com ho és la inferència freqüentista, on un model estadístic que inclogui, per exemple, variables categòriques i varies variables latents, impossibilita, o ho fa molt difícil, la seva computació numèrica, utilitzant el mètode de Màxima Versemblança. En cinquè lloc, permet analitzar més fàcilment models amb un gran nombre de paràmetres (és a dir, models més complexos) o amb problemes d'identificació, quan s'utilitza el mètode de Màxima Versemblança; per exemple, aquest seria el cas quan es consideren càrregues creuades ('cross-loadings' en anglès) o correlacions residuals ('residual correlations' en anglès) en l'estimació d'una anàlisi factorial confirmatòria.

Aquests avantatges de la inferència Bayesiana es deuen a la utilització del Teorema de Bayes per a la formació de les distribucions dels paràmetres dels models, d'una banda, i a l'actualització de les distribucions d'aquests mitjançant l'ús d'algoritmes de Cadenes de Màrkov Monte Carlo (MCMC, per les sigles en anglès), d'altra banda (vegeu, p. ex., [Kaplan i Depaoli, 2012](#)). L'ús del mètode MCMC permet una computació numèrica més manejable dels models Bayesianes, doncs, en lloc de calcular analíticament les distribucions posteriors dels paràmetres, simula mostres construïdes a partir de les distribucions posteriors dels paràmetres del model ([Lee, 2007](#)). L'avaluació de la convergència dels models d'equació estructural, simulats per MCMC, es duen a terme a partir de considerar el test de Reducció d'Escala Potencial (PSR, per les sigles en anglès) i el de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Els models convergeixen adequadament si s'obtenen valors inferiors a 1,05 amb relació al test PSR i si, respecte al test K-S, els valors són baixos i estadísticament no significatius (superiors a 0,05) ([Kaplan i Depaoli 2012](#); [Muthén i Asparouhov, 2012](#)). Per a una descripció tècnica més àmplia sobre els algoritmes de MCMC vegeu, p. ex., els estudis de [Gelman et al. \(2004\)](#) i [Muthén i Asparouhov \(2012\)](#); i per a una descripció tècnica més detallada de la seva aplicació en el modelatge d'equació estructural ([equacions 5.1-5.3](#)) vegeu, p. ex., [Asparouhov i Muthén \(2003, 2010a, 2010b, 2015\)](#) i [Muthén i Asparouhov \(2012\)](#).

Així doncs, aquest estudi ajusta un conjunt de models d'equació estructural multinivell adoptant, preferiblement, la inferència Bayesiana en lloc de la freqüentista, per tal d'examinar empíricament la relació entre policentrisme i els salaris o els costos de l'habitatge. El seu ús es justifica en base als avantatges de la inferència Bayesiana explicats més amunt, doncs la traducció del model conceptual proposat en la [secció 5.2](#) en un marc empíric implica considerar un gran nombre de paràmetres, a la vegada que l'aplicació d'aquest marc empíric per a la regió metropolitana de Barcelona, considerant les dades disponibles (vegeu subsecció anterior), implica la utilització d'una mostra petita a nivell de municipi (65 observacions).

5.3.2.3 Modelatge d'equació estructural multinivell: implementació

Els dos últims apartats d'aquesta subsecció presenten el procés d'implementació dels diferents models d'equació estructural multinivell estimats en aquest estudi, i les estadístiques de bondat d'ajust que es consideren per tal d'avaluar-los. La implementació del modelatge d'equació estructural multinivell, en aquest estudi, es desenvolupa partint dels tres efectes del policentrisme explicats pel model conceptual (vegeu [Figures 5.1 i 5.2](#)). Del plantejament de la recerca (vegeu [Figura 5.3](#)), s'extreuen cinc especificacions diferents de model d'equació estructural multinivell; aquestes especificacions fan referència als diferents efectes del policentrisme i són les següents: (1) la primera considera els efectes de la proximitat als centres (model 1-P1), (2) la segona fa referència als efectes de la mida dels centres en l'anàlisi del lloc de residència (model 2-P2), (3) la tercera i (4) la quarta consideren els efectes de la mida dels centres en l'origen (model 3-P2) o la destinació (model 4-P2) de la mobilitat residencial, i (5) la cinquena fa referència als efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració en la mobilitat residencial (model 5-P3).

Per a cada una d'aquestes especificacions, la implementació d'un model d'equació estructural multinivell segueix les següents pautes. En primer lloc, abans d'afegir cap variable observable per tal d'establir les relacions directes i indirectes del model conceptual, i segons les bases disponibles per la regió metropolitana de Barcelona, aquest estudi ajusta un model d'equació estructural multinivell, incloent només termes d'intersecció aleatòria. L'ajustament d'aquest model és realitzat a partir d'utilitzar, d'una banda, el mètode de Màxima Versemblança Robusta (MLR, per les sigles en anglès) amb Quadratura de Gauss Adaptativa (15 punts d'integració) i, d'altra banda, els algorismes de Cadenes de Màrkov Monte Carlo (MCMC, per les sigles en anglès) amb mostreig Gibbs (dues cadenes i 10.000 iteracions); d'aquesta manera es pot dur a terme una anàlisi de sensibilitat dels resultats, comparant la inferència freqüentista amb la Bayesiana. Quan els termes aleatoris d'aquest model d'equació estructural multinivell (variància al nivell 1 i 2, tant per els salaris de les persones com pels costos de l'habitatge) són estadísticament significants, la hipòtesi que les llars agrupades en el mateix municipi comparteixen efectes de localització és corroborada. En aquest sentit, és important indicar que els resultats de les estimacions freqüentistes i Bayesianes confirmen aquesta hipòtesi (resultats disponibles a petició).

En segon lloc, aquest estudi afegeix les variables observades, tant a nivell 1 (això és, les persones o les llars) com a nivell 2 (això és, els municipis) d'agregació (vegeu [Figura 5.3](#)), a la especificació anterior de model d'equació estructural multinivell amb termes d'intersecció aleatòria, i ajusta, una altra vegada, un model d'equació estructural multinivell per a cada una de les cinc especificacions citades més amunt utilitzant, d'una banda MLR amb Quadratura de Gauss Adaptativa (15 punts d'integració) i, d'altra banda, MCMC amb mostreig Gibbs (dues cadenes i 10.000 iteracions). La inferència Bayesiana d'aquests models d'equació estructural multinivell utilitza distribucions a priori dels paràmetres del model, mitjançant la definició de distribucions a priori no-informatives, a causa de la manca de coneixement a priori en la literatura. En aquest sentit, aquest estudi, d'acord amb [Asparouhov i Muthén \(2010a, 2010b, 2015\)](#), especifica una distribució de probabilitats a priori dels paràmetres uniforme (relativament plana), és a dir, una distribució a priori amb una gran variància: p. ex., s'especifica una distribució normal per un efecte (β) amb una mitjana $\mu_{\beta}=0$ i una variància $\sigma_{\beta}^2=10^{10}$ (és a dir, $N(0,10^{10})$ per a les variables contínues). A més, aquest estudi avalua la convergència dels models d'equació estructural simulats per MCMC, a partir de considerar els tests PSR i K-S descrits en l'anterior apartat. És important mencionar que, segons aquests tests de diagnòstic de convergència, tots els models d'equació estructural convergeixen satisfactòriament; respecte al test PSR, obtenen valors inferiors a 1,05 i, amb relació al K-S test, els valors són baixos i estadísticament no significatius (superiors a 0,05).

En tercer lloc, l'ajust de tots els models d'equació estructural multinivell estimats per MLR i simulats per MCMC, s'ha avaluat mitjançant la consideració d'estadístiques de bondat d'ajust. Aquestes inclouen, p. ex., l'Índex d'Ajust Comparatiu (CFI, per les sigles en anglès), quan es considera

l'estimació freqüentista, i inclouen, p. ex., el valor-P predictiu posterior (PPP, per les sigles en anglès), quan s'utilitza l'aproximació Bayesiana a l'estadística. A més, aquest estudi considera les estadístiques de bondat d'ajust relatives a (1) la Correlació Intraclasse (ICC, per les sigles en anglès) i (2) el Pseudo-Coefficient de Determinació (Pseudo R^2 , per les sigles en anglès), que s'obté per a les variables endògenes dels models multinivell (vegeu [Raudenbush i Bryk, 2002](#); [Snijders i Bosker, 2012](#)). L'últim apartat d'aquesta subsecció, explica la definició d'aquestes estadístiques de bondat d'ajust i els seus criteris d'avaluació corresponents.

En quart lloc, aquest estudi duu a terme una anàlisi de sensibilitat per examinar la robustesa dels resultats obtinguts, mitjançant els models d'equació estructural multinivell Bayesianes (models preferits). D'una banda, aquesta anàlisi de sensibilitat es basa en l'obtenció de prediccions Bayesiana Empírica ('Empirical Bayes predictions' en anglès) amb l'objectiu d'identificar les ciutats de la regió metropolitana de Barcelona que són comparativament més eficients en l'augment dels salaris, a la vegada que presenten menors costos de l'habitatge. D'altra banda, es basa en l'ús de la simulació Monte Carlo amb l'objectiu d'examinar en quina magnitud variarien els efectes del policentrisme segons diversos condicionants (p. ex., en l'hipotètic cas d'una regió metropolitana de gran mida). D'aquesta manera, l'ús de la simulació Monte Carlo permetria a aquest estudi poder generalitzar els resultats obtinguts en els models d'equació estructural multinivell amb més garantia, doncs abordaria adequadament el fet d'haver considerat com a cas únic d'estudi la regió metropolitana de Barcelona.

5.3.2.4 Modelatge d'equació estructural multinivell: estadístiques de bondat d'ajust

Moltes estadístiques de bondat d'ajust s'han desenvolupat en la literatura per avaluar un model d'equació estructural (incloent l'especificació multinivell) i quantificar en quina mesura un model és més vàlid en comparació a un altre (vegeu, p. ex., [Garson, 2012](#); [Ryu i West, 2009](#); [Yuan i Bentler, 2007](#)). El test més comú utilitzat en el modelatge d'equació estructural, quan es considera la inferència freqüentista, és l'estadística Khi-Quadrat ('chi-square' en anglès); aquesta, mesura la diferència mínima entre la matriu de variància-covariància observada i estimada. L'objectiu és obtenir un model on Khi-Quadrat no sigui significant ($p > 0,05$), ja que si el valor de Khi-Quadrat és significant, llavors la matriu de covariància estimada és significativament diferent que l'observada. No obstant, en el cas que el valor-P del Khi-Quadrat fos significatiu, no implicaria necessàriament reajustar el model, doncs, tal i com indica la literatura economètrica (vegeu, p. ex., [Garson, 2012](#)), el valor de Khi-Quadrat i el seu nivell de significació com a estadística de bondat d'ajust del model s'ha de considerar com a orientativa. La raó principal és que el nivell de significació del Khi-Quadrat s'incrementa substancialment a mesura que la mida de la mostra també augmenta i, en estudis on la mida de la mostra és gran (això és, més de 200 observacions), és molt difícil obtenir valors-P del Khi-Quadrat inferiors a 0,05. En aquest sentit, la literatura suggereix que un Khi-Quadrat entre 2 a 5 vegades ([Carmines i McIver, 1981](#)) o entre 2 a 3 vegades més gran ([Marsh i Hocevar, 1985](#)) que el nombre de graus de llibertat del model, indica un ajust del model raonablement bo, encara que el valor-P del Khi-Quadrat sigui significatiu.

Els tests alternatius aplicats en la literatura inclouen l'Índex d'Ajust Comparatiu (CFI, per les sigles en anglès), l'Índex Tucker-Lewis (TLI, per les sigles en anglès), l'Error Quadràtic Mig d'Arrel en l'Aproximació (RMSEA, per les sigles en anglès), i el Residu Quadràtic Mig d'Arrel Estandarditzat (SRMR, per les sigles en anglès). El CFI compara fins a quin cert punt un model és més vàlid que el model nul, on s'assumeix que no hi ha cap relació entre covariants. Pren valors entre 0 i 1, i valors més grans que 0,90 indiquen un ajust del model raonablement bo. El TLI és similar al CFI i aborda la mida de la mostra, a la vegada que penalitza la complexitat del model. El TLI pren valors més alts en la mesura que les correlacions també ho siguin. El seu interval de valors és també entre 0 i 1, i valors més grans de 0,90 signifiquen un bon ajust del model. El RMSEA considera la quantitat d'error en

cada grau de llibertat del model i penalitza el model per la presència no necessària de complexitat. A més, és una de les estadístiques de bondat d'ajust que està menys influenciada per la mida de la mostra. Valors inferiors a 0,05 de RMSEA indiquen un bon ajust del model, mentre que valors inferiors a 0,08 indiquen un ajust del model acceptable. El SRMR quantifica el grau de proximitat amb el qual el model reproduïx cada correlació. Aquest test de bondat d'ajust s'obté, doncs, per a tots els nivells d'agregació de les dades i valors inferiors a 0,08 indiquen un bon ajust.

El test més comú en el modelatge d'equació estructural, quan es considera la inferència Bayesiana (vegeu, p. ex., [Asparouhov i Muthén, 2010b](#)), és la Comprovació Predictiva Posterior ('Posterior Predictive Checking' en anglès) i, en concret, el valor-P predictiu posterior (PPP, per les sigles en anglès). El PPP reflecteix la proporció de quantes vegades les dades observades són més probables que les generades, simulant el model predictiu posteriori (això és, la proporció de vegades que les dades observades tenen un menor Khi-Quadrat que les dades generades). Valors estadísticament significatius del PPP (inferiors a 0,05) indiquen un ajust dolent del model, doncs significa que les dades observades s'ajusten millor que les dades generades, molt infreqüentment (p. ex., menys d'un 5%), mentre que valors no significatius i més a prop de 0,50 mostren que les dades observades de mitjana són tan probables com les dades generades i, per tant, indiquen un bon ajust del model.

A més, tant en els models d'equació estructural multinivell, que adopten la inferència freqüentista, com la Bayesiana, és pot obtenir una estadística de bondat d'ajust que avaluï cada variable endògena del model. Aquesta estadística és el Coeficient de Determinació (R^2 , per les sigles en anglès), que mesura la proporció de la variància de les variables endògenes, que és explicada per les variables independents. En el cas dels models multinivells (vegeu [Raudenbush i Bryk, 2002](#); [Snijders i Bosker, 2012](#)), es calculen Pseudo- R^2 a partir de considerar separatament les variàncies en els diferents nivells d'agrupació de les dades, això resulta en dos Pseudo- R^2 , un per a cada nivell d'agregació de les dades (p. ex., a nivell de les llars i a nivell dels municipis). També es pot obtenir una estadística de bondat d'ajust que avaluï la importància dels diferents nivells d'agregació. Aquesta estadística és la Correlació Intraclasse (ICC, per les sigles en anglès) i mesura fins a quin cert punt la variància total ($\psi+\theta$) és explicada per la variància del nivell d'agregació més alt (θ) (p.ex., pels municipis en aquest estudi).

§ 5.4 Policentrisme, salaris i costos de l'habitatge

5.4.1 Bondat dels models d'equació estructural multinivell estimats

El diagrama de causalitat del model d'equació estructural multinivell Bayesià, considerant els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1) i la seva mida (model 2-P2) amb relació als salaris de les persones, es mostra en la [Figura 5.5](#) i [5.6](#) respectivament, mentre que els diagrames de causalitat dels models d'equació estructural multinivell Bayesianos referents a les altres tres especificacions de model definides per aquest estudi (model 3-P2, model 4-P2, i model 5-P3) i els diagrames de causalitat dels models d'equació estructural multinivell estimats per a cada una d'aquestes cinc especificacions, tot considerant la inferència freqüentista estan disponibles a petició. Similarment, el diagrames de causalitat dels models d'equació estructural multinivell Bayesianos, considerant els costos de l'habitatge i els efectes del policentrisme via la proximitat als centres i la seva mida, es presenten en les [Figures 5.7](#) i [5.8](#), respectivament, mentre que els altres diagrames de causalitat dels models d'equació estructural multinivell referents a altres especificacions (model 3-P2, model 4-P2, i model 5-P3) Bayesianes o a l'estimació d'aquests models, tot considerant la inferència freqüentista, també estan disponibles a petició.

En aquests quatre diagrames de causalitat (Figures 5.5-5.8) es representen les variables observades a nivell de l'individu o de la llar (nivell 1) i de municipi (nivell 2) en forma de rectangles, les interseccions aleatòries a nivell de l'individu o de la llar en forma de cercles blaus, les variables latents a nivell de la llar en forma d'oval (vegeu la variable 'valoració percebuda a l'entorn/barri' en la Figura 5.7), i les interseccions aleatòries a nivell de municipi (que es poden entendre també com a variables latents) en forma d'oval. Les variables endògenes (dependents) i les exògenes (independents) estan connectades per fletxes que especifiquen la direcció de l'efecte. L'efecte està representat pel coeficient estandarditzat estimat (elasticitat) amb el seu nivell de significació. Les elasticitats permeten una interpretació més clara dels efectes estimats i, a més, proporcionen informació útil als legisladors de política pública per tal de formular recomanacions de polítiques de planificació territorial (vegeu Ewing i Cervero, 2010); per tant, la seva estimació pot contribuir a aportar nova llum sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial (Masip-Tresserra, 2016). El nivell de significació considerat és del 95% i es representa amb un superíndex en forma d'asterisc. És important apuntar que l'interval de credibilitat Bayesiana, a diferència d'un interval de confiança convencional, és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Això implica que els efectes estadísticament significatius al 95% són aquells que presenten un interval de credibilitat que no inclou el zero.

Les estadístiques de bondat d'ajust dels models d'equació estructural multinivell, estimats a partir de considerar tant la inferència freqüentista com la Bayesiana, i cada una de les cinc especificacions de model definides per aquest estudi amb l'objectiu d'examinar els determinants dels salaris de les persones, es presenten en la Taula 5.1, mentre que les dels models d'equació estructural multinivell, amb l'objectiu d'explorar els determinants dels costos de l'habitatge, es mostren en la Taula 5.2. Els resultats emfatitzen que tots els models d'equació estructural multinivell estimats (model 1-P1, model 2-P2, model 3-P2, model 4-P2, i model 5-P3) s'ajusten correctament i, per tant, no és necessari reajustar els models per tal de dur a terme de forma acurada l'anàlisi empírica de la relació entre policentrisme i salaris de les persones i costos de l'habitatge.

D'una banda, les estadístiques de bondat d'ajust disponibles quan s'estimen models d'equació estructural multinivell, mitjançant l'aproximació freqüentista, a l'estadística són raonablement bones. En primer lloc, els cinc models, tant pel que fa als salaris (Taula 5.1) com als costos de l'habitatge (Taula 5.2), presenten valors de CFI, TLI, RMSEA, i SRMR que excedeixen o satisfan l'interval de valors suggerit per a cada índex, pel qual es pot corroborar un bon ajust del model (p. ex., més de 0,90 quan es considera el CFI).

En segon lloc, el valor de la ICC, que mesura la proporció de la variància total que és explicada pels municipis, és considerablement alt per a aquest tipus de model, i varia entre un valor de 0,087 en el model 1-P1 a un valor de 0,315 en el model 5-P3, quan es consideren els salaris; i entre un valor de 0,138 en el model 3-P2 a un valor de 0,344 en el model 5-P3, quan es consideren els costos de l'habitatge. Conseqüentment, aquests valors alts de ICC indiquen que els individus/llars agrupats/des en el mateix municipi presenten un salari/cost de l'habitatge similar, causant així salaris/costos de l'habitatge bastant comparables.

En tercer lloc, el Pseudo-Coefficient de Determinació és raonablement acceptable en el context del modelatge multinivell, suggerint així que, tant els salaris de les persones com els costos de l'habitatge, poden ser predits per les variables explicatives. Els valors del Pseudo-R² dels salaris, a nivell dels individus varia entre 0,173 (model 2-P2) i 0,191 (model 5-P3), mentre que l'interval de valors del Pseudo-R² a nivell dels municipis és de 0,573 (model 3-P2) a 0,669 (model 2-P2). En termes del valor del Pseudo-R² dels costos de l'habitatge, aquest varia a nivell de les llars entre 0,224 (model 3-P2) i 0,330 (model 2-P2), mentre que l'interval de valors del Pseudo-R² a nivell dels municipis és de 0,613 (model 3-P2) a 0,705 (model 1-P1).

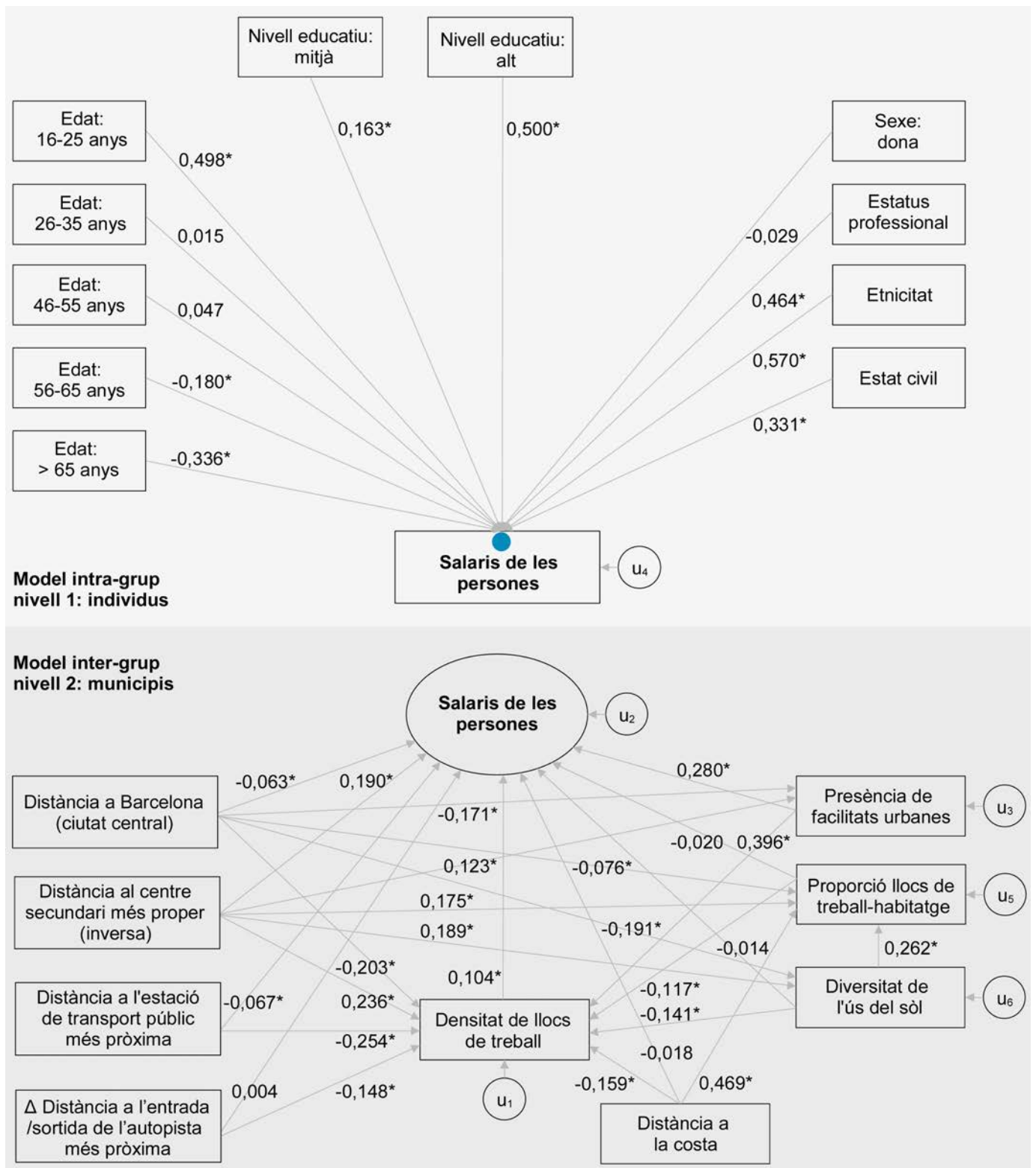


FIGURA 5.5 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els salaris de les persones i els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1)

* variables estadísticament significatives al 95 per cent. Això vol dir que l'interval de credibilitat aproximat fent servir les cadenes MCMC (Cadenes de Màrkov Monte Carlo) no inclou el zero (p. ex., l'interval de credibilitat de l'efecte directe de la distància a Barcelona en els salaris de les persones és -0,11; -0,02). Vegeu els altres intervals de credibilitat del 95% per a cada paràmetre a la Taula 5.3.

Nota(es): el cercle blau representa la intersecció aleatòria del model d'equació estructural multinivell Bayesià estimat. Les referències de les variables categòriques són les següents: edat (36-45 anys) i nivell educatiu (baix). En el cas de variables binàries, les referències són: sexe (home), etnicitat (no és occidental), estat civil (no està casat), i estat professional (desocupat). Les estadístiques de bondat d'ajust d'aquest model es poden observar a la Taula 5.1, mentre que els resultats dels tests de convergència del model es mostren a la Taula 5.3.

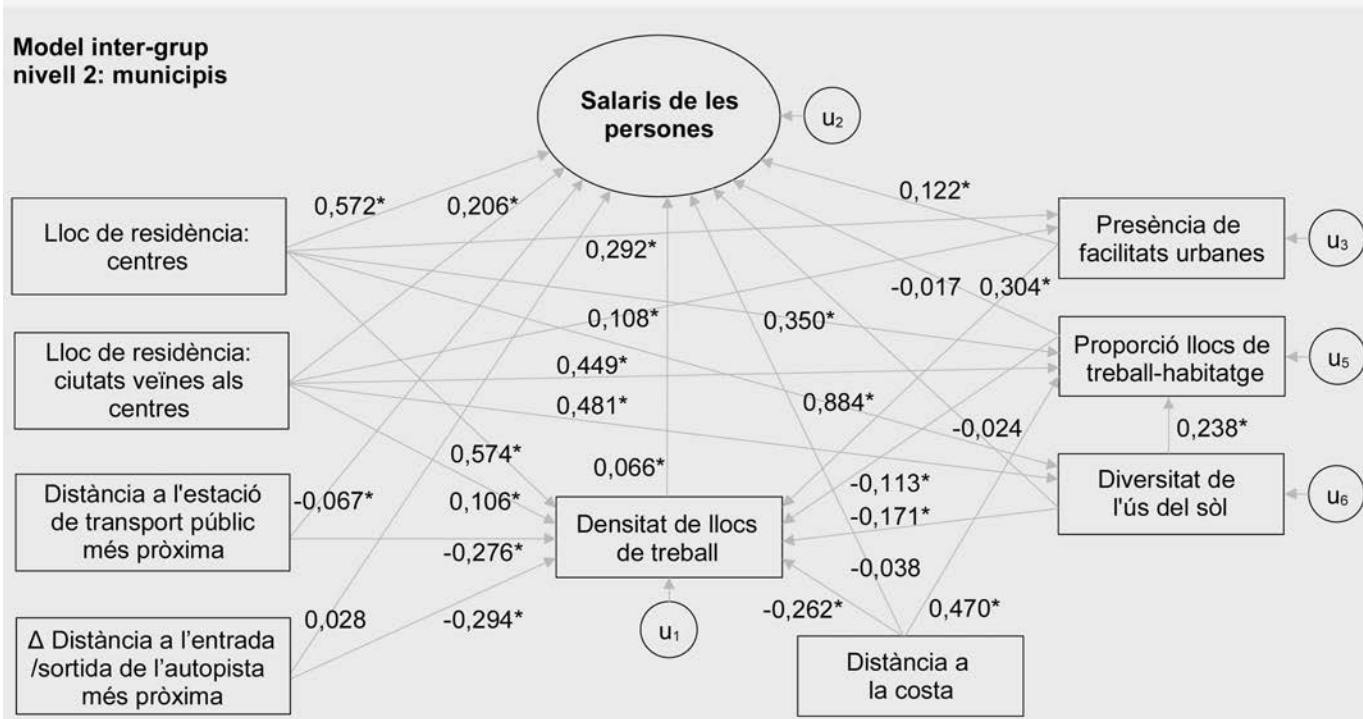
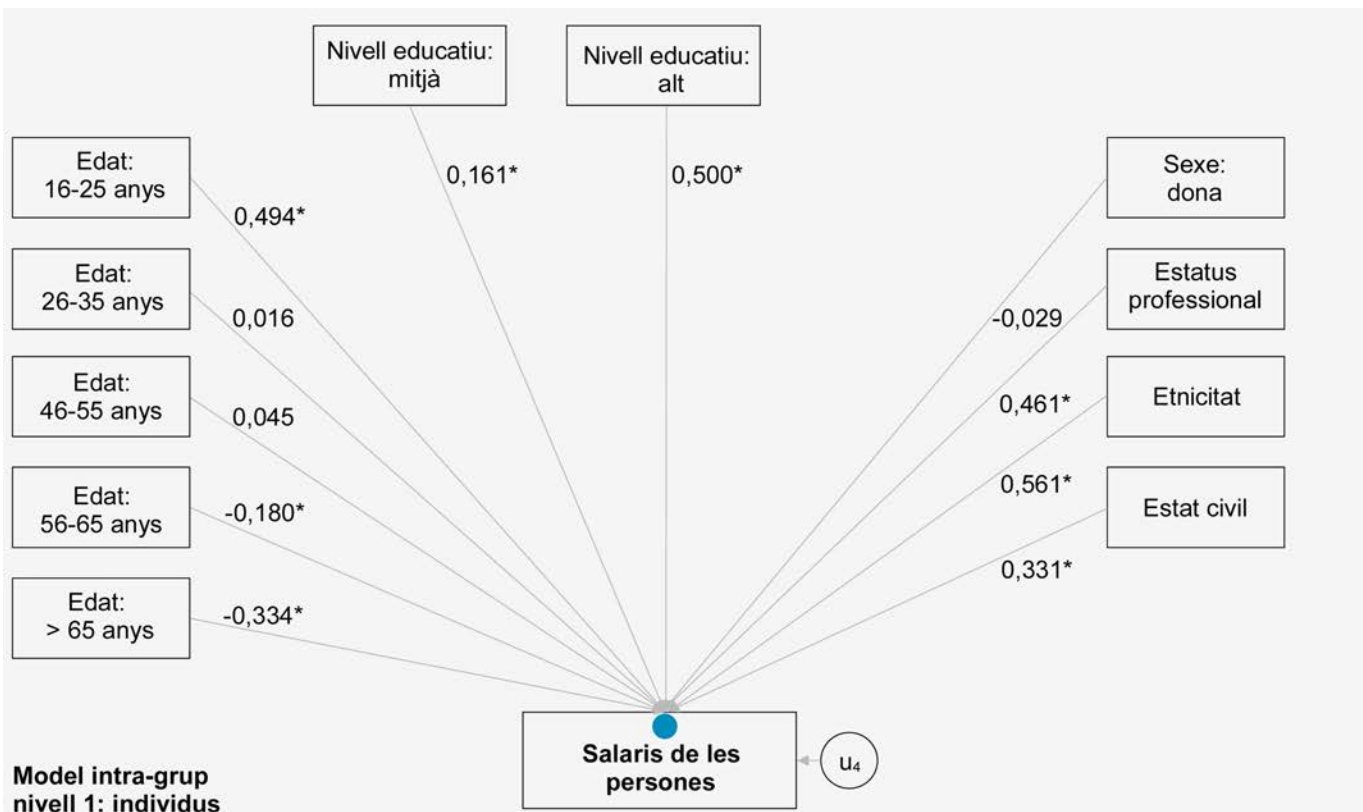


FIGURA 5.6 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els salaris de les persones i els efectes del policentrisme via la mida dels centres (model 2-P2)

* variables estadísticament significatives al 95 per cent. Això vol dir que l'interval de credibilitat aproximat fent servir les cadenes MCMC (Cadenes de Màrkov Monte Carlo) no inclou el zero (p. ex., l'interval de credibilitat de l'efecte directe d'estar localitzat en centres, en lloc d'àrees perifèriques, en els salaris de les persones és 0,35; 0,79). Vegeu els altres intervals de credibilitat del 95% per a cada paràmetre a la Taula 5.3. Nota(es): el cercle blau representa la intersecció aleatòria del model d'equació estructural multinivell Bayesià estimat. Les referències de les variables categòriques són les següents: edat (36-45 anys) i nivell educatiu (baix). En el cas de variables binàries, les referències són: sexe (home), etnicitat (no és occidental), estat civil (no està casat), i estatus professional (desocupat). Les estadístiques de bondat d'ajust d'aquest model es poden observar a la Taula 5.1, mentre que els resultats dels tests de convergència del model es mostren a la Taula 5.3.

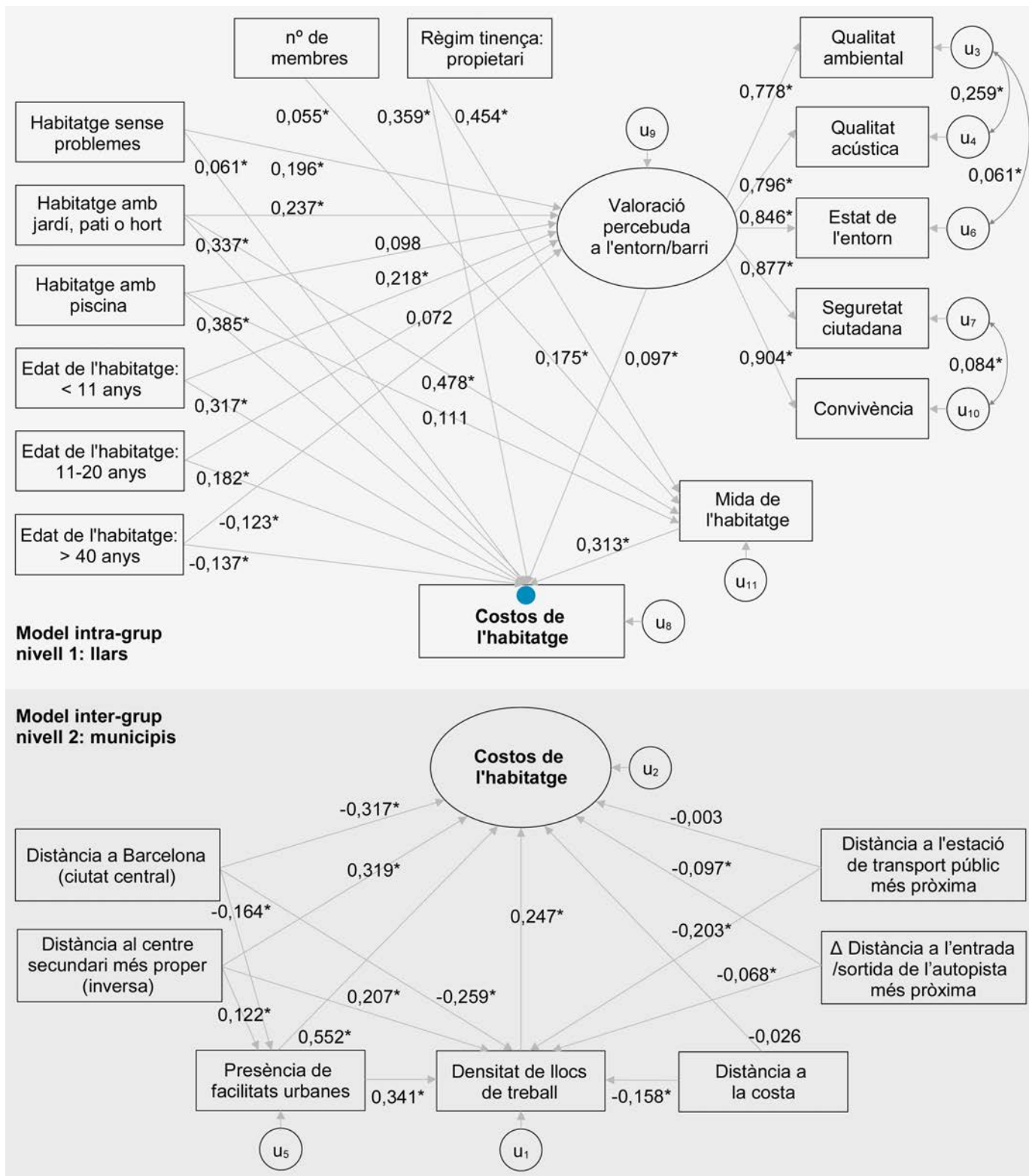
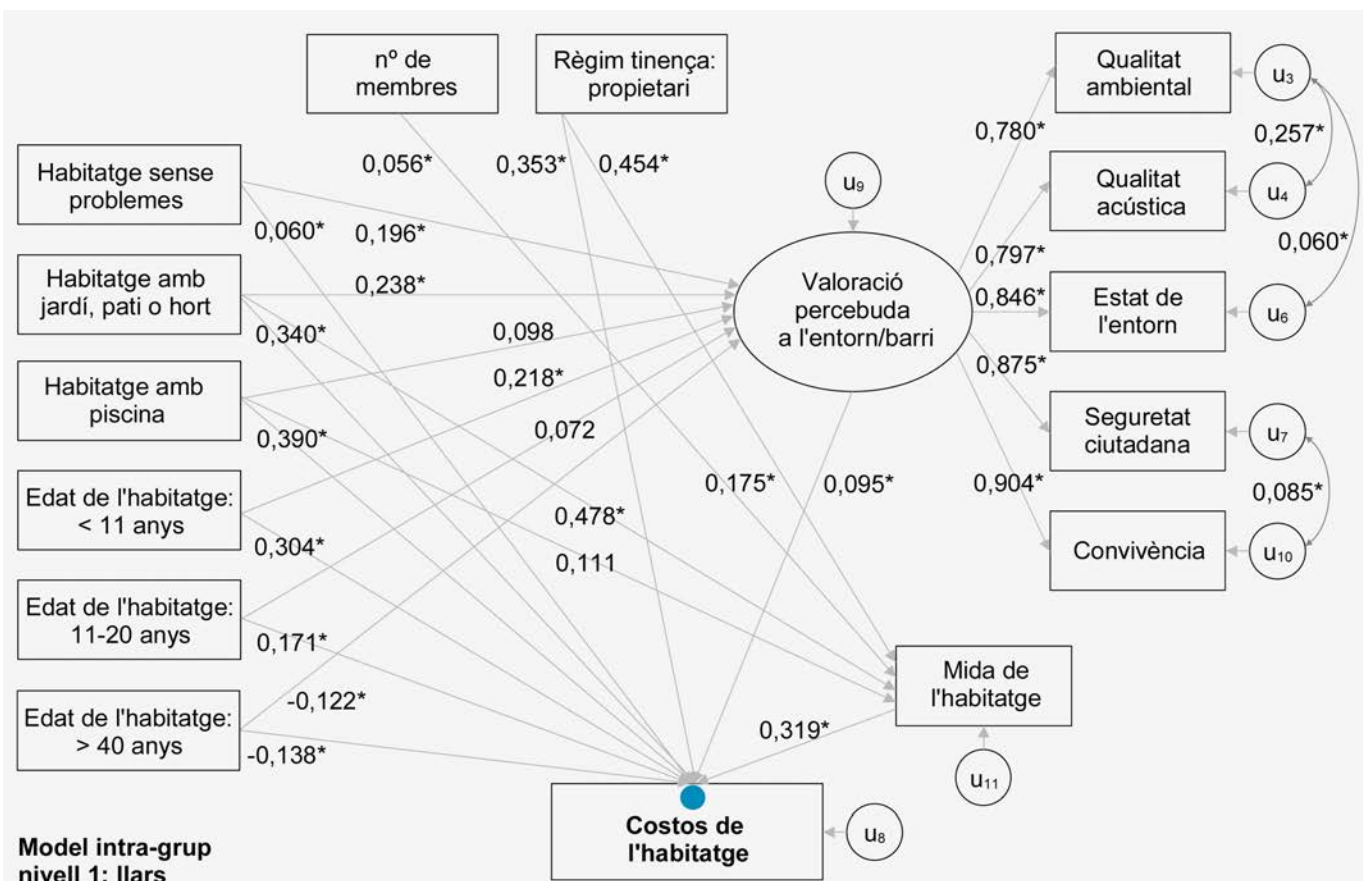


FIGURA 5.7 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els costos de l'habitatge i els efectes del policentrisme via la proximitat als centres (model 1-P1)

* variables estadísticament significatives al 95 per cent. Això vol dir que l'interval de credibilitat aproximat fent servir les cadenes MCMC (Cadenes de Màrkov Monte Carlo) no inclou el zero (p. ex., l'interval de credibilitat de l'efecte directe de la distància a Barcelona en els costos de l'habitatge és -0,46; -0,18). Vegeu els altres intervals de credibilitat del 95% per a cada paràmetre a la Taula 5.4.

Nota(es): el cercle blau representa la intersecció aleatòria del model d'equació estructural multinivell Bayesià estimat. La referència de la variable categòrica 'Edat de l'habitatge' és '21-40 anys'. En el cas de variables binàries, les referències són: règim de tinença (no és propietari de l'habitatge), presenta problemes (sí), disposa de jardí, pati o hort (no), disposa de piscina o altres instal·lacions (no). Les estadístiques de bondat d'ajust d'aquest model es poden observar a la Taula 5.2, mentre que els resultats dels tests de convergència del model es mostren a la Taula 5.4.



Model intra-grup nivell 1: llars

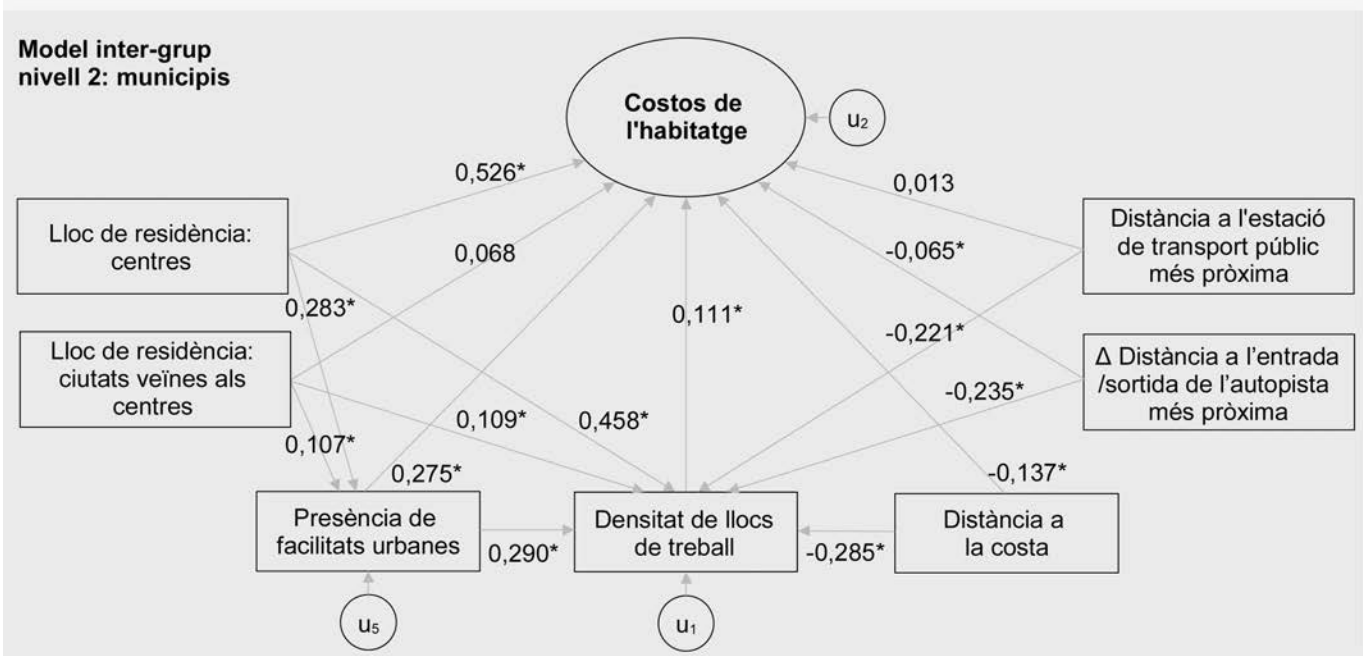


FIGURA 5.8 Model d'equació estructural multinivell Bayesià: resultats considerant els costos de l'habitatge i els efectes del policentrisme via la mida dels centres (model 2-P2)

* variables estadísticament significatives al 95 per cent. Això vol dir que l'interval de credibilitat aproximat fent servir les cadenes MCMC (Cadenes de Màrkov Monte Carlo) no inclou el zero (p. ex., l'interval de credibilitat de l'efecte directe d'estar localitzat en centres, en lloc d'àrees perifèriques, en els costos de l'habitatge és 0,37; 0,68). Vegeu els altres intervals de credibilitat del 95% per a cada paràmetre a la Taula 5.4. Nota(es): el cercle blau representa la intersecció aleatòria del model d'equació estructural multinivell Bayesià estimat. La referència de la variable categòrica 'Edat de l'habitatge' és '21-40 anys'. En el cas de variables binàries, les referències són: règim de tinença (no és propietari de l'habitatge), presenta problemes (sí), disposa de jardí, pati o hort (no), i disposa de piscina o altres instal·lacions (no). Les estadístiques de bondat d'ajust d'aquest model es poden observar a la Taula 5.2, mentre que els resultats dels tests de convergència del model es mostren a la Taula 5.4.

MODELS D'EQUACIÓ ESTRUCTURAL MULTINIVELL AJUSTATS EN AQUEST ESTUDI:	MODEL 1-P1	MODEL 2-P2	MODEL 3-P2	MODEL 4-P2	MODEL 5-P3
Inferència freqüentista^A					
Khi-Quadrat (χ^2) test [valor-P] (graus de llibertat)	33,064 [0,0003] (10)	22,628 [0,0122] (10)	34,456 [0,0000] (10)	16,480 [0,0867] (10)	37,048 [0,0000] (10)
CFI	0,968	0,981	0,958	0,979	0,964
TLI	0,913	0,925	0,902	0,914	0,912
RMSEA	0,031	0,023	0,035	0,025	0,037
SRMR (nivell 1: intra-grup)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SRMR (nivell 2: inter-grup)	0,074	0,068	0,062	0,058	0,033
ICC: Salari de les persones	0,087	0,091	0,127	0,113	0,315
Pseudo-R ² (nivell 1): Salari de les persones	0,174	0,173	0,184	0,174	0,191
Pseudo-R ² (nivell 2): Salari de les persones	0,618	0,669	0,573	0,617	0,606
Inferència Bayesiana^B					
PPP [interval de credibilitat del 95%]	0,348 [-24,6; 37,9]	0,447 [-29,2; 34,7]	0,228 [-18,7; 39,7]	0,546 [-32,0; 31,4]	0,478 [-28,1; 26,6]
ICC: Salari de les persones	0,066	0,061	0,167	0,093	0,261
Pseudo-R ² (nivell 1): Salari de les persones	0,176	0,175	0,191	0,181	0,196
Pseudo-R ² (nivell 2): Salari de les persones	0,567	0,607	0,521	0,560	0,545

TAULA 5.1 Estadístiques de bondat d'ajust dels models ajustats: salaris de les persones

a. Models d'equació estructural multinivell estimats a partir de MLR amb Quadratura de Gauss Adaptativa (15 punts d'integració).

b. Models d'equació estructural multinivell simulats a partir de MCMC amb mostreig Gibbs (2 cadenes i 10.000 iteracions).

MODELS D'EQUACIÓ ESTRUCTURAL MULTINIVELL AJUSTATS EN AQUEST ESTUDI:	MODEL 1-P1	MODEL 2-P2	MODEL 3-P2	MODEL 4-P2	MODEL 5-P3
Inferència freqüentista^A					
Khi-Quadrat (χ^2) test [valor-P] (graus de llibertat)	154,115 [0,0000] (53)	153,282 [0,0000] (53)	113,772 [0,0000] (53)	109,188 [0,0000] (53)	156,883 [0,0000] (53)
CFI	0,973	0,973	0,962	0,962	0,952
TLI	0,951	0,951	0,933	0,932	0,907
RMSEA	0,029	0,029	0,038	0,034	0,042
SRMR (nivell 1: intra-grup)	0,023	0,023	0,028	0,030	0,028
SRMR (nivell 2: inter-grup)	0,034	0,027	0,029	0,027	0,040
ICC: Costos de l'habitatge	0,221	0,214	0,138	0,264	0,344
Pseudo-R ² (nivell 1): Costos de l'habitatge	0,327	0,330	0,224	0,313	0,317
Pseudo-R ² (nivell 2): Costos de l'habitatge	0,705	0,650	0,613	0,643	0,670
Inferència Bayesiana^B					
PPP [interval de credibilitat del 95%]	0,153 [-14,9; 48,2]	0,229 [-19,2; 44,9]	0,497 [-26,6; 28,1]	0,453 [-23,2; 27,7]	0,412 [-24,3; 29,5]
ICC: Costos de l'habitatge	0,138	0,156	0,067	0,197	0,225
Pseudo-R ² (nivell 1): Costos de l'habitatge	0,329	0,331	0,234	0,316	0,320
Pseudo-R ² (nivell 2): Costos de l'habitatge	0,730	0,696	0,578	0,597	0,638

TAULA 5.2 Estadístiques de bondat d'ajust dels models ajustats: costos de l'habitatge

a. Models d'equació estructural multinivell estimats a partir de MLR amb Quadratura de Gauss Adaptativa (15 punts d'integració).

b. Models d'equació estructural multinivell simulats a partir de MCMC amb mostreig Gibbs (2 cadenes i 10.000 iteracions).

En quart lloc, el valor-P necessari ($p > 0,05$) del Khi-Quadrat, que indica un bon ajust del model, s'obté en un dels models d'equació estructural multinivell estimats (model 4-P2 amb relació als salaris de les persones). No obstant, el fet que el valor-P del Khi-Quadrat sigui significatiu, no implica reajustar els models, doncs, tal

i com s'ha indicat anteriorment (vegeu [secció 5.3](#)), el valor de Khi-Quadrat i el seu nivell de significació com a estadística de bondat d'ajust del model s'ha de considerar com a orientativa. La raó principal és que el nivell de significació del Khi-Quadrat s'incrementa substancialment a mesura que la mida de la mostra també augmenta i, en estudis on la mida de la mostra és gran (això és, més de 200 observacions), és molt difícil obtenir valors-P del Khi-Quadrat inferiors a 0,05. En aquest sentit, tots els models d'equació estructural multinivell estimats (vegeu [Taulas 5.1](#) i [5.2](#)) compleixen la proporció entre el Khi-Quadrat i el nombre de graus de llibertat del model suggerida per la literatura econòmica (p. ex., [Carmines i McIver, 1981](#)), per la qual l'ajust del model és raonablement bo, és a dir, una proporció entre 2 a 5 vegades més gran.

D'altra banda, les estadístiques de bondat d'ajust disponibles quan es simulen models d'equació estructural multinivell a partir de considerar la inferència Bayesiana, són també raonablement bones. En primer lloc, els cinc models, tant pel que fa als salaris de les persones com als costos de l'habitatge, presenten valors estadísticament no significatius del PPP (vegeu com tots els intervals de credibilitat que es mostren a les [Taulas 5.1](#) i [5.2](#) amb relació a l'índex de Comprovació Predictiva Posterior inclouen el 0) i, per tant, això indica un bon ajust del model: les dades observades de mitjana són aproximadament tan probables com les dades generades, p. ex., respecte als salaris, un 54,6% en el cas del model 4-P2 i, amb relació als costos de l'habitatge un 49,7% en el cas del model 3-P2.

En segon lloc, els valors de la ICC i del Pseudo R² amb relació als salaris i costos de l'habitatge continuen sent alts i similars als prèviament obtinguts en l'estimació freqüentista dels models d'equació estructural multinivell. Per exemple, en relació als salaris, l'interval de valors respecte a la ICC es situa ara entre 0,066 i 0,261, mentre que els valors del Pseudo-R² varien entre 0,175 i 0,196 a nivell dels individus, i entre 0,521 a 0,607 a nivell dels municipis.

5.4.2 Els efectes totals dels determinants dels salaris i costos de l'habitatge

5.4.2.1 Els efectes de la proximitat als centres

Els efectes directes, indirectes i totals dels determinants dels salaris i dels costos de l'habitatge, considerant els efectes de la proximitat als centres (model 1-P1), es mostren en les [Taulas 5.3](#) i [5.4](#), respectivament (vegeu columnes 2-7). La majoria dels efectes totals de les variables explicatives a nivell dels individus (nivell 1) amb relació als salaris, i a nivell de la llar (nivell 1) respecte als costos de l'habitatge, són estadísticament significants—això vol dir, en la inferència Bayesiana, que el seu interval de credibilitat del 95% no inclou el 0. En termes d'avantatge salarial, els individus de mitjana edat, comparativament als de més edat, casats, d'origen occidental (p. ex., nascuts a Catalunya i a la resta d'Europa), amb un nivell educatiu més alt i amb més estatus professional, són els que disposen d'un millor salari (vegeu [Taula 5.3](#)). Aquests resultats són consistents amb estudis previs, que també han emfatitzat efectes similars amb relació als atributs sociodemogràfics de l'individu (vegeu, p. ex., [Combes et al., 2008](#); [Glaeser i Maré, 2001](#); [McMillen i Singell, 1992](#); [Yankow, 2006](#)). En canvi, aquest estudi il·lustra que l'efecte total del sexe dels individus no és estadísticament significatiu, malgrat que el signe (positiu o negatiu) d'aquest efecte sigui l'esperat en acordança amb el model proposat de la [secció 5.2](#) (vegeu [Figura 5.1](#)). L'efecte total dels determinants mesurats al nivell dels individus que presenta una magnitud més gran és l'associat amb l'etnicitat (0,570) i el nivell educatiu (0,500): p. ex., les persones amb un nivell educatiu alt disposen d'un 50% més de salari que les persones amb un nivell educatiu baix (categoria de referència).

En relació amb els costos de l'habitatge, els habitatges en règim de propietat de més mida (nombre d'habitacions) i qualitat (no presenten problemes, disposen de jardí i altres facilitats, com ara piscina), a la vegada que hi viuen un major nombre de persones i s'han construït més recentment (menys d'11 anys o entre 11 i 20 anys), són els que presenten majors costos (vegeu [Taula 5.4](#)). Aquests resultats també convergeixen

amb estudis previs que han il·lustrat efectes similars respecte a les característiques de l'habitatge (vegeu, p. ex., Hou, 2016; Hu et al., 2014; Ottensmann et al., 2008). A més, els resultats mostren que la valoració percebuda al barri/entorn per part de les persones, també influeix en els costos de l'habitatge; en concret, una valoració doblament positiva de les persones, considerant la qualitat ambiental, la qualitat acústica, l'estat dels edificis i parcs, la seguretat ciutadana, i la convivència del seu barri/entorn, fa que els costos de l'habitatge s'incrementin en un 9,7%. Així doncs, l'efecte total dels determinants mesurats al nivell de la llar que disposa d'una magnitud més gran és l'associat amb la qualitat de l'habitatge, considerant si disposa de jardí, pati o hort (0,510), i el règim de tinença (0,501): p. ex., els habitatges que disposen de jardí, pati o hort són un 51% més costosos que no pas els habitatges que no en disposen.

Les magnituds dels efectes dels atributs del medi construït i del policentrisme són, depenent del cas, aproximadament tan grans com les de les variables explicatives al nivell dels individus o de la llar, un cop s'han controlat els atributs sociodemogràfics de l'individu o les característiques de l'habitatge i la percepció subjectiva de les persones. A més, aquests efectes, generalment, no només presenten el signe esperat d'acord amb el model conceptual descrit en les Figures 5.1 i 5.2, sinó que també són estadísticament significants al 95% de credibilitat. En relació amb les elasticitats netes dels atributs del medi construït amb relació als salaris (Taula 5.3) i als costos de l'habitatge (Taula 5.4), es poden extreure les següents observacions. L'efecte total de les facilitats urbanes és considerable; en concret, origina una elasticitat neta de 0,321 respecte als salaris, i de 0,636 amb relació als costos de l'habitatge. Aquests valors d'elasticitats netes indiquen que doblar la concentració de facilitats urbanes en un municipi entre el període de temps del 2001 al 2011, hagués donat com a resultat un increment d'un 32,1% i d'un 63,6% dels salaris i els costos de l'habitatge deu anys més tard.

Similarment, l'impacte d'una major densitat de llocs de treball, d'una millora en l'accessibilitat a les infraestructures, i d'unes millors condicions geogràfiques està estadísticament associat amb un major avantatge salarial i costos de l'habitatge més alts; cosa que és consistent amb els estudis que també han examinat els efectes del medi construït en els salaris i costos de l'habitatge (vegeu secció 5.2). Per exemple, doblar el nivell de densitat de llocs de treball (compacitat) d'un municipi a partir de l'any 2001, hagués conduït cap a un augment d'un 10,4% dels salaris, i d'un 24,7% dels costos de l'habitatge deu anys més tard. Una millora en la proximitat cap a les estacions (tren i metro) de transport públic (p. ex., un augment d'un 10%), hagués donat com a resultat un increment d'un 0,93% dels salaris (vegeu Taula 5.3) i d'un 0,53% dels costos de l'habitatge (vegeu Taula 5.4). Al seu torn, la reducció d'un 10% en la distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima (això és, un augment de les millores en les infraestructures d'un 10%), hagués conduït cap a un augment d'un 1,14% dels costos de l'habitatge, i l'augment d'un 10% en les condicions geogràfiques d'un municipi (més proximitat a la costa) desemboca en un increment d'un 0,52% i d'un 0,65% respecte als salaris de les persones i als costos de l'habitatge, respectivament.

Respecte als efectes del policentrisme amb relació als beneficis/costos d'aglomeració, associats amb la proximitat geogràfica als centres (model 1-P1), l'elasticitat neta de la distància a la ciutat central (Barcelona) i de la inversa de la distància al centre secundari més proper indiquen que, com més gran és la proximitat de les àrees residencials als centres, majors són els avantatges salarials i els desavantatges residencials de les persones. Una reducció del 10% en la distància geogràfica entre una àrea i el seu centre secundari més proper, a partir de l'any 2001, hagués conduït cap a un avantatge salarial d'un 2,41% i cap a un increment d'un 4,48% dels costos de l'habitatge deu anys més tard. La magnitud dels efectes totals de la proximitat a la ciutat central de Barcelona és un xic més important amb relació als costos de l'habitatge i més moderada respecte als salaris, la qual cosa denota l'esgotament d'un model monocèntric i la conveniència d'un de policèntric per a la regió metropolitana de Barcelona. Per exemple, considerant també una disminució d'un 10% en la distància geogràfica entre el període de temps del 2001 al 2011, aquesta millora de proximitat entre una àrea i la ciutat central hagués donat com a resultat un avantatge salarial per a les persones ocupades d'un 1,3% i un increment d'un 4,85% dels costos de l'habitatge de l'any 2011.

VARIABLE ENDÒGENA: SALARIS DE LES PERSONES < DETERMINANTS	MODEL 1-P1 (FIGURA 5.5)					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Part fixa						
Nivell 1 Atributs sociodemogràfics de la persona						
Sexe (referència=home)	-0,029	-0,10; 0,04	-	-	-0,029	-0,10; 0,04
Cohort d'edat						
36-45 anys (referència)						
16-25 anys	0,498	0,35; 0,64	-	-	0,498	0,35; 0,64
26-35 anys	0,015	-0,09; 0,12	-	-	0,015	-0,09; 0,12
46-55 anys	0,047	-0,05; 0,15	-	-	0,047	-0,05; 0,15
56-65 anys	-0,180	-0,30; -0,06	-	-	-0,180	-0,30; -0,06
Més de 65 anys	-0,336	-0,50; -0,17	-	-	-0,336	-0,50; -0,17
Etnicitat (referència=no és occidental)	0,570	0,36; 0,78	-	-	0,570	0,36; 0,78
Estat civil (referència=no està casat)	0,331	0,24; 0,42	-	-	0,331	0,24; 0,42
Estatus professional (referència=desocupat)	0,464	0,38; 0,55	-	-	0,464	0,38; 0,55
Nivell educatiu						
Baix (referència)						
Mitjà	0,163	0,07; 0,25	-	-	0,163	0,07; 0,25
Alt	0,500	0,40; 0,60	-	-	0,500	0,40; 0,60
Nivell 2 Atributs del medi construït						
Densitat de llocs de treball	0,104	0,03; 0,18	-	-	0,104	0,03; 0,18
Diversitat de l'ús del sòl	-0,014	-0,09; 0,06	-0,023	-0,06; 0,01	-0,037	-0,11; 0,04
Proporció de llocs de treball-habitatge	-0,020	-0,09; 0,05	-0,012	-0,03; 0,01	-0,032	-0,09; 0,03
Distància a l'estació de transport públic més pròxima	-0,067	-0,13; -0,01	-0,026	-0,06; 0,01	-0,093	-0,16; -0,03
Δ Distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima (1991-2001)	0,004	-0,10; 0,11	-0,015	-0,06; 0,01	-0,011	-0,12; 0,10
Presència de facilitats urbanes	0,280	0,07; 0,49	0,041	-0,01; 0,09	0,321	0,10; 0,54
Distància a la costa	-0,018	-0,07; 0,03	-0,034	-0,08; 0,01	-0,052	-0,09; -0,01

TAULA 5.3 Models d'equació estructural multinivell Bayesianes ajustats per l'estudi dels salaris de les persones: model 1-P1 i model 2-P2

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 5.3 fan referència a la solució estandaritzada (els resultats de la solució no estandaritzada estan disponibles a petició).

b. L'estimació representada en aquesta Taula 5.3 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirnov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

MODEL 2-P2 (FIGURA 5.6)						
EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A		
ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	
-0,029	-0,01; 0,04	-	-	-0,029	-0,01; 0,04	
0,494	0,35; 0,64	-	-	0,494	0,35; 0,64	
0,016	-0,09; 0,12	-	-	0,016	-0,09; 0,12	
0,045	-0,06; 0,15	-	-	0,045	-0,06; 0,15	
-0,180	-0,30; -0,06	-	-	-0,180	-0,30; -0,06	
-0,344	-0,51; -0,17	-	-	-0,344	-0,51; -0,17	
0,561	0,34; 0,78	-	-	0,561	0,34; 0,78	
0,331	0,24; 0,42	-	-	0,331	0,24; 0,42	
0,461	0,38; 0,54	-	-	0,461	0,38; 0,54	
0,161	0,07; 0,25	-	-	0,161	0,07; 0,25	
0,500	0,40; 0,60	-	-	0,500	0,40; 0,60	
0,066	0,02; 0,11	-	-	0,066	0,02; 0,11	
-0,024	-0,10; 0,05	-0,017	-0,05; 0,02	-0,041	-0,11; 0,03	
-0,017	-0,08; 0,05	-0,007	-0,03; 0,02	-0,024	-0,09; 0,04	
-0,067	-0,12; -0,01	-0,018	-0,06; 0,02	-0,085	-0,15; -0,02	
0,028	-0,06; 0,12	-0,019	-0,07; 0,02	0,009	-0,07; 0,08	
0,122	0,03; 0,21	0,020	-0,01; 0,05	0,142	0,04; 0,24	
-0,038	-0,10; 0,02	-0,033	-0,08; 0,01	-0,071	-0,12; -0,02	

>>>

VARIABLE ENDÒGENA: SALARIS DE LES PERSONES < DETERMINANTS	MODEL 1-P1 (FIGURA 5.5)					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Part fixa						
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la proximitat als centres						
Distància a Barcelona (ciutat central)	-0,063	-0,11; -0,02	-0,067	-0,11; -0,02	-0,130	-0,19; -0,07
Distància al centre secundari més proper (inversa)	0,190	0,11; 0,27	0,051	0,01; 0,09	0,241	0,16; 0,32
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la mida dels centres						
Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)						
ciutats veïnes als centres						
Part aleatòria						
Variància nivell 1: salaris de les persones					0,824	0,80; 0,85
Variància nivell 2: salaris de les persones					0,433	0,26; 0,63
Altres paràmetres						
Intersecció: salaris de les persones					-1,275	-1,55; -1,01
Intersecció: densitat de llocs de treball					-0,046	-0,35; 0,26
Intersecció: diversitat de l'ús del sòl					-0,374	-0,73; -0,01
Intersecció: proporció de llocs de treball-habitatge					-0,022	-0,39; 0,35
Intersecció: presència de facilitats urbanes					-0,577	-0,66; -0,50
Observacions (nivell 1)					2.414	
Observacions (nivell 2)					65	
Nombre de paràmetres lliures					47	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)					1,002	
Test de Kolmogorov-Smirov (K-S/valor-P)					0,14/0,26	

TAULA 5.3 Models d'equació estructural multinivell Bayesianos ajustats per l'estudi dels salaris de les persones: model 1-P1 i model 2-P2

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 5.3 fan referència a la solució estandaritzada (els resultats de la solució no estandaritzada estan disponibles a petició).
b. L'estimació representada en aquesta Taula 5.3 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

VARIABLE ENDÒGENA: COSTOS DE L'HABITATGE < DETERMINANTS	MODEL 1-P1 (FIGURA 5.7)					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Part fixa						
Nivell 1 Característiques de l'habitatge						
Tipologia de llar						
nº de membres	-	-	0,055	0,04; 0,07	0,055	0,04; 0,07
Règim de tenença (referència=no és propietari de l'habitatge)	0,359	0,28; 0,44	0,142	0,11; 0,18	0,501	0,42; 0,58
Qualitat de l'habitatge						
Presenta problemes (referència=sí)	0,061	0,02; 0,10	0,019	0,01; 0,03	0,080	0,01; 0,15
Disposa de jardí, pati o hort (referència=no)	0,337	0,26; 0,42	0,173	0,14; 0,21	0,510	0,42; 0,60
Disposa de piscina o altres instal·lacions esportives (referència=no)	0,385	0,25; 0,52	0,044	-0,01; 0,10	0,429	0,28; 0,58
Mida de l'habitatge						
nº d'habitacions	0,313	0,27; 0,35	-	-	0,313	0,27; 0,35
Edat de l'habitatge						
21-40 anys (referència)						
Menys de 11 anys	0,317	0,20; 0,44	0,021	0,01; 0,04	0,338	0,22; 0,46
11-20 anys	0,182	0,06; 0,30	0,007	-0,00; 0,02	0,189	0,07; 0,31
Més de 40 anys	-0,137	-0,21; -0,06	-0,012	-0,02; -0,00	-0,149	-0,22; -0,07
Nivell 1 Percepció subjectiva de les persones						
Valoració percebuda al barri/entorn (variable latent=5 indicadors de manifest)	0,097	0,04; 0,16	-	-	0,097	0,04; 0,16
Nivell 2 Atributs del medi construït						
Densitat de llocs de treball	0,247	0,09; 0,41	-	-	0,247	0,09; 0,41
Distància a l'estació de transport públic més pròxima	-0,003	-0,09; 0,08	-0,050	-0,09; -0,01	-0,053	-0,14; -0,03
Δ Distància a l'entrada/sortida de l'autopista més pròxima (1991-2001)	-0,097	-0,15; -0,04	-0,017	-0,05; 0,02	-0,114	-0,17; -0,06
Presència de facilitats urbanes	0,552	0,26; 0,85	0,084	0,05; 0,22	0,636	0,31; 0,96
Distància a la costa	-0,026	-0,14; 0,09	-0,039	-0,09; 0,01	-0,065	-0,11; -0,02

TAULA 5.4 Models d'equació estructural multinivell Bayesianos ajustats per l'estudi dels costos de l'habitatge: model 1-P1 i model 2-P2

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 5.4 fan referència a la solució estandarditzada (els resultats de la solució no estandarditzada estan disponibles a petició).

b. L'estimació representada en aquesta Taula 5.4 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirnov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

MODEL 2-P2 (FIGURA 5.8)						
EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A		
ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	
-	-	0,056	0,04; 0,07	0,056	0,04; 0,07	
0,353	0,28; 0,43	0,145	0,11; 0,18	0,497	0,41; 0,58	
0,060	0,02; 0,10	0,019	0,01; 0,03	0,079	0,01; 0,15	
0,340	0,26; 0,42	0,175	0,14; 0,22	0,515	0,43; 0,60	
0,390	0,25; 0,53	0,045	-0,01; 0,10	0,435	0,29; 0,58	
0,319	0,28; 0,36	-	-	0,319	0,28; 0,36	
0,304	0,19; 0,42	0,021	0,01; 0,04	0,325	0,21; 0,45	
0,171	0,05; 0,29	0,007	-0,00; 0,02	0,178	0,06; 0,30	
-0,138	-0,21; -0,06	-0,012	-0,02; -0,00	-0,149	-0,23; -0,07	
0,095	0,03; 0,16	-	-	0,095	0,03; 0,16	
0,111	0,05; 0,17	-	-	0,111	0,05; 0,17	
0,013	-0,07; 0,10	-0,025	-0,06; 0,01	-0,012	-0,06; 0,04	
-0,065	-0,11; -0,02	-0,026	-0,06; 0,01	-0,091	-0,15; -0,03	
0,275	0,12; 0,43	0,032	-0,09; 0,15	0,307	0,14; 0,47	
-0,137	-0,26; -0,02	-0,032	-0,09; 0,03	-0,169	-0,29; -0,05	

>>>

VARIABLE ENDÒGENA: COSTOS DE L'HABITATGE < DETERMINANTS	MODEL 1-P1 (FIGURA 5.7)					
	EFECTES DIRECTES ^A		EFECTES INDIRECTES ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Part fixa						
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la proximitat als centres						
Distància a Barcelona (ciutat central)	-0,317	-0,46; -0,18	-0,168	-0,28; -0,06	-0,485	-0,74; -0,23
Distància al centre secundari més proper (inversa)	0,319	0,15; 0,49	0,129	0,05; 0,21	0,448	0,24; 0,66
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la mida dels centres						
Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)						
ciutats veïnes als centres						
Part aleatòria						
Variància nivell 1: costos de l'habitatge					0,671	0,63; 0,71
Variància nivell 2: costos de l'habitatge					0,330	0,21; 0,49
Altres paràmetres						
Indicadors de manifest:						
Valoració de la qualitat ambiental (1)					0,778	0,74; 0,82
Valoració de la qualitat acústica (2)					0,796	0,76; 0,83
Valoració de l'estat de l'entorn (3)					0,846	0,81; 0,88
Valoració de la seguretat ciutadana (4)					0,877	0,84; 0,92
Valoració de la convivència (5)					0,904	0,86; 0,94
Correlació entre (1) i (2)					0,259	0,22; 0,30
Correlació entre (1) i (3)					0,061	0,03; 0,09
Correlació entre (4) i (5)					0,084	0,04; 0,13
Intersecció: costos de l'habitatge					-0,467	-0,69; -0,25
Observacions (nivell 1)					2.207	
Observacions (nivell 2)					65	
Nombre de paràmetres lliures					61	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)					1,003	
Test de Kolmogorov-Smirnov (K-S/valor-P)					0,17/0,10	

TAULA 5.4 Models d'equació estructural multinivell Bayesianos ajustats per l'estudi dels costos de l'habitatge: model 1-P1 i model 2-P2

a. Els efectes directes, indirectes i totals mostrats en aquesta Taula 5.4 fan referència a la solució estandaritzada (els resultats de la solució no estandaritzada estan disponibles a petició).

b. L'estimació representada en aquesta Taula 5.4 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és estadísticament significatiu al 95 per cent.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirnov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

Aquestes magnituds de les elasticitats netes dels atributs del medi construït i de la proximitat als centres, recolzen la idea que l'abordament d'unes millors condicions de vida de les persones, considerant els salaris i els costos de l'habitatge i, per tant, indirectament, també el nivell de productivitat laboral i de renda del sòl, es pot dur a terme mitjançant l'elaboració de polítiques de planificació territorial orientades cap a la modificació dels atributs del medi construït i de l'estructura espacial metropolitana. Per exemple, els resultats anteriors apunten que una bona política territorial per millorar les condicions de vida de les persones amb menys ingressos en una àrea metropolitana podria anar lligada amb la combinació d'una forta localització d'habitatges socials en centres (preferiblement els secundaris) i en les seves ciutats veïnes (ciutats més petites i properes) amb un major desenvolupament urbà (p. ex., presència de facilitats urbanes i densificació) d'aquestes àrees pròximes a i intersticials dels centres. No obstant, s'han de considerar també altres aspectes del vincle entre policentrisme i salaris o costos de l'habitatge per tal de poder elaborar recomanacions per polítiques de planificació territorial amb una suficient solvència empírica. Per exemple, s'ha d'examinar la magnitud de l'elasticitat neta total de la mida dels centres en els salaris i costos de l'habitatge, o els efectes directes i indirectes del policentrisme. La resta d'aquesta [secció 5.4](#) aborda aquests aspectes.

5.4.2.2 Els efectes de la mida dels centres

Les columnes més a la dreta de la [Taula 5.3](#) (vegeu columnes 8-13) i la [Figura 5.6](#) presenten els resultats dels efectes directes, indirectes i totals dels determinants dels salaris, considerant els efectes de la mida dels centres, mentre que la [Taula 5.4](#) (columnes 8-13) i la [Figura 5.8](#) mostren aquests resultats amb relació als costos de l'habitatge. Respecte als efectes totals dels atributs sociodemogràfics de la persona ([Taula 5.3](#)), de les característiques de l'habitatge, i de la percepció subjectiva de les persones ([Taula 5.4](#)), és remarcable que, tant la magnitud d'aquests efectes com el seu signe i nivell de significació, no presenten diferències importants en comparació als resultats obtinguts anteriorment amb relació als efectes de la proximitat als centres, pel que fa als salaris (vegeu columnes 2-7 de la [Taula 5.3](#) i la [Figura 5.5](#)) i als costos de l'habitatge (vegeu columnes 2-7 de la [Taula 5.4](#) i la [Figura 5.7](#)). Per exemple, els habitatges que disposen de jardí, pati o hort són ara un 51,5% més costosos que no pas els habitatges que no en disposen (això és, sols un 0,5% més que en el cas anterior).

En relació amb les elasticitats netes dels atributs del medi construït, tret dels efectes nets de la densitat de llocs de treball i de la presència de facilitats urbanes, tampoc s'observen grans canvis, tant en termes de magnitud dels efectes com del seu signe i nivell de significació, en comparació als resultats obtinguts en els anteriors models d'equació estructural multinivell (model 1-P1 amb relació als salaris i costos de l'habitatge). En aquest sentit, es pot observar que ara la magnitud de la densitat de llocs de treball i de la presència de facilitats urbanes amb relació tant als salaris com als costos de l'habitatge ha esdevingut significativament més moderada: doblar el nivell de densitat de llocs de treball i de concentració de facilitats urbanes en un municipi condueix cap a un augment d'un 6,6% i d'un 14,2% dels salaris, respectivament, i cap a un increment d'un 11,1% i d'un 30,7% dels costos de l'habitatge, respectivament.

En termes de la magnitud dels efectes totals del policentrisme en els salaris i costos de l'habitatge, aquesta augmenta considerablement. Les persones que actualment viuen en centres (ciutat central o centres secundaris) presenten un 60,6% més d'avantatge salarial que les persones que resideixen en àrees perifèriques. Similarment, les persones que resideixen en ciutats veïnes als centres disposen d'una prima salarial d'un 19,8% en comparació a les que viuen en àrees perifèriques. A més, localitzar-se en els centres, en comparació a fer-ho en àrees perifèriques, condueix cap a un augment d'un 66,4% dels costos de l'habitatge. No obstant, curiosament, localitzar-se en les ciutats veïnes als centres, en lloc de fer-ho en àrees perifèriques, no es tradueix en costos de l'habitatge més alts. En conseqüència, d'una banda, es pot concloure, de moment, que la dimensió més important d'una estructura metropolitana policèntrica per fomentar unes majors condicions de vida de les persones (augment dels salaris i reducció

dels costos de l'habitatge) és el tipus de ciutat (p. ex., centres i ciutats veïnes als centres), seguit per la proximitat als centres. D'altra banda, es pot concloure que, mentre que els beneficis d'aglomeració en una estructura metropolitana policèntrica es dispersen fortament des dels centres envers els seus entorns, els costos d'aglomeració en una estructura metropolitana policèntrica es mantenen a nivell local, és dir, no s'estenen tan fàcilment des dels límits geogràfics dels centres cap a les àrees del seu entorn.

La següent subsecció presenta els resultats més detallats dels efectes directes i indirectes del policentrisme, per descriure, així, la importància dels seus efectes compostos—això és, l'exploració de la connexió entre policentrisme i atributs del medi construït, tal i com s'ha explicat en el plantejament de la recerca (vegeu [secció 5.3](#)), en base al model conceptual proposat en aquest estudi (vegeu [Figures 5.1 i 5.2](#)).

5.4.3 Els efectes directes i indirectes del policentrisme

5.4.3.1 Els efectes de la proximitat als centres

Els efectes directes i indirectes de la proximitat als centres corroboren les hipòtesis plantejades pel model conceptual. L'elasticitat directe entre la distància a la ciutat central (Barcelona) i els salaris ([Taula 5.3](#)) o els costos de l'habitatge ([Taula 5.4](#)) és estadísticament significativa; validant, així, la hipòtesi que els residents d'àrees més pròximes als centres, en comparació als d'àrees més llunyanes, disposen d'un major salari i afronten costos de l'habitatge més alts, però aquests costos de l'habitatge són menors dels que s'originen a la ciutat central. Essent la resta del model 1-P1 igual, un augment d'un 10% en la proximitat entre una àrea i la ciutat central de Barcelona entre el 2001 i el 2011, hagués donat lloc a un augment d'un 0,63% i d'un 3,17% en els salaris i costos de l'habitatge, respectivament, deu anys més tard.

Aquest efecte directe en els salaris i costos de l'habitatge és incrementat per efectes indirectes negatius, també estadísticament significatius al 95% de credibilitat, produint així com a resultat una elasticitat neta total de -0,130 amb relació als salaris i de -0,485 respecte als costos de l'habitatge. És important apuntar que la magnitud dels efectes indirectes associats amb la proximitat a la ciutat central de Barcelona és rellevant, doncs representa una mica més de la meitat (51,35%) del seu efecte total quan es consideren els salaris, i una mica més d'un terç (34,68%) quan s'han tingut en compte els costos de l'habitatge. En concret, l'efecte indirecte net de la distància a la ciutat central en els salaris de les persones, intercedit per la densitat de llocs de treball, la presència de facilitats urbanes, la diversitat de l'ús del sòl, i la proporció de llocs de treball per habitatge, és de -0,067³⁸ (vegeu [Figura 5.5](#)), mentre que l'efecte indirecte net respecte als costos de l'habitatge, intercedit per la densitat de llocs de treball i la presència de facilitats urbanes, és de -0,168³⁹ (vegeu [Figura 5.7](#)).

La composició d'aquest efecte indirecte de la proximitat a la ciutat central en els salaris de les persones (-0,067) i els costos de l'habitatge (-0,168), mostra que l'efecte net indirecte que presenta una major magnitud és l'intercedit únicament per la presència de facilitats urbanes, seguit pel de la densitat de llocs de treball. Per exemple, amb relació als costos de l'habitatge, l'efecte indirecte de la proximitat, intercedit únicament per la presència de facilitats urbanes (0,552 x -0,164) i per la densitat de llocs de treball (0,247 x -0,259) (vegeu [Figura 5.7](#)), representa un 53,79% i 38,01% de l'efecte indirecte net (-0,168).

38 $[(0,171 \times 0,280) + (-0,203 \times 0,104) + (-0,191 \times -0,014) + (-0,076 \times -0,020) + (-0,171 \times 0,396 \times 0,104) + (-0,191 \times -0,141 \times 0,104) + (-0,076 \times -0,117 \times 0,104) + (-0,191 \times 0,262 \times -0,020) + (-0,191 \times 0,262 \times -0,117 \times 0,104)]$.

39 $[(-0,164 \times 0,552) + (-0,259 \times 0,247) + (-0,164 \times 0,341 \times 0,247)]$.

En conseqüència, dues observacions importants es poden extreure de l'anàlisi de les composicions d'aquests efectes indirectes de la proximitat a la ciutat central. D'una banda, es corroboren empíricament les altres hipòtesis plantejades en el model conceptual, on s'apuntava que els atributs del medi construït d'àrees més pròximes als centres, en comparació als d'àrees perifèriques, estan més condicionats a la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers als seus entorns, cosa que dona com a resultat un increment (1) de la densitat de llocs de treball, (2) de diversitat de l'ús del sòl, (3) de la presència de facilitats urbanes, i (4) del balanç entre les funcions econòmiques i residencials (proporció de llocs de treball per habitatge). Per exemple, un augment del 10% en la proximitat entre una àrea i la ciutat central, quan s'exploren els determinants dels salaris, condueix cap a un increment d'un 2,03% de la densitat de llocs de treball, d'un 1,91% de la diversitat de l'ús del sòl, d'un 1,71% de la presència de les facilitats urbanes, i d'un 0,76% de la proporció de llocs de treball per habitatge (vegeu [Figura 5.5](#)).

D'altra banda, també es verifiquen empíricament les hipòtesis formulades en el model conceptual amb relació a la importància de considerar els efectes compostos dels atributs del medi construït, per tal de no subestimar o sobreestimar els seus efectes en els salaris i els costos de l'habitatge. Per exemple, l'elasticitat indirecta de la presència de facilitats urbanes en els costos de l'habitatge representa aproximadament un 15% del seu efecte total, mentre que l'efecte indirecte total de la proximitat a l'estació de transport públic comptabilitza una mica més d'un 90% del seu efecte total net (vegeu [Figura 5.7](#)).

Els efectes directes de la proximitat als centres secundaris són similars als de la proximitat a la ciutat central; no obstant, dos matisos es poden observar. En primer lloc, els efectes de la proximitat al centre secundari més proper són més importants. En concret, un augment d'un 10% en la proximitat entre una àrea i un centre secundari condueix cap a un increment d'un 1,90% dels salaris i d'un 3,19% dels costos de l'habitatge. En segon lloc, aquests efectes directes són incrementats per efectes indirectes de menys intensitat. En aquest sentit, l'elasticitat neta dels efectes indirectes relacionats amb la proximitat al centre secundari més proper representa un 21,30% quan es consideren els salaris, i un 28,75% quan s'han tingut en compte els costos de l'habitatge.

Similarment al que s'ha apuntat més amunt, la composició dels efectes indirectes de la proximitat al centre secundari més proper il·lustra, també, (1) la corroboració empírica que els atributs del medi construït d'àrees més pròximes als centres, en comparació als d'àrees perifèriques, estan determinats, en part, pels beneficis de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns, i (2) que l'efecte net indirecte que presenta una major magnitud és l'intercedit, únicament, per la presència de facilitats urbanes.

5.4.3.2 Els efectes de la mida dels centres

Els efectes compostos del policentrisme, considerant la mida dels centres, també confirmen empíricament les hipòtesis formulades pel model conceptual ([Figures 5.1 i 5.2](#)). L'elasticitat directa entre residir en centres, en lloc d'àrees perifèriques, i els salaris o els costos de l'habitatge és considerable i estadísticament significativa. En concret, l'avantatge salarial dels residents dels centres és d'un 57,2% en comparació als residents d'àrees perifèriques, mentre que el desavantatge residencial es situa en un 52,6%.

Aquests efectes directes són millorats per efectes indirectes positius (estadísticament significants o no), produint així com a resultat unes elasticitats netes totals de 0,606 amb relació als salaris i 0,664 amb relació als costos de l'habitatge. Les magnituds d'aquests efectes indirectes són rellevants, doncs el 5,68% de tot l'efecte total associat amb la mida dels centres en els salaris es produeix de forma indirecte, mentre que amb relació als costos de l'habitatge, la contribució dels efectes indirectes és del 20,76%. Específicament, l'efecte indirecte net d'estar localitzat en centres en lloc d'àrees perifèriques en els salaris de les persones, intercedit per la densitat de llocs de treball, la presència de facilitats urbanes, la diversitat

de l'ús del sòl, i la proporció de llocs de treball per habitatge, és de 0,034⁴⁰ (vegeu [Figura 5.6](#)), mentre que l'efecte indirecte net respecte als costos de l'habitatge, intercedit per la densitat de llocs de treball i la presència de facilitats urbanes, és de 0,138⁴¹ (vegeu [Figura 5.8](#)).

A més, aquests efectes indirectes, associats amb la mida dels centres, confirmen part de les hipòtesis avançades pel model conceptual proposat en la [secció 5.2](#). Aquestes es basen en la noció que els centres són aquelles ciutats en una àrea metropolitana on es desenvolupen majors beneficis d'aglomeració que, al seu torn, proporcionen uns atributs del medi construït que condueixen els residents d'aquests centres al gaudiment d'una prima salarial, a la vegada que aquesta és compensada, en part, per un major cost de vida, implicant assumir costos de l'habitatge més alts. L'efecte indirecte net i estadísticament significatiu de la mida dels centres en els costos de l'habitatge, intercedit per la densitat de llocs de treball i la presència de facilitats urbanes, citat més amunt (0,138), emfatitza que les zones residencials dels centres, en comparació a les de les àrees perifèriques, estan influenciades per una configuració urbana més densa (45,8% més) i amb una major concentració de facilitats urbanes (28,3% més) que, al seu torn, augmenten indirectament els costos de l'habitatge (vegeu [Figura 5.8](#)). No obstant, l'efecte indirecte net de la mida dels centres en els salaris no és estadísticament significatiu, malgrat presentar un signe positiu (0,034) i una descomposició dels diversos efectes indirectes estadísticament significatius (vegeu en la [Figura 5.6](#), p. ex., l'efecte directe del lloc de residència 'centres', en comparació al lloc de residència 'àrees perifèriques', en la densitat de llocs de treball, presència de facilitats urbanes, diversitat de l'ús del sòl, i proporció de llocs de treball per habitatge), tal i com es plantejava en el model conceptual. Això s'explica ja que l'efecte directe de la diversitat de l'ús del sòl i de la proporció de llocs de treball per habitatge en els salaris no és estadísticament significatiu (vegeu [Figura 5.6](#) i [Taula 5.3](#)).

D'altra banda, la consideració dels efectes directes i indirectes dels diferents tipus de ciutat en la distribució espacial dels salaris, ratifica la importància de la dispersió de les economies d'aglomeració envers als seus entorns per l'augment dels salaris. Tal i com la [Figura 5.6](#) mostra, les persones que actualment viuen en les ciutats veïnes als centres disposen d'un avantatge salarial d'un 20,6% respecte als residents d'àrees perifèriques. Un altre exemple que ratifica els efectes de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres, és que les ciutats veïnes als centres, en comparació a les àrees perifèriques, gaudeixen d'un 10,6% més de densitat de llocs de treball, d'un 10,8% més de presència de facilitats urbanes, d'un 48,1% més de diversitat de l'ús del sòl, i d'un 44,9% més d'equilibri entre la concentració de funcions econòmiques i residencials, malgrat que això no s'hagi traduït en un efecte net indirecte en els salaris estadísticament significatiu, a causa dels efectes directes de la diversitat de l'ús del sòl i de la proporció de llocs de treball esmentats més amunt (vegeu [Figura 5.6](#)).

A més, la consideració dels efectes directes i indirectes dels diferents tipus de ciutat en la distribució dels costos de l'habitatge, posa de manifest que els costos d'aglomeració dels centres no s'estenen tan fàcilment des dels límits geogràfics dels centres cap a les àrees del seu entorn; és a dir, es mantenen a nivell local i no es dispersen o es regionalitzen a través de l'àrea metropolitana. Tal i com la [Figura 5.8](#) presenta, no existeix un clar desavantatge residencial entre localitzar-se a les ciutats veïnes als centres, en comparació a les àrees perifèriques, cosa que indicaria la conveniència de localitzar-se en aquests àrees intersticials entre els centres, doncs el gaudiment d'un avantatge salarial no aniria necessàriament lligat a assumir majors costos de l'habitatge. L'efecte directe (0,068) i indirecte net (0,045) entre localitzar-se en les ciutats veïnes als centres i els costos de l'habitatge no és estadísticament significatiu malgrat presentar un signe positiu (vegeu [Figura 5.8](#) i [Taula 5.4](#)).

40 $[(0,292 \times 0,066) + (0,574 \times 0,066) + (0,884 \times -0,024) + (0,350 \times -0,017) + (0,292 \times 0,304 \times 0,066) + (0,884 \times -0,171 \times 0,066) + (0,350 \times -0,113 \times 0,066) + (0,884 \times 0,238 \times -0,017) + (0,884 \times 0,238 \times -0,113 \times 0,066)]$.

41 $[(0,283 \times 0,275) + (0,458 \times 0,111) + (0,283 \times 0,290 \times 0,111)]$.

5.4.4 Policentrisme, mobilitat residencial, salaris i costos de l'habitatge

5.4.4.1 Mobilitat residencial des de i cap als centres, salaris i costos de l'habitatge

Les [Taula 5.5](#) i [5.6](#) presenten les elasticitats totals netes entre els salaris i el policentrisme ([Taula 5.5](#)) i entre costos de l'habitatge i el policentrisme ([Taula 5.6](#)), a partir de vincular l'estructura metropolitana amb les dinàmiques de canvi de residència de les persones, és a dir, amb la mobilitat residencial intrametropolitana. Quan es considera l'origen de la migració residencial (vegeu model 3-P2: columnes 2-3 de les [Taula 5.5](#) i [5.6](#)), els resultats mostren que les persones que abandonen un centre per re-localitzar-se en una altra àrea (això és, en un centre diferent del qual residien, en ciutats veïnes als centres, o en àrees perifèriques), han experimentat un decreixement del seu salari d'un 3,8% (vegeu [Taula 5.5](#)) i un increment d'un 11,2% dels costos de l'habitatge (vegeu [Taula 5.6](#)), en comparació a les persones que han migrat des d'àrees perifèriques. No obstant, aquests efectes totals no són estadísticament significatius. Similarmet, quan es considera la mobilitat residencial que s'origina en les ciutats veïnes als centres, les elasticitats total netes no són estadísticament significatives, tot i mostrar que les persones que han migrat des de les ciutats veïnes als centres han augmentat el seu salari un 1,8% més que les que ho han fet des de les àrees perifèriques d'una àrea metropolitana, però assumint també un 16,6% més de costos de l'habitatge.

En canvi, quan es considera la destinació de la migració residencial (vegeu model 4-P2: columnes 4-5 de les [Taula 5.5](#) i [5.6](#)), els resultats apunten que la mobilitat residencial orientada cap als centres és la que presenta un major avantatge salarial. Mentre que les persones que han migrat cap a un centre des d'una altra localització dins de l'àrea metropolitana (això és, des d'un centre diferent del qual residien, des de ciutats veïnes als centres, o des d'àrees perifèriques) han experimentat un augment d'un 70,4% del seu salari, en comparació a les persones que s'han re-localitzat cap a àrees perifèriques, la mobilitat residencial orientada cap a les ciutats veïnes als centres, amb relació a la orientada cap a àrees perifèriques, només pot augmentar els salaris en un 14,1%. No obstant, els resultats de la destinació de la migració residencial també mostren com les persones que han migrat cap a un centre són les que han hagut d'assumir majors costos de l'habitatge, en concret un 80,9% més en comparació a les persones que s'han re-localitzat cap a àrees perifèriques.

Aquestes elasticitats corroboren parcialment les hipòtesis plantejades pel model conceptual proposat per aquest estudi (vegeu [secció 5.2](#)) amb relació al policentrisme, mobilitat residencial, salaris i costos de l'habitatge. D'una banda, es confirma que les persones que migren cap als centres, en lloc d'altres destinacions, possiblement per accedir més fàcilment als seus majors beneficis d'aglomeració, experimenten un avantatge salarial a causa, probablement, de l'augment de la seva productivitat (p. ex., com a conseqüència de l'acumulació de coneixement), i un desavantatge residencial a causa, principalment, d'un major cost de vida. D'altra banda, no es corrobora que quan les persones migren des dels centres, en lloc d'altres tipus de ciutats, tant els salaris com els costos de l'habitatge es redueixen, ja que és més probable que la nova residència estigui localitzada en una àrea que presenti menys economies d'aglomeració (malgrat que l'elasticitat total neta amb relació als salaris sigui negativa tal i com s'esperava).

La raó més plausible per la qual aquest estudi obté un efecte total no estadísticament significatiu, en lloc de l'esperat significatiu i negatiu, tant pels costos de l'habitatge com pels salaris, podria tenir a veure amb el fet que les conseqüències negatives/positives d'abandonar un centre per una àrea perifèrica, o per una ciutat veïna als centres, es compensen quan la destinació és un centre amb un major nivell d'economies d'aglomeració que el de residència original. L'estudi dels efectes dels patrons d'interaccions entre diferents tipus de ciutats en els salaris i costos de l'habitatge quan s'ocasiona un canvi de residència, tal i com el següent apartat d'aquesta subsecció realitza, pot aportar nova llum en aquesta qüestió.

VARIABLE ENDÒGENA: SALARIS DE LES PERSONES < DETERMINANTS	MODEL 3-P2		MODEL 4-P2		MODEL 5-P3	
	EFECTES TOTALS ^A		EFECTES TOTALS ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Part fixa ^D						
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la mida dels centres						
Origen de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)	-0,038	-0,40; 0,33				
ciutats veïnes als centres	0,018	-0,30; 0,34				
Destinació de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)			0,704	0,43; 0,98		
ciutats veïnes als centres			0,141	0,02; 0,26		
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració						
Origen-destinació de la mobilitat residencial: d'àrees perifèriques a àrees perifèriques (referència)						
de centres a centres					0,570	0,27; 0,87
de centres a ciutats veïnes als centres					0,142	-0,15; 0,43
de centres a àrees perifèriques					0,022	-0,28; 0,32
de ciutats veïnes als centres a centres					0,684	0,34; 1,03
de ciutats veïnes als centres a ciutats veïnes als centres					0,144	-0,19; 0,48
de ciutats veïnes als centres a àrees perifèriques					-0,166	-0,45; 0,12
d'àrees perifèriques a centres					0,762	0,34; 1,19
d'àrees perifèriques a ciutats veïnes als centres					0,367	0,18; 0,55
Part aleatòria						
Variància nivell 1: salaris de les persones	0,809	0,77; 0,85	0,819	0,78; 0,86	0,804	0,76; 0,85
Variància nivell 2: salaris de les persones	0,679	0,45; 0,87	0,440	0,24; 0,66	0,555	0,42; 0,69
Altres paràmetres						
Intersecció: salaris de les persones	-0,963	-1,59; -0,35	-1,503	-1,97; -1,05	-1,239	-1,74; -0,77
Intersecció: densitat de llocs de treball	-0,633	-1,13; -0,15	-0,232	-0,49; 0,03	-0,595	-0,76; -0,44
Intersecció: diversitat de l'ús del sòl	-0,806	-1,14; -0,47	-0,374	-0,81; 0,05	-0,406	-0,67; -0,14
Intersecció: proporció de llocs de treball-habitatge	-0,714	-1,14; -0,29	-0,226	-0,61; 0,16	-0,968	-1,21; -0,73
Intersecció: presència de facilitats urbanes	-0,807	-0,86; -0,75	-0,377	-0,52; -0,23	-0,921	-1,10; -0,74
Observacions (nivell 1/nivell 2)	935/65		1.037/65		935/65	
Nombre de paràmetres lliures	47		47		77	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)	1,006		1,008		1,004	
Test de Kolmogorov-Smirnov (K-S/valor-P)	0,15/0,19		0,16/0,14		0,16/0,14	

TAULA 5.5 Efectes totals dels models d'equació estructural multinivell Bayesianos ajustats per l'estudi dels salaris de les persones: model 3-P2, model 4-P2 i model 5-P3

a. Els efectes totals mostrats en aquesta Taula 5.5 fan referència a la solució estandarditzada (els resultats referents als efectes directes i indirectes, conjuntament amb els de la solució no estandarditzada, estan disponibles a petició).

b. L'estimació representada en aquesta Taula 5.5 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesiana és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesiana conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat de l'estimació posterior no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és significatiu al 95 per cent.

d. En aquesta Taula 5.5 només es presenten els resultats dels efectes del policentrisme. Els efectes directes, indirectes, i totals de totes les altres variables incloses en la part fixa del model d'equació estructural multinivell Bayesianà ajustat (vegeu, p. ex., Figura 5.3) estan disponibles a petició.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirnov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

VARIABLE ENDÒGENA: COSTOS DE L'HABITATGE < DETERMINANTS	MODEL 3-P2		MODEL 4-P2		MODEL 5-P3	
	EFECTES TOTALS ^A		EFECTES TOTALS ^A		EFECTES TOTALS ^A	
	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C	ESTIMACIÓ POSTERIOR ^B	INTERVAL DE CREDIBILITAT ^C
Part fixa ^D						
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la mida dels centres						
Origen de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)	0,112	-0,14; 0,38				
ciutats veïnes als centres	0,166	-0,10; 0,43				
Destinació de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)						
centres (ciutat central i centres secundaris)			0,809	0,48; 1,14		
ciutats veïnes als centres			0,133	-0,13; 0,40		
Nivell 2 Policentrisme: efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració						
Origen-destinació de la mobilitat residencial: d'àrees perifèriques a àrees perifèriques (referència)						
de centres a centres					0,823	0,54; 1,11
de centres a ciutats veïnes als centres					0,142	-0,13; 0,41
de centres a àrees perifèriques					-0,032	-0,29; 0,23
de ciutats veïnes als centres a centres					0,866	0,56; 1,17
de ciutats veïnes als centres a ciutats veïnes als centres					0,094	-0,22; 0,41
de ciutats veïnes als centres a àrees perifèriques					-0,014	-0,31; 0,28
d'àrees perifèriques a centres					0,797	0,42; 1,17
d'àrees perifèriques a ciutats veïnes als centres					0,128	-0,21; 0,46
Part aleatòria						
Variància nivell 1: costos de l'habitatge	0,866	0,82; 0,91	0,684	0,63; 0,74	0,680	0,62; 0,74
Variància nivell 2: costos de l'habitatge	0,395	0,04; 0,79	0,398	0,25; 0,58	0,348	0,23; 0,47
Altres paràmetres						
Indicadors de manifest:						
Valoració de la qualitat ambiental (1)	0,786	0,71; 0,86	0,781	0,71; 0,75	0,787	0,72; 0,86
Valoració de la qualitat acústica (2)	0,790	0,72; 0,85	0,788	0,72; 0,76	0,792	0,72; 0,86
Valoració de l'estat de l'entorn (3)	0,810	0,75; 0,87	0,810	0,75; 0,87	0,813	0,75; 0,88
Valoració de la seguretat ciutadana (4)	0,869	0,81; 0,93	0,841	0,77; 0,91	0,867	0,79; 0,93
Valoració de la convivència (5)	0,868	0,80; 0,93	0,847	0,78; 0,91	0,868	0,80; 0,93
Correlació entre (1) i (2)	0,248	0,18; 0,32	0,234	0,16; 0,30	0,247	0,18; 0,32
Correlació entre (1) i (3)	0,042	-0,02; 0,10	0,049	-0,01; 0,10	0,040	-0,02; 0,09
Correlació entre (4) i (5)	0,089	0,02; 0,16	0,102	0,03; 0,18	0,091	0,02; 0,16
Intersecció: costos de l'habitatge	-0,401	-0,71; -0,10	-0,891	-1,14; -0,65	-0,708	-0,97; -0,44
Observacions (nivell 1/nivell 2)	788/65		907/65		788/65	
Nombre de paràmetres lliures	61		61		79	
Test de Reducció d'Escala Potencial (PSR)	1,008		1,006		1,010	
Test de Kolmogorov-Smirnov (K-S/valor-P)	0,13/0,34		0,16/0,14		0,16/0,14	

TAULA 5.6 Efectes totals dels models d'equació estructural multinivell Bayesianes ajustats per l'estudi dels costos de l'habitatge: model 3-P2, model 4-P2 i model 5-P3

a. Els efectes totals mostrats en aquesta Taula 5.6 fan referència a la solució estandarditzada (els resultats referents als efectes directes i indirectes, conjuntament amb els de la solució no estandarditzada, estan disponibles a petició).

b. L'estimació representada en aquesta Taula 5.6 fa referència a la mitjana de la distribució posterior del paràmetre en qüestió (els resultats tenint en compte la mediana o la moda estan disponibles a petició).

c. A diferència d'un interval de confiança convencional, l'interval de credibilitat Bayesianes és interpretat com a indicador de probabilitat sobre el paràmetre en si: un interval de credibilitat del 95% en l'estimació Bayesianes conté el valor vertader del paràmetre amb una aproximació del 95% de certesa. Si aquest interval de credibilitat no inclou el zero, llavors això indica que l'efecte és significatiu al 95 per cent.

d. En aquesta Taula 5.6 només es presenten els resultats dels efectes del policentrisme. Els efectes directes, indirectes, i totals de totes les altres variables incloses en la part fixa del model d'equació estructural multinivell Bayesianes ajustat (vegeu, p. ex., Figura 5.3) estan disponibles a petició.

Nota(es): els efectes estadísticament significatius al 95 per cent estan representats en negreta. En el test de Kolmogorov-Smirnov només es representa el paràmetre del model que presenta el valor més alt i menys significatiu.

5.4.4.2 Els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració

Les dues columnes més a la dreta de les [Taulas 5.5](#) i [5.6](#) presenten els resultats (això és, estimació posterior i interval de credibilitat del 95%) de l'efecte total de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració en els salaris ([Taula 5.5](#)) i els costos de l'habitatge ([Taula 5.6](#)), considerant la connexió entre l'estructura metropolitana i la mobilitat residencial intrametropolitana (model 5-P3). Les magnituds de les elasticitats netes i estadísticament significatives indiquen que aquelles migracions residencials que afavoreixen més l'accessibilitat de les persones a les economies d'aglomeració dels centres, ja sigui directament o indirectament, són les que condueixen cap a un major avantatge salarial i costos de l'habitatge més alts i, per tant, corroboren empíricament, així, la hipòtesi avançada pel model conceptual d'aquest estudi respecte a les migracions residencials, salaris i costos de l'habitatge.

En concret, fluxos de migració de persones més intensos des d'àrees perifèriques cap als centres condueixen cap a un augment salarial d'un 76,2%, en comparació als els que s'ocasionen entre àrees perifèriques d'una àrea metropolitana. De forma similar, la migració residencial des de ciutats veïnes als centres a centres i entre centres augmenten respectivament un 68,4% i un 57,0% més els salaris de les persones que la migració residencial entre àrees perifèriques. També és important incidir en la migració residencial des d'àrees perifèriques cap a les ciutats veïnes als centres, doncs aquest flux migratori, que millora l'accessibilitat indirecte de les persones a les economies d'aglomeració dels centres, presenta una elasticitat neta de 0,367; és a dir, augmenta un 36,7% més els salaris en comparació a la mobilitat residencial entre àrees perifèriques d'una àrea metropolitana.

Aquestes quatre elasticitats són el resultat d'efectes indirectes importants, intercedits per la densitat de llocs de treball, presència de facilitats urbanes, diversitat de l'ús del sòl, i proporció de llocs de treball per habitatge (resultats disponibles a petició). Específicament, la major proporció d'efecte total comptabilitzada per efectes indirectes és d'un 20,94%; aquests efectes indirectes estan associats als fluxos de persones de migració residencial entre centres, mentre que la menor proporció és d'un 11,92% i fa referència a la mobilitat residencial des de ciutats veïnes als centres cap a centres.

D'altra banda, els fluxos de migració que condueixen cap a majors costos de l'habitatge són els que s'ocasionen des de ciutats veïnes als centres a centres (augmenten un 86,6% més els costos de l'habitatge en comparació als fluxos de migració entre àrees perifèriques) seguits pels que s'ocasionen entre centres (un 82,3% més) i des d'àrees perifèriques cap als centres (un 79,7% més). La proporció dels efectes indirectes, en aquest cas, és un xic més important. En concret, la major proporció d'efecte total comptabilitzada per efectes indirectes és d'un 23,95%; aquests efectes indirectes estan també relacionats amb els fluxos de persones de migració residencial entre centres, mentre que la menor proporció és d'un 16,08% i també fa referència a la mobilitat residencial des de ciutats veïnes als centres cap a centres.

Finalment, és important indicar que el flux migratori des d'àrees perifèriques a les ciutats veïnes als centres no està estadísticament associat amb majors costos de l'habitatge, malgrat la millora d'accessibilitat indirecte de les persones a les economies d'aglomeració dels centres. Això pot indicar que una bona política territorial, per millorar les condicions de vida de les persones, és promoure una major mobilitat residencial des d'àrees perifèriques a les ciutats veïnes als centres, a causa de l'existència d'un avantatge salarial d'un 36,7% sense efectes compensatoris que condueixen cap a majors costos de l'habitatge.

5.4.5 Anàlisi de sensibilitat dels resultats

5.4.5.1 Prediccions Bayesiana Empírica

Una manera de comprovar la robustesa dels resultats obtinguts, és la d'il·lustrar com els salaris de les persones i els costos de l'habitatge varien a través dels 65 municipis disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona, segons l'edició del 2011 de l'ECVHP. Per fer-ho, aquest estudi considera la literatura economètrica sobre el modelatge multinivell (vegeu, p. ex., [Raudenbush i Bryk, 2002](#); [Snijders i Bosker, 2012](#)) i estima un model multinivell, només amb el terme d'intersecció aleatòria ('intercept-only model' en anglès), mitjançant el mètode de Màxima Versemblança, per després predir els residus de la intersecció fixa de cada municipi.

Les prediccions d'intersecció aleatòria poden ser enteses com una mesura d'eficiència territorial, perquè contribueixen a identificar quins municipis presenten un major avantatge salarial i quins un menor desavantatge residencial. Considerant l'estudi de [Skrondal i Rabe-Hesketh \(2009\)](#), aquest estudi utilitza les prediccions Bayesiana Empírica per calcular els residus al nivell del municipi. Les prediccions Bayesiana Empírica amb errors estàndard comparatiu ('comparative standard errors' o 'marginal prediction error standard deviation' en anglès) permeten, de forma acurada, una comparació entre clústers (això són, els municipis). La [Figura 5.9](#) mostra aquests residus en ordre de més negatius a més positius pels citats 65 municipis disponibles de la regió metropolitana de Barcelona, amb relació als salaris i als costos de l'habitatge. Les barres indiquen l'interval de credibilitat del 95% per les prediccions, mentre que els símbols d'aquestes (quadrat, cercles, triangles i aspes) fan referència al tipus de ciutat (p. ex., el quadrat fa referència a la ciutat central de Barcelona). La intersecció aleatòria predita per a un municipi és significativament diferent de la mitjana de la regió metropolitana de Barcelona, si el seu interval de credibilitat del 95% no interseca amb el 0 (línia representada per punts). Per tant, com més baix sigui el rànquing d'un municipi (valors més pròxims a 1), aquest presenta un avantatge residencial més important (comparativament, menys costos de l'habitatge), independentment de si la seva predicció d'intersecció aleatòria és també estadísticament diferent de la mitjana de la regió metropolitana. Similarment, com més alt sigui el rànquing d'un municipi (valors més pròxims a 65), aquest disposa d'un avantatge salarial més rellevant en comparació als altres municipis.

La comparació d'aquests residus mostra que la variació dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge segueix una distribució normal tal i com l'eix Y de les [Figures 5.9a i 5.9b](#) indica. Les interseccions aleatòries per a la majoria de centres (ciutat central i centres secundaris) són significativament majors que la mitjana de la regió metropolitana de Barcelona, indicant, doncs, que es produeix, generalment, un avantatge salarial i un desavantatge residencial més acusat en els centres que en les àrees perifèriques i en les ciutats veïnes als centres. Tal i com s'ha indicat amb anterioritat, això s'atribueix als atributs del medi construït dels centres, p. ex., major nivell de densitat de llocs de treball i presència de facilitats urbanes; que s'originen a partir del desenvolupament d'economies d'aglomeració potents en aquestes ciutats. En concret, els salaris són particularment alts en la ciutat central de Barcelona i en els centres secundaris de Terrassa, Vilanova i la Geltrú, Cornellà de Llobregat, Sant Cugat del Vallès, Sabadell, i L'Hospitalet de Llobregat. Similarment, els costos de l'habitatge són particularment acusats en la ciutat central de Barcelona i en els centres secundaris de Sant Cugat del Vallès, Rubí, El Prat de Llobregat, Badalona, Vilanova i la Geltrú, i Terrassa.

A més, les interseccions aleatòries de les ciutats veïnes als centres, en comparació a les de les àrees perifèriques, són significativament majors, amb més freqüència, que la de mitjana de la regió metropolitana de Barcelona, cosa que també reforça els resultats de l'anàlisi empírica anterior sobre els efectes directes i indirectes del policentrisme, doncs la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns i, per tant, els efectes de proximitat als centres, explicarien, p. ex., per què aquestes àrees més properes als centres presenten un avantatge salarial més alt.

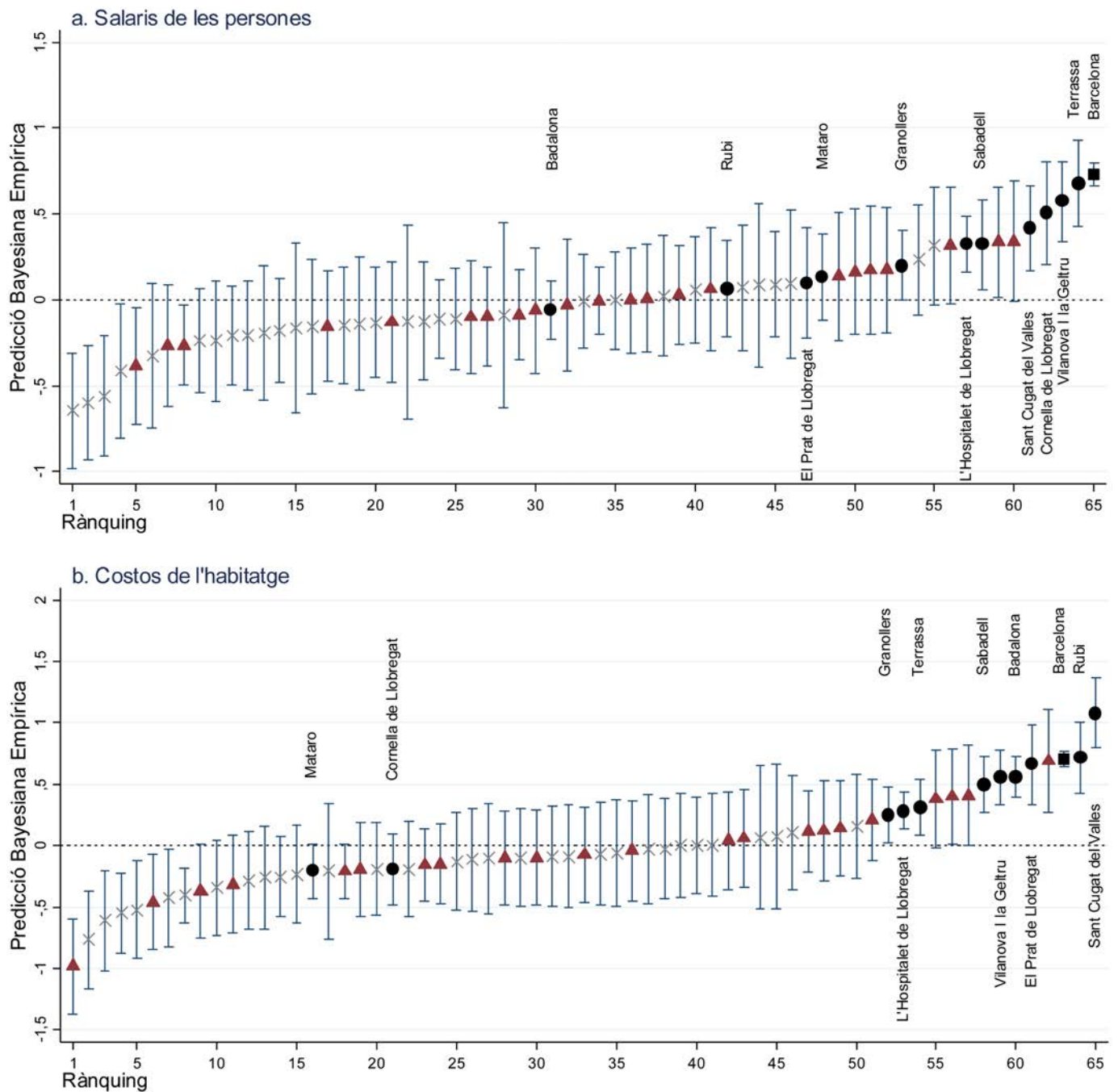


FIGURA 5.9 Gràfic de prediccions Bayesiana Empírica amb intervals de credibilitat aproximats al 95% en comparació amb el rànquing de salaris de les persones i costos de l'habitatge

Llegenda: la barra/es amb el quadrat negre representa/en els residus estimats per a la ciutat central (Barcelona), amb cercles negres pels centres secundaris, amb triangles vermells per a les ciutats veïnes i als centres i amb creus grises per a les àrees perifèriques.
 Nota(es): els identificadors dels centres (ciutat central i centres secundaris) estan ubicats tant a dalt com baix dels intervals de credibilitat.

5.4.5.2 Simulació Monte Carlo

Una segona manera de comprovar la robustesa dels efectes estimats del policentrisme en els salaris i costos de l'habitatge, és a partir de realitzar tests d'invariància; doncs, resultats positius en aquests tests permetrien a aquesta investigació controlar adequadament el fet d'haver considerat la regió metropolitana de Barcelona com a cas únic d'estudi i, per tant, poder generalitzar els resultats que es deriven de l'estimació

dels models d'equació estructural multinivell Bayesianes considerats en aquest estudi. Per fer-ho, aquest estudi utilitza la simulació Monte Carlo (vegeu els detalls d'aquesta eina economètrica de simulació, p. ex., a [Mooney, 1997](#)) i simula dos tipus d'escenaris, a partir dels paràmetres estimats en cada un dels models d'equació estructural multinivell; és a dir, mitjançant els efectes del policentrisme que s'obtenen en el model 1-P1, model 2-P2, model 3-P2, model 4-P2, i model 5-P3, tant amb relació a la distribució espacial dels salaris de les persones com a la dels costos de l'habitatge. El primer escenari simula el cas d'una àrea metropolitana de grans dimensions (això és, p. ex., de 250 municipis), mentre que el segon, simula el cas d'una àrea de petites dimensions (això és, p. ex., de 25 municipis).

L'obtenció de resultats positius en un test d'invariància està subjecte a quatre criteris: (1) els biaixos en els paràmetres no poden ser majors d'un 10%, (2) els biaixos en els errors estàndard dels paràmetres no poden ser superiors a un 5%, (3) la proporció de les replicacions per la qual l'interval de confiança del 95% conté el valor del paràmetre vertader s'ha de situar entre un interval de valors de 0,91 a 0,98, i (4) la proporció de replicacions per la qual un paràmetre és estadísticament significatiu al 95% de confiança ha de ser superior a un valor de 0,80. Les [Taulas 5.7 i 5.8](#) mostren els resultats de la simulació Monte Carlo, considerant els dos escenaris citats més amunt i els efectes directes estimats del policentrisme, obtinguts prèviament per a cada una de les cinc especificacions de model definides per aquest estudi per explorar els determinants dels salaris ([Taula 5.7](#)) i dels costos de l'habitatge ([Taula 5.8](#)).

El primer criteri es pot avaluar a partir d'utilitzar la informació que apareix en les columnes 2 i 3 de les [Taulas 5.7 i 5.8](#) (p. ex., considerant el paràmetre de la columna 2 de la [Taula 5.8](#), que fa referència a l'efecte directe de la distància al centre secundari més proper, es determina el seu biaix a partir de la diferència entre el valor de l'estimació mitjana '0,3173' i el valor de la població '0,319' i el resultat d'això es torna a dividir pel valor de la població de '0,319'), mentre que els biaixos en els errors estàndard dels paràmetres s'obtenen de forma similar però utilitzant la informació que es mostra en les columnes 4 i 5. Al seu torn, les columnes 6 'cobertura (95%)' i 7 'significació del coeficient (%)' mostren la informació necessària, respectivament, per a la validació dels criteris 3 i 4 citats més amunt.

Considerant la simulació del primer escenari (àrea metropolitana de grans dimensions), s'obté un resultat positiu del test d'invariància. Tots els paràmetres relacionats amb els efectes directes al policentrisme presenten un biaix inferior al 10%, a la vegada que els errors estàndard d'aquests no superen el llindar màxim d'un 5% de biaix. A més, l'interval de valors de la proporció de les replicacions pel qual l'interval de confiança del 95% conté el valor del paràmetre vertader, es situa entre 0,930 i 0,956 considerant els salaris, entre 0,918 i 0,960 considerant els costos de l'habitatge, i el valor de la proporció de replicacions pel qual el paràmetre té un nivell de significació del 95% és generalment superior al 0,80 en tots dos casos. Només, quan es consideren els efectes de la mida dels centres amb relació a l'origen de la mobilitat residencial (model 3-P2) i els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (model 5-P3), la simulació Monte Carlo mostra com aquelles variables que ja no eren abans estadísticament significatives al 95% de confiança; p. ex., 'de centres a àrees perifèriques' (vegeu [Taula 5.5 i 5.6](#)), són les que, també ara, el seu valor de 'proporció de significació' és inferior de 0,80 (p. ex., 0,602 pel cas de la variable 'de centres a àrees perifèriques', quan es consideren els costos de l'habitatge tal i com mostra la [Taula 5.8](#)). En canvi, quan es considera la simulació del segon escenari (àrea metropolitana de petites dimensions), els resultats del test d'invariància no són del tot satisfactoris. D'una banda, el biaix dels errors estàndard dels paràmetres són superiors a un 5% en tots els casos. D'altra banda, l'interval de valors de la proporció de les replicacions pel qual l'interval de confiança del 95% conté el valor del paràmetre vertader es situa entre 0,656 i 0,834 considerant els salaris, entre 0,742 i 0,882 considerant els costos de l'habitatge, i el valor de la proporció de replicacions pel qual el paràmetre té un nivell de significació del 95% és molt inferior a 0,80.

SIMULACIÓ MONTE CARLO DELS EFECTES DEL POLICENTRISME OBTINGUTS EN ELS MODELS AJUSTATS ^a :		POBLACIÓ ^b	ESTIMACIÓ MITJANA ^b	DESVIACIÓ ESTÀNDAR ^c	ERROR ESTÀNDAR MITJÀ ^c	COBERTURA (95%)	SIGNIFICACIÓ DEL COEFICIENT (%)
ESCENARI 1: ÀREA METROPOLITANA (250 MUNICIPIS) ESCENARI 2: ÀREA METROPOLITANA (25 MUNICIPIS)							
MODEL 1 - P1	Policentrisme: efectes de la proximitat als centres						
	Distància a Barcelona (ciutat central)	-0,063 -0,063	-0,0635 -0,0645	0,0630 0,1376	0,0616 0,0948	0,932 0,804	0,836 0,318
	Distància al centre secundari més proper (inversa)	0,190 0,190	0,1900 0,1905	0,0420 0,0955	0,0405 0,0697	0,936 0,834	1,000 0,872
MODEL 2 - P2	Policentrisme: efectes de la mida dels centres						
	Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)						
	centres (ciutat central i centres secundaris)	0,572 0,572	0,5708 0,5620	0,1110 0,2555	0,1115 0,1845	0,946 0,800	1,000 0,896
	ciutats veïnes als centres	0,206 0,206	0,2066 0,2046	0,0890 0,1920	0,0851 0,1383	0,938 0,828	1,000 0,524
MODEL 3 - P2	Origen de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)						
	centres (ciutat central i centres secundaris)	0,070 0,070	0,0693 0,0637	0,2010 0,4708	0,1998 0,3354	0,942 0,814	0,118 0,204
	ciutats veïnes als centres	0,073 0,073	0,0748 0,0690	0,1610 0,3298	0,1539 0,2368	0,934 0,798	0,226 0,202
MODEL 4 - P2	Destinació de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)						
	centres (ciutat central i centres secundaris)	0,616 0,616	0,6149 0,6058	0,1450 0,3088	0,1456 0,2221	0,946 0,802	1,000 0,876
	ciutats veïnes als centres	0,153 0,153	0,1539 0,1524	0,1110 0,2262	0,1058 0,1628	0,930 0,824	0,988 0,358
MODEL 5 - P3	Policentrisme: efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració						
	Origen-destinació de la mobilitat residencial: d'àrees perifèriques a àrees perifèriques (referència)						
	de centres a centres	0,451 0,451	0,4569 0,4567	0,1840 0,8172	0,1810 0,4251	0,944 0,674	0,920 0,428
	de centres a ciutats veïnes als centres	0,036 0,036	0,0340 0,0385	0,1720 0,7521	0,1638 0,3970	0,940 0,664	0,060 0,342
	de centres a àrees perifèriques	-0,084 -0,084	-0,0865 -0,0922	0,1680 0,7009	0,1597 0,3761	0,930 0,666	0,140 0,312
	de ciutats veïnes als centres a centres	0,602 0,602	0,5979 0,6136	0,1860 0,7732	0,1774 0,4088	0,938 0,666	1,000 0,594
	de ciutats veïnes als centres a ciutats veïnes als centres	0,134 0,134	0,1326 0,1243	0,1840 0,7658	0,1830 0,4167	0,956 0,704	0,190 0,316
	de ciutats veïnes als centres a àrees perifèriques	-0,174 -0,174	-0,1794 -0,1894	0,1640 0,6698	0,1560 0,3691	0,930 0,688	0,370 0,324
	d'àrees perifèriques a centres	0,665 0,665	0,6660 0,6307	0,2000 0,9381	0,1945 0,4878	0,942 0,656	1,000 0,562
d'àrees perifèriques a ciutats veïnes als centres	0,361 0,361	0,3450 0,3936	0,1740 0,7955	0,1657 0,4241	0,942 0,658	0,806 0,356	

TAULA 5.7 Anàlisi de sensibilitat dels efectes del policentrisme: simulació Monte Carlo dels models d'equació estructural multinivell ajustats per l'estudi dels salaris de les persones

a. Els resultats representats en aquesta Taula 5.7 fan referència als efectes directes del policentrisme. Els resultats de la simulació Monte Carlo dels efectes indirectes i totals del policentrisme estan disponibles a petició.

b. Els valors en negreta representats en aquestes dues columnes indiquen que no existeix un biaix de més del 10 per cent entre el valor del paràmetre de població del model estimat a primera instància, p. ex., del model 1-P1, i el valor del paràmetre estimat a partir de la simulació Monte Carlo, aquest valor és la mitjana d'estimació de totes les repeticions realitzades.

c. Els valors en negreta representats en aquestes dues columnes indiquen que no existeix un biaix de més del 5 per cent entre el valor de desviació estàndard del paràmetre de població del model estimat a primera instància, p. ex., del model 1-P1, i el valor d'error estàndard del paràmetre estimat a partir de la simulació Monte Carlo, aquest valor és la mitjana d'estimació de totes les repeticions realitzades.

Nota(es): la simulació Monte Carlo d'ambdós escenaris es duu a terme a partir de considerar 500 repeticions. L'escenari 1, que simula el cas d'una àrea metropolitana de grans dimensions, defineix 12.500 observacions equidistribuïdes a través de 250 municipis, mentre que l'escenari 2, que simula el cas d'una àrea metropolitana de petites dimensions, considera 1.250 observacions equidistribuïdes a través de 25 municipis.

SIMULACIÓ MONTE CARLO DELS EFECTES DEL POLICENTRISME OBTINGUTS EN ELS MODELS AJUSTATS ^A :		POBLACIÓ ^B	ESTIMACIÓ MITJANA ^B	DESVIACIÓ ESTÀNDAR ^C	ERROR ESTÀNDAR MITJÀ ^C	COBERTURA (95%)	SIGNIFICACIÓ DEL COEFICIENT (%)	
ESCENARI 1: ÀREA METROPOLITANA (250 MUNICIPIS) ESCENARI 2: ÀREA METROPOLITANA (25 MUNICIPIS)								
MODEL 1-P1	Policentrisme: efectes de la proximitat als centres							
	Distància a Barcelona (ciutat central)	-0,317 -0,317	-0,3182 -0,3134	0,0720 0,1571	0,0703 0,1190	0,946 0,828	1,000 0,862	
	Distància al centre secundari més proper (inversa)	0,319 0,319	0,3173 0,3194	0,0500 0,1216	0,0498 0,0875	0,944 0,822	1,000 0,958	
MODEL 2-P2	Policentrisme: efectes de la mida dels centres							
	Lloc de residència: àrees perifèriques (referència)							
	centres (ciutat central i centres secundaris)	0,526 0,526	0,5234 0,5349	0,1450 0,3285	0,1392 0,2514	0,928 0,876	1,000 0,976	
	ciutats veïnes als centres	0,068 0,068	0,0654 0,0686	0,1160 0,2649	0,1124 0,1916	0,928 0,836	0,344 0,198	
MODEL 3-P2	Origen de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)							
		centres (ciutat central i centres secundaris)	0,003 0,003	0,0032 0,0031	0,1470 0,2342	0,1404 0,2016	0,940 0,882	0,062 0,120
		ciutats veïnes als centres	0,135 0,135	0,1345 0,1370	0,1270 0,1884	0,1310 0,1429	0,958 0,832	0,998 0,476
MODEL 4-P2	Destinació de la mobilitat residencial: àrees perifèriques (referència)							
		centres (ciutat central i centres secundaris)	0,604 0,604	0,6012 0,6134	0,1640 0,3582	0,1571 0,2748	0,918 0,880	1,000 0,978
		ciutats veïnes als centres	0,079 0,079	0,0760 0,0797	0,1280 0,2851	0,1571 0,2069	0,930 0,838	0,382 0,202
MODEL 5-P3	Policentrisme: efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració							
	Origen-destinació de la mobilitat residencial: d'àrees perifèriques a àrees perifèriques (referència)							
		de centres a centres	0,626 0,626	0,6257 0,6245	0,1560 0,5759	0,1525 0,3538	0,956 0,758	1,000 0,694
		de centres a ciutats veïnes als centres	-0,029 -0,029	-0,0268 -0,0265	0,1450 0,5203	0,1382 0,3297	0,934 0,764	0,068 0,234
		de centres a àrees perifèriques	-0,226 -0,226	-0,2240 -0,2314	0,1410 0,5426	0,1352 0,3171	0,926 0,748	0,602 0,310
		de ciutats veïnes als centres a centres	0,727 0,727	0,7276 0,7266	0,1560 0,5758	0,1608 0,3496	0,960 0,758	1,000 0,788
		de ciutats veïnes als centres a ciutats veïnes als centres	0,075 0,075	0,0740 0,0683	0,1590 0,5712	0,1579 0,3447	0,940 0,750	0,106 0,258
		de ciutats veïnes als centres a àrees perifèriques	-0,028 -0,028	-0,0261 -0,0304	0,1450 0,5274	0,1387 0,3098	0,938 0,760	0,068 0,248
		d'àrees perifèriques a centres	0,607 0,607	0,6065 0,6131	0,1920 0,6424	0,1827 0,4115	0,940 0,782	1,000 0,640
	d'àrees perifèriques a ciutats veïnes als centres	0,129 0,129	0,1370 0,1215	0,1690 0,6273	0,1615 0,3591	0,946 0,742	0,294 0,290	

TAULA 5.8 Anàlisi de sensibilitat dels efectes del policentrisme: simulació Monte Carlo dels models d'equació estructural multinivell ajustats per l'estudi dels costos de l'habitatge

a. Els resultats representats en aquesta Taula 5.8 fan referència als efectes directes del policentrisme. Els resultats de la simulació Monte Carlo dels efectes indirectes i totals del policentrisme estan disponibles a petició.

b. Els valors en negreta representats en aquestes dues columnes indiquen que no existeix un biaix de més del 10 per cent entre el valor del paràmetre de població del model estimat a primera instància, p. ex., del model 1-P1, i el valor del paràmetre estimat a partir de la simulació Monte Carlo, aquest valor és la mitjana d'estimació de totes les repeticions realitzades.

c. Els valors en negreta representats en aquestes dues columnes indiquen que no existeix un biaix de més del 5 per cent entre el valor de desviació estàndard del paràmetre de població del model estimat a primera instància, p. ex., del model 1-P1, i el valor d'error estàndard del paràmetre estimat a partir de la simulació Monte Carlo, aquest valor és la mitjana d'estimació de totes les repeticions realitzades.

Nota(es): la simulació Monte Carlo d'ambdós escenaris es duu a terme a partir de considerar 500 repeticions. L'escenari 1, que simula el cas d'una àrea metropolitana de grans dimensions, defineix 12.500 observacions equidistribuïdes a través de 250 municipis, mentre que l'escenari 2, que simula el cas d'una àrea metropolitana de petites dimensions, considera 1.250 observacions equidistribuïdes a través de 25 municipis.

No obstant, aquests resultats del test d'invariància, quan es considera l'escenari d'una àrea metropolitana de petites dimensions, tenen el seu fonament teòric i, per tant, no suposen un problema per a la validació dels resultats obtinguts en els diferents models d'equació estructural multinivell Bayesianes estimats prèviament. Segons la literatura acadèmica (vegeu, p. ex., [Arribas-Bel i Sanz-Garcia, 2014](#); [McMillen i Smith, 2003](#)) una estructura policèntrica es forma en una àrea metropolitana quan aquesta és suficientment gran; en el cas contrari, és a dir, en àrees metropolitanes de petites dimensions, l'estructura espacial metropolitana dominant és la monocèntrica, perquè és la que genera els majors beneficis d'aglomeració sense experimentar encara costos d'aglomeració importants.

§ 5.5 Conclusió i discussió

Aquest capítol s'ha concentrat en examinar fins a quin cert punt l'estructura metropolitana policèntrica de Barcelona influeix en les condicions de vida de les persones, a partir de considerar els salaris i els costos de l'habitatge. La pregunta de recerca que ha servit de guia per assolir aquest objectiu ha estat: En quina mesura el policentrisme fomenta salaris de les persones més alts, a la vegada que mitiga els costos de l'habitatge, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial? Per tal de respondre adequadament aquesta pregunta de recerca, aquest estudi ha proposat un model conceptual integrant estudis previs sobre els determinants dels salaris i dels costos de l'habitatge en àmbits diferents—p. ex., en l'àmbit de l'economia urbana i de la geografia econòmica—i ha aplicat un marc empíric que pot abordar els problemes i biaixos identificats en la literatura existent, aportant així un millor coneixement de les raons per les quals hi han hagut discrepàncies en els escassos estudis acadèmics realitzats fins a la data sobre els efectes del policentrisme.

El model conceptual ha contribuït a la identificació de les relacions complexes entre el policentrisme, salaris, i costos de l'habitatge. Aquestes relacions inclouen tant efectes directes com indirectes, com a conseqüència de la influència del policentrisme, p. ex., en els atributs del medi construït. Aquests efectes compostos del policentrisme han conduït aquest estudi, doncs, a establir seqüències causals, p. ex., entre la densitat de llocs de treball i el policentrisme, d'una banda, i la presència de facilitats urbanes i el policentrisme, d'altra banda. A més, el model conceptual ha considerat els efectes directes dels atributs sociodemogràfics de l'individu en els salaris, i els efectes directes i indirectes de les característiques de l'habitatge i de la percepció subjectiva de les persones en els costos de l'habitatge. D'altra banda, el model conceptual també ha teoritzat, p. ex., sobre l'impacte indirecte del policentrisme en els costos de l'habitatge via la percepció subjectiva de les persones, quan aquestes valoren de forma subjectiva la facilitat d'accés a funcions urbanes de la qual disposen.

Aquest estudi és el primer en utilitzar el modelatge d'equació estructural multinivell Bayesianes en l'àmbit de recerca sobre els efectes del policentrisme en els salaris i els costos de l'habitatge. L'aplicació d'aquest marc empíric contribueix a evitar el risc de fal·làcia ecològica que existeix en els estudis que utilitzen dades agregades i permet l'ús de dades jeràrquiques, controlant adequadament les variacions micronivell. A més, l'aplicació d'aquest marc empíric permet identificar i estimar relacions casuales complexes, a la vegada que permet aprofitar millor el coneixement que es té sobre els paràmetres d'un model econòmic, ja que simula les distribucions posteriors dels paràmetres en base a la seva distribució a priori i a la funció de versemblança avaluada, fent servir les dades observades, conduint, així, cap a una obtenció dels paràmetres més robusta i amb menys biaix.

Tant el model conceptual com el marc empíric, estenen el coneixement actual sobre com el policentrisme exerceix un impacte en l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes a partir de considerar—tal i com el [capítol 2](#) d'aquesta tesi i [Masip-Tresserra \(2016\)](#) proposa—en primer lloc, els centres que defineixen una estructura policèntrica metropolitana, en lloc d'adoptar una definició generalista d'aquesta estructura metropolitana on els seus centres no són identificats i, en segon lloc, les dimensions diferents d'una estructura espacial policèntrica que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana—específicament, aquestes dimensions són (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica als centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial). A més, la consideració, p. ex., d'aquesta tercera dimensió de l'estructura policèntrica—que es tradueix en el marc empíric a partir d'examinar els patrons d'interacció entre diferents tipus de ciutats—ha permès a aquest estudi examinar, per primera vegada en la literatura acadèmica, l'impacte de la mobilitat residencial de les persones en els salaris i els costos de l'habitatge.

L'anàlisi empírica sobre els salaris de les persones ha il·lustrat, principalment, que una estructura metropolitana policèntrica està positivament associada amb majors salaris, com a conseqüència dels avantatges salarials que s'ocasionen en els centres que defineixen l'estructura policèntrica i en les àrees/ciutats del seu entorn. D'altra banda, l'anàlisi empírica sobre els costos de l'habitatge ha mostrat que una estructura metropolitana policèntrica mitiga els costos de l'habitatge, ja que manté les externalitats negatives de les economies d'aglomeració a nivell local i evitant, per tant, la seva dispersió a través de l'àrea metropolitana. Els resultats dels models d'equació estructural multinivell Bayesians indiquen que, tant la proximitat als centres com el tipus de ciutat (això és, considerant l'efecte de la diferent mida dels centres, de les ciutats veïnes als centres, i de les àrees perifèriques), i el tipus d'interacció (això és, considerant l'efecte dels vincles possibles entre aquests tres tipus de localitzacions citats més amunt), exerceixen un efecte total considerable i estadísticament significatiu en els salaris i els costos de l'habitatge.

Malgrat que la magnitud dels efectes nets del policentrisme és rellevant, però una mica inferior a la dels atributs sociodemogràfics de la persona (p. ex., la del nivell educatiu i edat) i a la de les característiques de l'habitatge (p. ex., la de la qualitat i règim de tinença de l'habitatge), quan s'han considerat els efectes de la proximitat als centres i, per tant, la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns, les magnituds dels efectes nets del policentrisme són, amb diferència, les més grans, quan els efectes de la mida dels centres s'han considerat i, encara una mica més, quan s'han considerat els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració.

D'altra banda, els resultats dels models ajustats han mostrat que és essencial considerar els efectes directes i indirectes del policentrisme, intercedit pels atributs del medi construït (p. ex., densitat de llocs de treball i presència de facilitats urbanes), per tal de no subestimar els seus efectes totals. Els efectes indirectes de la proximitat als centres representen aproximadament entre un 21,30% i un 51,35% dels efectes totals del policentrisme amb relació als salaris i entre un 28,75% i un 34,68% respecte als costos del l'habitatge, mentre que els de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració comptabilitzen al voltant d'un mínim d'un 11,92% i un màxim d'un 20,94% quan es consideren els salaris, i d'un mínim d'un 16,08% i un màxim d'un 23,95% quan s'han tingut en compte els costos de l'habitatge. Al seu torn, els efectes indirectes de la mida dels centres representen aproximadament un 20,76% dels seus efectes totals amb relació als costos de l'habitatge, i un 5,68% respecte als salaris de les persones. Aquests resultats són, doncs, d'importància, ja que demostren empíricament que els atributs del medi construït estan influenciats per l'existència de múltiples centres en una regió metropolitana, és a dir, per les economies d'aglomeració dels centres i de la dispersió espacial d'aquestes a través del territori metropolità.

En resum, els resultats de l'anàlisi empírica sobre els salaris i els costos de l'habitatge fonamenten la idea que el desenvolupament territorial policèntric en una regió metropolitana influeix de forma significativa la distribució espacial dels salaris i els costos de l'habitatge, per tal de millorar les condicions de vida de les persones. A més, es pot concloure que la dimensió més important d'una estructura policèntrica per fomentar majors salaris i mitigar els costos de l'habitatge és, generalment, el tipus d'interacció, seguit pel tipus de ciutat, que a la vegada és més important que la proximitat als centres.

5.5.1 Implicacions per a polítiques de planificació territorial

Els resultats empírics obtinguts són importants per a la planificació territorial, doncs informen sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial. En particular, els efectes estimats (elasticitats totals, directes, i indirectes, conjuntament amb les prediccions Bayesiana Empírica) de la relació entre policentrisme, salaris i costos de l'habitatge, poden ésser utilitzats a manera d'evidència informada per arquitectes, urbanistes i legisladors de política pública, amb l'objectiu d'elaborar recomanacions de desenvolupament territorial per a la regió metropolitana de Barcelona que millorin les condicions de vida de les persones i, indirectament, que s'augmenti el nivell de productivitat laboral i mitigui distribucions desequilibrades de la renda del sòl. Aquestes recomanacions, al seu torn, poden abordar les deficiències dels plans territorials que no han avaluat empíricament les implicacions econòmiques, socials, i ambientals de la seva estratègia de desenvolupament territorial—aquest és el cas del Pla Territorial Metropolità de Barcelona (PTMB) de l'any 2010 tal i com [Masip-Tresserra \(2016\)](#) emfatitza. Tres grans directrius d'evidència informada per a les polítiques de planificació territorial poden ser formulades en aquest sentit.

En primer lloc, la promoció d'estratègies de ciutat compacta ('compact city' en anglès) i/o desenvolupament orientat al transport públic ('transit-oriented development' en anglès), que es tradueixen, principalment, en la densificació i el desenvolupament d'usos mixtes (incloent la concentració de facilitats urbanes de primer ordre) dins d'un radi menor a un 1 km al voltant d'estacions existents o noves de transport públic, són molt més efectives per augmentar els salaris dels seus residents quan aquestes estratègies són implementades en centres existents. A més, aquestes estratègies de major desenvolupament urbà en els centres existents haurien d'incorporar propostes d'implementació d'habitatges socials per tal de garantir l'accés dels grups de població amb menys ingressos als beneficis d'aglomeració dels centres, tot evitant els seus costos d'aglomeració, és a dir, l'accés a importants avantatges salarials sense haver d'assumir costos d'habitatge més alts.

Per tant, sembla raonable que els legisladors de política pública haurien de concentrar els desenvolupaments previstos en la ciutat central i en els altres 12 centres (secundaris) identificats per [Masip-Tresserra \(2016\)](#), per tal d'assolir els objectius 5 i 7 del Pla Territorial Metropolità de Barcelona de l'any 2010 que diuen el següent: "*afavorir la cohesió social del territori i la prevenció de la segregació espacial de les zones urbanes...garantint nivells similars de renda per càpita i d'accessibilitat a serveis bàsics independentment del lloc de residència de les persones*" i "*proporcionar una política d'habitatge efectiva que reguli el futur desenvolupament urbà*" (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2010](#)). Es podrien prioritzar aquells centres que, ja sigui a causa de la seva mida o característiques del seu teixit residencial, són més eficients en l'augment dels salaris, tal i com les prediccions Bayesiana Empírica han il·lustrat—p. ex., aquests serien els casos de Barcelona i dels centres secundaris de Terrassa i Sant Cugat del Vallès.

En segon lloc, la implementació d'estratègies de ciutat compacta i/o desenvolupament orientat al transport públic es pot localitzar alternativament en les ciutats veïnes als centres, doncs, tal i com els resultats empírics mostren, aquestes àrees més pròximes geogràficament als centres són les que treuen més profit de la dispersió espacial de les economies d'aglomeració dels centres, a la vegada

que no es veuen afectades per les seves externalitats negatives, és a dir, p. ex., els avantatges salarials d'aquestes àrees pròximes als centres, sorgits de la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres, no són compensats per majors costos de l'habitatge, en comparació als costos de l'habitatge en les àrees perifèriques. Els actors d'elaborar polítiques de planificació territorial haurien de considerar, però, que com més lluny es localitzen els desenvolupaments urbans dels centres, més probable és que es redueixin els avantatges salarials. Una opció per considerar aquelles ciutats veïnes als centres més idònies per dur a terme aquesta directriu d'evidència informada, és identificar aquelles ciutats veïnes als centres que presentin un rànquing de prediccions Bayesiana Empírica, amb relació als salaris de les persones (vegeu [Figura 5.9a](#)), més alt (més pròxim a 65).

En tercer lloc, promoure més mobilitat residencial des d'àrees perifèriques cap als centres, des de ciutats veïnes als centres cap als centres i entre centres, d'una banda; i des d'àrees perifèriques cap a ciutats veïnes als centres, d'altra banda. Una manera de dur a terme aquesta directriu d'evidència informada és la de limitar el creixement en àrees localitzades a gran distància dels centres (aquestes àrees s'anomenen en aquest estudi 'àrees perifèriques'), a la vegada que es promou l'accés a habitatges als centres mitjançant la definició d'incentius fiscals i/o polítiques d'habitatge social que mitiguin els alts costos de l'habitatge dels centres.

En certa mesura, aquestes tres directrius d'evidència informada aporten nova llum en com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial. En el [capítol 6](#), on es presenten les [conclusions d'aquesta tesi](#), aquestes directrius d'evidència informada es combinen amb les directrius plantejades en els [capítols 3 i 4](#), per tal de proporcionar directrius d'evidència informada per a la regió metropolitana de Barcelona. A més, el [capítol 6](#) formula les respostes a les quatre preguntes de recerca específiques (vegeu la [introducció d'aquesta tesi](#)) i finalitza amb una agenda per a la recerca i política territorial.

PART 3 **Reflexions sobre Policentrisme i
Eficiència Territorial**



6 Conclusions i agenda per a la recerca i política territorial

§ 6.1 Introducció

Malgrat els grans esforços realitzats pels acadèmics per estudiar l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració en les àrees metropolitanes, encara no existeix un consens sobre la conceptualització (és a dir, la identificació i mesura) del policentrisme i dels seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals. A més, en l'àmbit de la política de planificació territorial, encara es sap poc sobre com es pot conceptualitzar el desenvolupament policèntric en els plans territorials i com els suposats beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial. Això ocórrer malgrat el fet que més del 75 per cent dels plans territorials recentment desenvolupats per a les grans àrees metropolitanes en països de l'OECD consideren el desenvolupament policèntric com la millor estratègia per gestionar el desenvolupament urbà. És crucial, doncs, adquirir més coneixement sobre les constel·lacions policèntriques i els seus efectes econòmics, socials i ambientals per a la praxi i la política de la planificació territorial. Un profund coneixement d'aquestes relacions ajudaria a fer front amb èxit als reptes econòmics, socials i ambientals imminents per a les persones que actualment viuen en aglomeracions metropolitanes; aquesta població representa aproximadament el 50 per cent de la població mundial si es té en compte les poblacions metropolitanes i no metropolitanes en països de l'OECD a l'any 2014. Entre els reptes imminents més importants, s'hi troba la necessitat d'oferir un sistema de transport econòmic i eficient i un medi ambient sostenible, juntament amb la d'estendre l'accés a l'educació, als llocs de treball, a les funcions urbanes i a un habitatge decent per a un gran nombre de gent.

Tal i com s'ha indicat en el capítol introductori, aquesta problemàtica ha estat la motivació de l'estudi realitzat per Masip-Tresserra (2016), on s'ha definit una línia de recerca anomenada 'Policentrisme, Eficiència Territorial i Planificació Territorial' (*Polycentricity, Performance i Planning*), que es basa en examinar les múltiples i recíproques relacions teòriques i empíriques entre l'estructura espacial policèntrica de les àrees metropolitanes; l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes en termes de competitivitat econòmica, benestar social, i sostenibilitat ambiental; i com les àrees metropolitanes es planifiquen a través de l'elaboració de plans territorials. Malgrat les aportacions teòriques i empíriques al coneixement de les relacions entre policentrisme, eficiència territorial i planificació realitzades per op. cit., encara és necessari dur més investigació per continuar desenvolupant aquesta línia de recerca tot abordant els reptes i llacunes de recerca que no s'han pogut cobrir en la seva totalitat.

En el capítol 1, s'ha argumentat que aquests reptes fan referència principalment a la relació teòrica i empírica entre policentrisme i eficiència territorial, on es poden detectar dues qüestions problemàtiques rellevants. En primer lloc, la necessitat d'ampliar l'anàlisi empírica sobre els (des)avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme, per tal d'assolir conclusions més àmplies sobre els seus efectes i directrius d'evidència informada més exhaustives per a la política de planificació territorial. Una primera perspectiva podria produir avenços empírics en la relació entre policentrisme i eficiència territorial, a partir d'estendre l'objecte d'anàlisi des de les persones cap a les empreses i el seu comportament espacial. Una segona perspectiva seria considerar una gamma més àmplia d'indicadors de (des)avantatges econòmics, socials i ambientals; p. ex., considerant la productivitat laboral, la

desocupació, els patrons de mobilitat agregada, els costos de l'habitatge, els preus del sòl, els salaris de les persones, les emissions de CO₂ dels habitatges, i el consum de sòl.

En segon lloc, la necessitat de refinar el marc conceptual sobre l'exploració de la relació entre policentrisme i eficiència territorial per considerar la possibilitat que el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana cada cop sigui més dependent de les interaccions entre centres en xarxes a múltiples escales macroterritorials, és a dir, des de l'escala regional i estatal a l'escala internacional. Malgrat que un grup d'estudis afirma recentment que les xarxes entre ciutats a múltiples escales espacials i les externalitats que es desenvolupen a partir d'aquestes poden servir com un perfecte substitut dels beneficis de l'aglomeració en els sistemes urbans, conduint així cap a una reconsideració de les bases geogràfiques de les economies d'aglomeració (Burger et al., 2015; Meijers i Burger, 2017; Meijers et al., 2016), altres estudis indiquen que el desenvolupament de les economies d'aglomeració i el seu impacte en l'eficiència territorial és una combinació de la mida de les ciutats, de la proximitat a altres llocs i de la interacció entre ciutats (Masip-Tresserra, 2016), o que les externalitats de xarxes de ciutats no són necessàriament un perfecte substitut de les economies d'aglomeració a nivell de la ciutat (Glaeser et al., 2016). Abordar aquests dos grans problemes ha estat la motivació principal d'aquesta tesi: és a dir, produir avenços teòrics i empírics en la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració en les àrees metropolitanes i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals.

L'objectiu general d'aquesta tesi ha estat, doncs, contribuir al debat actual amb relació al vincle entre policentrisme i eficiència territorial (àmpliament interpretada com a rendiment *performance*) tant des del punt de vista teòric com empíric, és a dir, considerant les dues qüestions problemàtiques citades més amunt. En primer lloc, aquesta tesi ha tingut l'objectiu de renovar l'aproximació teòrica de la relació entre policentrisme i eficiència territorial, reunint conceptes de les externalitats de les economies d'aglomeració arrelats en disciplines diferents; d'una banda, conceptes sobre l'abast geogràfic de les externalitats de les economies d'aglomeració que han estat poc estudiats en la literatura actual sobre economia urbana i geografia econòmica, específicament el concepte d'*agglomeration shadows* i el de *borrowed size* i, d'altra banda, el concepte sobre l'abast macroterritorial de les externalitats de les economies d'aglomeració desenvolupat per la literatura sobre economia de les xarxes, específicament el concepte de *network externalities*. En segon lloc, la tesi ha tingut l'objectiu de produir avenços empírics respecte a la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i l'eficiència territorial en les àrees metropolitanes amb la finalitat posterior de traduir els efectes estimats d'aquesta relació en directrius d'evidència informada per a la política de planificació territorial. En concret, aquesta tesi s'ha enfocat en l'anàlisi empírica dels (des)avantatges del policentrisme respecte (1) a les activitats i externalitats de la mobilitat agregada de les persones, (2) a l'ús d'energia residencial, i (3) als salaris de les persones i costos de l'habitatge.

Per tal d'assolir aquests dos objectius, aquesta tesi ha desenvolupat part de la pregunta de recerca general '*En quina mesura el policentrisme fomenta una major eficiència territorial en una àrea metropolitana, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?*' a partir de respondre quatre preguntes de recerca específiques:

- 1 Com s'ha conceptualitzat la relació entre policentrisme i eficiència territorial en l'àmbit de la recerca, i com es pot renovar aquesta conceptualització per permetre una examinació més àmplia dels efectes del policentrisme?
- 2 En quina mesura el policentrisme fomenta un major ús del transport públic, un menor temps i distància de viatge, així com també menors emissions de CO₂ del transport, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?
- 3 En quina mesura el policentrisme redueix les emissions de CO₂ dels habitatges, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?

- 4 En quina mesura el policentrisme fomenta salaris de les persones més alts a la vegada que mitiga els costos de l'habitatge, i com els seus efectes es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial?

Cada un dels quatre capítols anteriors s'ha basat en una recerca independent que respon a aquestes quatre preguntes de recerca específiques. El desenvolupament de part de la resposta de la primera pregunta específica ha considerat les aglomeracions metropolitanes en països de l'OECD; entre aquestes aglomeracions s'hi troba la regió metropolitana de Barcelona, que és el cas d'estudi que aquesta tesi utilitza per abordar les respostes a les altres tres preguntes.

En aquest capítol final, les respostes a aquestes quatre preguntes de recerca es formulen en base a un sumari dels resultats de recerca obtinguts en els capítols anteriors, seguit d'una conclusió (secció 6.2). A causa de la seva extensió, les parts d'aquestes respostes que estan relacionades amb la definició de directrius d'evidència informada per a polítiques de planificació territorial es formulen en una secció separada (secció 6.3). Finalment, aquest capítol conclou amb una agenda per a la recerca i política territorial on es descriuen principalment els passos futurs a considerar per seguir desenvolupant la línia de recerca basada en l'examinació teòrica i empírica de les múltiples i recíproques relacions entre policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial en les aglomeracions metropolitanes (secció 6.4).

§ 6.2 Resultats de recerca: policentrisme i eficiència territorial

6.2.1 Avenços teòrics

El capítol 2 ha exposat els resultats de recerca amb relació a la primera pregunta de recerca específica i, per tant, ha contribuït a la literatura existent sobre el vincle entre el policentrisme i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals, a partir de dur a terme una revisió de l'estat de l'art i proposant avenços teòrics pel que fa a la conceptualització d'aquest vincle per permetre una examinació més àmplia dels efectes del policentrisme en l'eficiència territorial d'aglomeracions metropolitanes. Avenços teòrics s'han traduït en la proposta d'un nou marc teòric que ha considerat (1) la relació entre el policentrisme i les teories de l'aglomeració, partint dels mecanismes i externalitats de les economies d'aglomeració, així com també dels seus diferents àmbits (l'abast industrial, geogràfic i macroterritorial), (2) la integració de conceptes de les externalitats de les economies d'aglomeració que han estat poc estudiats en la literatura, com ara el de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities*, i (3) les limitacions de la literatura existent respecte als estudis empírics sobre els (des)avantatges de l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i amb relació a les recents reinterpretacions teòriques de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities*. A més, el capítol 2 ha facilitat una aplicació empírica d'aquest nou marc teòric proposat sobre la conceptualització entre policentrisme i eficiència territorial a partir de considerar les aglomeracions metropolitanes existents en països de l'OECD. En aquest sentit, aquest marc teòric proposat pel capítol 2 ha servit de guia per desenvolupar l'examinació dels (des)avantatges del policentrisme a l'escala intrametropolitana en la part empírica d'aquesta tesi (capítols 3, 4 i 5).

6.2.1.1 Revisió de l'estat de l'art i limitacions existents

La literatura existent ha fet progressos en l'exploració dels (des)avantatges econòmics, socials i ambientals del policentrisme a l'escala intrametropolitana, regional i interregional. Per exemple, estudis empírics sobre els efectes del policentrisme a l'escala intrametropolitana han il·lustrat que les externalitats positives de les economies d'aglomeració dels centres s'atenuen amb la distància, cosa

que proporciona uns majors avantatges urbans a les àrees del seu entorn en lloc de les més llunyanes mentre que els estudis empírics sobre els efectes del policentrisme a l'escala regional han emfatitzat que les estructures urbanes policèntriques poden proporcionar un major balanç entre els costos i beneficis de l'aglomeració en comparació a les estructures urbanes monocèntriques i que, per tant, tenen un major efecte positiu en l'eficiència territorial (vegeu, p. ex., [Taula 2.1 del capítol 2](#)).

No obstant, la manca de resultats concloents amb relació al rol del policentrisme envers l'eficiència territorial ha posat sobre la taula el repte de proposar un marc teòric més ampli i sistemàtic que intenti unificar l'existent recerca empírica fragmentada sobre els suposats avantatges d'una estructura espacial policèntrica de l'aglomeració. En el [capítol 2](#), s'ha argumentat que aquests resultats no concloents en la literatura actual sobre els efectes del policentrisme es poden explicar, no només per les diferents aproximacions existents sobre la definició i identificació del policentrisme a diverses escales territorials, sinó també per com aquestes aproximacions han mesurat els efectes del policentrisme. És a dir, (1) per la manca de consideració de tots els àmbits de les economies d'aglomeració (l'abast industrial, l'abast geogràfic i l'abast macroterritorial), tant de la literatura sobre la relació entre policentrisme i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals a l'escala intrametropolitana com de la literatura a l'escala regional, i (2) per l'existència d'aproximacions analítiques que defineixen les estructures urbanes policèntriques d'una manera massa general per abordar acuradament els efectes del policentrisme, doncs no identifiquen empíricament els centres que formen la pròpia estructura policèntrica i, per tant, dificulten l'examinació empírica dels efectes del policentrisme en base a les externalitats de les economies d'aglomeració que es desenvolupen per la co-existència de múltiples centres.

D'altra banda, la revisió de les recents reinterpretacions teòriques en la literatura sobre els conceptes originals de *borrowed size*, *agglomeration shadows*, i *network externalities* realitzada en el [capítol 2](#) ha mostrat que presenten qüestions que s'han d'abordar per interpretar més adequadament el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana policèntrica des de l'òptica de l'abast geogràfic i macroterritorial de les economies d'aglomeració. Aquestes qüestions són (1) la confusa i imprecisa definició d'àrea metropolitana i d'estructura policèntrica que els estudis que han reinterpretat aquests tres conceptes citats més amunt han considerat com a tal, per exemple, l'equivalència incorrecta entre MUA i àrea metropolitana, (2) els intents de desenvolupar 'nous termes' (p. ex., el *borrowed performance* i el de *borrowed function*) per descriure conceptes ja existents en la literatura (p. ex., els efectes de proximitat als centres), possiblement a causa de l'afany per distingir-se d'altres conceptes i així assolir un reconeixement en l'estudi del policentrisme i dels seus (des)avantatges, (3) a les reinterpretacions inexactes del concepte d'*agglomeration shadows*, com ho són aquelles que es basen en conceptualitzar aquests efectes de les 'ombres d'aglomeració' des d'una òptica estàtica de les externalitats de les economies d'aglomeració, cosa que contradiu l'essència del concepte original introduït pels models teòrics de la 'Nova Geografia Econòmica' i (4) els refinaments metodològics que es poden introduir en l'examinació empírica dels estudis que han explorat la seva reconsideració dels conceptes originals de 'mida prestada' i 'd'ombres d'aglomeració', com ho són la introducció del modelatge multinivell per controlar adequadament la variació interna (efectes intra-grupals) i transversal (efectes inter-grupals) i evitar així un biaix en els resultats obtinguts.

6.2.1.2 Proposta d'un marc teòric

La proposta d'un nou marc teòric elaborada en el [capítol 2](#) que pugui examinar més àmpliament els efectes del policentrisme en l'eficiència territorial a l'escala intrametropolitana ha abordat amb cura, doncs, aquestes sis qüestions, per tal de resoldre-les. En aquest sentit, el marc teòric sobre la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals que s'ha proposat en el [capítol 2](#) s'ha basat principalment en la consideració de les diferents dimensions d'una estructura espacial policèntrica que prenen part en el desenvolupament de

les economies d'aglomeració (i de les seves externalitats) en una àrea metropolitana, tot integrant els diferents àmbits de les economies d'aglomeració (industrial, geogràfic i macroterritorial) i els conceptes de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities*.

En concret, el marc teòric renovat sobre els efectes del policentrisme ha considerat quatre dimensions diferents. La primera dimensió fa referència a l'abast industrial de les economies d'aglomeració i, com a tal, ha considerat les externalitats de les economies d'aglomeració resultants de la mida dels centres (ciutat central i centres secundaris), és a dir, que es desenvolupen principalment a partir de les seves economies d'urbanització a l'escala local.

La segona dimensió fa referència a l'abast geogràfic de les economies d'aglomeració i, com a tal, ha considerat la dispersió o extensió espacial (geogràfica) de les externalitats de l'aglomeració dels centres envers les àrees del seu entorn, cosa que, a la vegada, ha permès la conceptualització dels efectes d'*agglomeration shadows* per explicar les dinàmiques d'aquestes àrees pròximes als centres a través del temps. Dispersió de les economies d'aglomeració dels centres que s'ha denominat en la literatura com 'els efectes de la proximitat als centres' i que el marc teòric proposat els equipara als efectes de *borrowed size*, quan aquests es desenvolupen a l'escala local, és a dir, entre centres i àrees del seu entorn.

La tercera i quarta dimensió fa referència a l'abast macroterritorial de les economies d'aglomeració i, com a tal, ha considerat les externalitats de les economies d'aglomeració que resulten d'explotar relacions i fluxos de xarxes de complementarietat (integració vertical) i cooperació (integració horitzontal) entre persones i empreses localitzades en centres. Aquestes externalitats s'han denominat en la literatura com a *network externalities* i el marc teòric proposat ha argumentat que es poden denominar com a efectes de *borrowed size* a escales territorials superiors a la local (p. ex., l'escala regional i internacional).

Mentre que la tercera dimensió, segons el marc teòric que s'ha proposat, es basa en el desenvolupament d'externalitats de les economies d'aglomeració que resulta d'explotar la mida agregada dels centres mitjançant la intensitat de la seva integració a l'escala metropolitana, la quarta dimensió es basa en el desenvolupament d'externalitats de les economies d'aglomeració mitjançant les interaccions entre centres en xarxes regionals, estatals i internacionals, és a dir, on la integració en xarxa és l'element clau pel desenvolupament de les economies d'aglomeració i la proximitat als centres és negligible.

Pertant, la conceptualització sobre la relació entre el policentrisme i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals proposada per aquest nou marc teòric ha argumentat que el desenvolupament de les economies d'aglomeració i de les seves externalitats en una àrea metropolitana és una combinació de la mida dels centres, de la proximitat a altres llocs i de la interacció entre centres en xarxes a múltiples escales territorials, des de l'escala metropolitana a l'escala regional, estatal i internacional. En aquest sentit, aquesta conceptualització és més àmplia que l'existent en els estudis actuals en la literatura, on només ha considerat com a dimensió d'anàlisi dels efectes del policentrisme la mida de o la proximitat a les ciutats, a la vegada que defuig dels plantejaments que han afirmat que les xarxes de ciutats a múltiples escales espacials i les externalitats que es desenvolupen a partir d'aquestes poden servir com a perfecte substitut dels beneficis de l'aglomeració en els sistemes urbans, conduint així cap a una reconsideració de les bases geogràfiques de les economies d'aglomeració (vegeu les explicacions i les cites bibliogràfiques que apareixen en el [capítol 2](#)).

La traducció d'aquestes quatre dimensions d'una estructura policèntrica en un marc empíric s'ha de realitzar segons el marc teòric proposat en el [capítol 2](#), a partir d'examinar els efectes (1) d'estar localitzat en els centres o orientat cap als centres, (2) d'estar localitzat a prop dels centres, i (3) dels patrons d'interacció

entre els centres a l'escala metropolitana, així com també (4) a l'escala regional, estatal i internacional. A més, la traducció d'aquestes dimensions via la consideració d'aquests tipus d'efectes permet, d'una banda, examinar els efectes de l'estructura urbana policèntrica a partir de considerar l'impacte de les economies d'aglomeració en la utilitat de les persones i de les empreses, cosa que evita el risc de fal·làcia ecològica i, d'altra banda, l'oportunitat d'explorar vincles innovadors entre diversos àmbits de recerca.

Tal i com s'ha argumentat en el [capítol 2](#), un exemple paradigmàtic és l'oportunitat de l'exploració innovadora del vincle entre la literatura sobre el policentrisme i les teories de l'aglomeració i la literatura sobre la mobilitat residencial. La raó que es sosté és que la mobilitat residencial és estesa cada cop més com una pràctica 'relacional' que vincula el canvi de residència a les connexions entre les persones a través del temps i a condicions estructurals (p. ex., oferta o demanda d'habitatge) i, per tant, la necessitat d'accés a les externalitats positives de l'aglomeració desenvolupades a través de xarxes de cooperació i complementaritat entre les persones i empreses (és a dir, efectes de *borrowed size* a múltiples escales) pot erigir-se com un factor més per motivar un desig, intenció, o decisió de realitzar un canvi de residència.

6.2.1.3 Il·lustració empírica: àrees metropolitanes en països de l'OECD

L'aplicació empírica d'aquest nou marc teòric, considerant les àrees metropolitanes en països de l'OECD, ha il·lustrat que existeix una desconexió entre la mida de les àrees metropolitanes i el desenvolupament d'externalitats positives de les economies d'aglomeració en aquestes àrees, és a dir, ha emfatitzat que existeixen àrees—i en particular, les localitzades en els Estats Units, Suïssa, Països Baixos, Alemanya, Canadà i Austràlia—que són capaces d'explotar la seva mida local per assolir més beneficis d'aglomeració (p. ex., PIB per càpita) que els que s'esperaria, en base únicament a la seva mida local, cosa que ha indicat, per tant, que els efectes de *borrowed size* no han ser entesos com una única particularitat dels sistemes urbans Europeus.

A més, la il·lustració empírica del marc teòric proposat en el [capítol 2](#) ha emfatitzat que els efectes de *borrowed size* augmenten generalment a mesura que, d'una banda, (1) la mida dels centres i (2) la seva integració espacial a xarxes internacionals també s'incrementa i, d'altra banda, (3) si l'organització espacial de l'aglomeració és policèntrica en lloc de monocèntrica, cosa que reforça el marc teòric proposat en el [capítol 2](#) sobre la relació entre policentrisme i eficiència territorial i, en concret, sobre la importància de considerar la mida dels centres i la seva integració a l'escala internacional. Per exemple, les àrees metropolitanes policèntriques més grans (les que presenten una població en el conjunt d'àrees centrals de més de 5 milions) en comparació a les monocèntriques més petites (les que presenten una àrea central de menys de 1,5 milions de persones) augmenten la probabilitat de *borrowed size* en un 39%, mentre que, quan es consideren les àrees metropolitanes monocèntriques més grans en comparació a les més petites, l'increment de la probabilitat de *borrowed size* és d'un 35,67%.

6.2.1.4 Conclusió

La conceptualització en la literatura actual sobre la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals, tant a l'escala intrametropolitana com a l'escala regional, presenten tres grans limitacions que obstaculitzen una examinació àmplia dels seus efectes i que, per tant, expliquen l'existència de resultats empírics no concloents sobre el rol del policentrisme envers l'eficiència territorial. En primer lloc, la manca de consideració de tots els àmbits de les economies d'aglomeració en un marc empíric per examinar-ne els seus efectes, específicament (1) l'abast industrial que fa referència principalment a les externalitats d'aglomeració desenvolupades a partir de les economies d'urbanització de les ciutats, (2) l'abast geogràfic que fa referència a la distància física

(proximitat geogràfica) en què les economies d'aglomeració tenen la capacitat d'exercir els seus efectes, i (3) l'abast macroterritorial que fa referència a les externalitats d'aglomeració que es desenvolupen a partir d'explotar relacions i fluxos de complementarietat i cooperació, tant entre ciutats pròximes entre elles com distants. En segon lloc, l'existència d'aproximacions poc acurades per definir les estructures policèntriques, on no s'identifiquen empíricament els centres que les formen i que, per tant, dificulten l'exploració empírica dels (des)avantatges del policentrisme en base a les externalitats d'aglomeració de la co-existència de múltiples centres. En tercer lloc, les limitacions existents en les recents reinterpretacions teòriques en la literatura sobre els conceptes originals de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities* dificulten una interpretació adequada del desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana policèntrica des de l'òptica de l'abast geogràfic i macroterritorial de les economies d'aglomeració. Exemples rellevants d'aquestes limitacions inclouen, p. ex., la proposta de 'nous termes' (p. ex., el de *borrowed performance* i el de *borrowed function*) per descriure conceptes ja existents en la literatura (p. ex., els efectes de proximitat als centres), possiblement a causa de l'afany d'assolir així un major reconeixement i posicionament dins de la literatura.

La renovació d'aquesta conceptualització, que es formula en una proposta d'un nou marc teòric que permeti una examinació més àmplia dels efectes del policentrisme, ha de considerar que el desenvolupament de les economies d'aglomeració i de les seves externalitats en una àrea metropolitana és una combinació de la mida dels centres, de la proximitat a altres llocs i de la interacció entre centres en xarxes a múltiples escales territorials, des de l'escala metropolitana a l'escala regional, estatal i internacional. Dit d'una altra manera, l'examinació empírica dels (des)avantatges de l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració ha d'explorar els efectes (1) de la mida dels centres, (2) de la proximitat geogràfica dels centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), (3) dels patrons d'interacció entre centres a l'escala metropolitana (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) i, si és possible, (4) també a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial). Per tant, aquesta nova aproximació teòrica als (des)avantatges d'una estructura metropolitana policèntrica és més àmplia i acurada que l'existent en els estudis actuals en la literatura, a la vegada que defuig dels plantejaments que han afirmat que les xarxes de ciutats a múltiples escales espacials i les externalitats que es desenvolupen a partir d'aquestes poden servir com a perfecte substitut dels beneficis de l'aglomeració en els sistemes urbans, conduint així cap a una reconsideració de les bases geogràfiques de les economies d'aglomeració. En aquest sentit, la importància, tant de la mida dels centres com de la seva integració a l'escala internacional pel desenvolupament d'externalitats (positives) de l'aglomeració, s'ha corroborat empíricament a partir de considerar les àrees metropolitanes en països de l'OECD on s'ha emfatitzat, p. ex., que els efectes de *borrowed size* es produeixen en major mesura en les àrees metropolitanes dels Estats Units i que, per tant, no són una particularitat única dels sistemes urbans Europeus.

6.2.2 Avenços empírics

Els capítols 3, 4 i 5 han presentat els resultats de recerca en relació a la segona, tercera i quarta pregunta de recerca específica, respectivament i, per tant, han contribuït a la literatura existent sobre la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i l'eficiència territorial en les àrees metropolitanes a partir de produir avenços empírics en aquest vincle amb la finalitat posterior de traduir els efectes estimats del policentrisme en directrius d'evidència informada per a la política de planificació territorial. Els tres capítols han considerat el marc teòric proposat en el capítol 2 com a punt de partida per examinar els efectes del policentrisme i extreure així conclusions més àmplies sobre els seus efectes. És a dir, aquests capítols han considerat, sempre que ha estat possible per motius de dades disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona, les diferents dimensions d'una estructura espacial policèntrica que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana. Aquestes dimensions inclouen: (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica

dels centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), i (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana)⁴².

A més, l'anàlisi empírica dels efectes del policentrisme duta a terme en aquests tres capítols ha considerat la definició de centre proposada per Masip-Tresserra (2016) en lloc d'adoptar una definició generalista d'estructura policèntrica metropolitana, on els seus centres no són identificats i, per tant, una definició d'estructura policèntrica que dificulta l'exploració dels seus efectes en base a les externalitats de les economies d'aglomeració que es desenvolupen per la co-existència de múltiples centres. En concret, la definició adoptada de centre en aquesta tesi doctoral ha estat la següent⁴³: els centres que formen una estructura policèntrica d'una àrea metropolitana són aquelles ciutats que tenen el nivell més alt d'economies d'aglomeració en una àrea metropolitana i que projecten les ombres d'aglomeració de més ample abast (espacialment) i més potents sobre els seus entorns (vegeu Masip-Tresserra, 2016:145-188). En aquest sentit, el capítol 2 ha argumentat que una definició equivalent a aquesta seria que els centres són aquelles ciutats que tenen el nivell més alt d'economies d'aglomeració en una àrea metropolitana i que millor exploten la mida local dels seus entorns i la d'altres ciutats mitjançant la seva integració en xarxes a múltiples escales (p. ex., metropolitana, regional, estatal i internacional) per obtenir majors externalitats d'aglomeració que els que s'esperaria en base a la seva mida local.

La consideració de les tres dimensions citades més amunt han permès contribuir a la literatura d'altres àmbits de recerca, en tant que els capítols mencionats han explorat per primera vegada l'impacte de la mobilitat residencial en les emissions de CO₂ dels habitatges, els salaris de les persones, i els costos de l'habitatge. També, l'ús del modelatge d'equació estructural (multinivell) Bayesiana per part dels capítols 3, 4 i 5 són contribucions en l'àmbit de recerca dels (des)avantatges econòmics, socials i ambientals de les possibles organitzacions espacials de l'aglomeració (p. ex., del policentrisme) en àrees metropolitanes o regions urbanes—que engloba generalment estudis procedents de l'economia urbana, de la geografia econòmica, de la geografia urbana i de la geografia del transport—doncs no han estat aplicats encara malgrat els seus avantatges, tal i com ha estat detallat en els capítols pertinents.

D'altra banda, els models conceptuals, en els quals els diferents models d'equació estructural estimats en els capítols 3, 4 i 5 es fonamenten, han contribuït per si mateixos a la literatura, doncs a partir d'integrar, d'una banda, estudis previs sobre els determinants dels patrons de mobilitat agregada de les persones, emissions de CO₂ dels habitatges, salaris i costos de l'habitatge (p. ex., atributs del medi construït i característiques dels habitatges) i, d'altra banda, nous vincles causals en relació als efectes directes i indirectes de l'estructura urbana, han aportat un millor coneixement de les raons per les quals hi ha discrepàncies en la literatura existent sobre els efectes del policentrisme.

Mentre que el capítol 3 ha explorat la relació empírica entre el policentrisme i els patrons de mobilitat agregada de les persones en termes d'activitats (distància i temps de mitjana de viatge, i competitivitat relativa del transport públic) i externalitats (emissions mitjanes de CO₂ del transport), el capítol 4 s'ha centrat en les emissions de CO₂ dels habitatges i el capítol 5 en la distribució espacial dels salaris de les persones i costos de l'habitatge. A més, tal i com s'ha mencionat, els resultats de recerca d'aquests capítols han aportat un coneixement útil sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial.

42 La quarta dimensió del marc proposat en el capítol 2 (patrons d'interacció entre centres a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial) no ha estat possible considerar-la en l'anàlisi empírica d'aquesta tesi a causa de la manca de dades disponibles per a tots els centres i la resta de municipis de la regió metropolitana de Barcelona.

43 La consideració d'aquesta definició de centre s'ha traduït en la utilització dels 13 centres identificats per Masip-Tresserra (2016) per a la regió metropolitana de Barcelona en l'anàlisi empírica dels capítols 3, 4 i 5.

6.2.2.1 Beneficis en una estructura metropolitana policèntrica

L'anàlisi empírica del [capítol 3](#) ha emfatitzat principalment que una estructura metropolitana policèntrica està positivament associada amb temps i distàncies mitjanes de viatge més curts, amb menors emissions mitjanes de CO₂ del transport, i amb un major ús del transport públic. Similarment, l'anàlisi empírica del [capítol 4](#) ha mostrat que l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració està positivament relacionada amb menors emissions de CO₂ dels habitatges. Al seu torn, l'exploració empírica del [capítol 5](#) ha indicat, d'una banda, que una estructura metropolitana policèntrica està positivament associada amb majors salaris com a conseqüència dels avantatges salarials que s'ocasionen en els centres que defineixen l'estructura policèntrica i en les àrees/ciutats del seu entorn i, d'altra banda, que aquesta estructura policèntrica mitiga els costos de l'habitatge, ja que manté les externalitats negatives de les economies d'aglomeració a nivell local i evitant, per tant, la seva dispersió a través de l'àrea metropolitana.

Les estimacions dels models d'equació estructural (multinivell) Bayesianes han indicat que tant la proximitat als centres, com el tipus de ciutat (això és, considerant l'efecte de la diferent mida dels centres, de les ciutats veïnes als centres, i de les àrees perifèriques) i el tipus d'interacció (això és, considerant l'efecte dels vincles possibles entre aquests tres tipus de localitzacions citats més amunt) exerceixen un efecte total considerable i estadísticament significatiu en (1) el temps de mitjana de viatge, la distància de mitjana de viatge, les emissions de mitjana de CO₂ del transport, i la proporció de viatges amb transport públic; en (2) les emissions de CO₂ dels habitatges; i en (3) els salaris i costos de l'habitatge.

Malgrat que la magnitud dels efectes nets del policentrisme s'ha erigit com a rellevant, però una mica inferior a la de les característiques de l'habitatge (p. ex., la del tipus d'habitatge) i la dels atributs sociodemogràfics de la persona (p. ex., la del nivell educatiu i edat), quan s'han considerat els determinants de les emissions de CO₂ dels habitatges ([capítol 4](#)), dels salaris i dels costos de l'habitatge ([capítol 5](#)), conjuntament amb els efectes de la proximitat als centres—i per tant, la dispersió de les economies d'aglomeració dels centres envers els seus entorns—les magnituds dels efectes nets del policentrisme han esdevingut, amb diferència, les més grans quan s'han considerat els efectes de la mida dels centres i, encara una mica més, quan s'han considerat els efectes de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració. De forma similar, quan s'han considerat els determinants de diferents dimensions de la mobilitat agregada ([capítol 3](#)), els models Bayesianes ajustats han il·lustrat que les magnituds dels efectes nets del policentrisme són similars o, en algunes dimensions de la mobilitat agregada (p. ex., emissions de CO₂ del transport), més grans que les magnituds dels atributs sociodemogràfics i de l'habitatge dels municipis (p. ex., la del tipus d'habitatge: concentració d'habitatges de segona residència), quan els efectes de la mida dels centres s'han considerat i, un xic més, quan s'han tingut en compte els efectes de *borrowed size* entre centres a l'escala metropolitana.

En aquest sentit, tal i com s'ha argumentat en els [capítols 3, 4 i 5](#), la dimensió més important d'una estructura policèntrica per fomentar (1) un patró de mobilitat agregada socialment i ambientalment més eficient (això és, temps i distàncies mitjanes de viatge més curts, menors emissions mitjanes de CO₂ del transport, i una major competitivitat relativa del transport públic); (2) menors emissions de CO₂ dels habitatges; i (3) majors salaris i menors costos de l'habitatge, és generalment, el tipus d'interacció, seguit pel tipus de ciutat, que a la vegada és més important que la proximitat als centres. És a dir, les magnituds dels efectes de les diferents dimensions d'una estructura espacial policèntrica sostindrien que el procés de metropolitanització pot tenir un impacte positiu en l'eficiència territorial d'una àrea metropolitana quan es tradueix en una major integració (interacció) entre els centres d'aquesta àrea, i entre les àrees perifèriques o les ciutats veïnes als centres i els centres. Per exemple, els models d'equació estructural multinivell Bayesianes ajustats en el [capítol 5](#) han emfatitzat que la tipologia de mobilitat residencial que està associada amb majors avantatges salarials és la migració de persones des d'àrees perifèriques cap als centres, seguit per la que s'origina des de les ciutats veïnes als centres cap als centres i per la que es genera entre centres.

D'altra banda, els resultats obtinguts dels models d'equació estructural (multinivell) Bayesianes han mostrat que és essencial considerar els efectes directes i indirectes del policentrisme intercedit pels atributs del medi construït (p. ex., densitat de llocs de treball i presència de facilitats urbanes) i per les característiques de l'habitatge (p. ex., tipus d'habitatge) per tal de no subestimar els seus efectes totals. En relació amb els patrons de mobilitat agregada, els efectes indirectes significatius de la proximitat als centres han representat aproximadament entre un 46,67% a un 66,10% dels efectes totals del policentrisme, mentre que els de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració comptabilitzen al voltant d'un mínim d'un 57,77% i d'un màxim d'un 93,04%. Al seu torn, els efectes indirectes significatius dels centres han representat aproximadament des d'un 60,17% a un 89,14% dels efectes totals.

Similarment, i respecte a les emissions de CO₂ dels habitatges, els efectes indirectes del policentrisme han comptabilitzat entre un 36,03% a un 44,49% dels seus efectes totals quan s'ha considerat la proximitat als centres; un 40,15% quan s'ha tingut en compte la mida dels centres; i al voltant d'un mínim d'un 17,93% i d'un màxim d'un 53,88% quan s'han considerat els efectes de *borrowed size* entre centres a l'escala metropolitana. Al seu torn, els efectes indirectes del policentrisme han representat entre un 21,30% a un 51,35% dels seus efectes totals quan s'ha tingut en compte la proximitat als centres respecte als salaris i entre un 28,75% a un 34,68% en relació als costos de l'habitatge. Aquestes proporcions han representat un 5,68% i un 20,76%, respectivament, quan s'ha considerat la mida dels centres i han comptabilitzat entre un 11,92% a un 20,94% i entre un 16,08% a un 23,95%, respectivament, quan s'ha tingut en compte la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració.

Aquests resultats, tal i com s'ha raonat en els [capítols 3, 4 i 5](#), han demostrat empíricament que els atributs del medi construït i les característiques dels habitatges estan influenciats per l'existència de múltiples centres en una regió metropolitana, és a dir, per les economies d'aglomeració dels centres i per la dispersió espacial d'aquestes a través del territori metropolità. Més precisament, aquests resultats han demostrat empíricament que l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració en una àrea metropolitana afecta activament (directament) i passivament (indirectament) a (1) les activitats i externalitats de la mobilitat agregada de les persones, a (2) les emissions de CO₂ dels habitatges, i (3) als salaris i costos de l'habitatge.

Per exemple, els resultats del [capítol 4](#) han mostrat que les àrees més pròximes als centres, en comparació a les àrees perifèriques, presenten un major nivell de densitat de població i una major probabilitat que els seus residents seleccionin habitatges plurifamiliars. Això, al seu torn, provoca que les àrees properes als centres siguin energèticament més eficients que les perifèriques, doncs, tant la densitat de població com els habitatges plurifamiliars en lloc dels unifamiliars aïllats, estan positivament associats amb menors emissions de CO₂ dels habitatges. Per descomptat, tal i com els resultats dels models d'equació estructural multinivell Bayesianes ajustats en el [capítol 4](#) han indicat, els centres són els que treuen més profit d'aquests avantatges dels atributs del medi construït i de les característiques dels habitatges i, per tant, són les localitats energèticament més eficients.

6.2.2.2 Costos en una estructura metropolitana policèntrica

Els resultats obtinguts en el [capítol 3](#) han emfatitzat el rol de la congestió existent en els eixos de transport radials cap a la ciutat central envers el temps de mitjana de viatge de les persones. Més específicament, els models d'equació estructural Bayesianes ajustats han indicat que els residents d'una àrea localitzada a una major proximitat de la ciutat central tendeixen a realitzar desplaçaments amb un temps de mitjana de viatge major. Tal i com argumenta en el [capítol 3](#), la reducció de la velocitat de viatge a causa de la congestió existent en les vies d'accés a la ciutat central de Barcelona podria explicar aquesta relació positiva entre la proximitat a la ciutat central d'una àrea metropolitana i el temps de mitjana de viatge de les persones.

Malgrat que aquests efectes negatius de la congestió són mitigats per la influència indirecta dels efectes de la proximitat a la ciutat central (p. ex., les àrees més pròximes a la ciutat central presenten una major densitat de llocs de treball, concentració de facilitats urbanes i proximitat entre funcions econòmiques i residencials que, al seu torn, redueixen el temps de mitjana de viatge dels seus residents), aquests efectes indirectes només poden compensar al voltant d'un 50% dels efectes directes de la proximitat a la ciutat central en el temps de mitjana de viatge cosa que, per tant, reafirma que el desenvolupament d'estructura metropolitana monocèntrica (això és, p. ex., concentrant únicament futurs desenvolupaments urbans en la ciutat central), en comparació a una de policèntrica (això és, p. ex., concentrant futurs desenvolupaments urbans en múltiples centres secundaris), implicaria fer front a majors costos afegits des de la perspectiva de la mobilitat agregada de les persones.

D'altra banda, els resultats obtinguts en el [capítol 5](#) han indicat que existeixen majors desavantatges residencials per a les persones que viuen en els centres. En concret, els models d'equació estructural multinivell Bayesianos ajustats han mostrat que les persones que resideixen en els centres (ciutat central i centres secundaris) han de fer front a majors costos de l'habitatge (un 66,4% més) en comparació a les persones que viuen en àrees perifèriques. Les prediccions Bayesianes Empíriques han il·lustrat que els costos de l'habitatge són especialment alts en la ciutat central de Barcelona i en el centre secundari de Sant Cugat del Vallès. No obstant, els models Bayesianos ajustats en el [capítol 5](#) també han emfatitzat que localitzar-se en les ciutats veïnes als centres en lloc de fer-ho en àrees perifèriques no es tradueix en costos de l'habitatge més alts però sí que es tradueix en un avantatge salarial estadísticament significatiu (les persones que resideixen en ciutats veïnes als centres disposen d'una prima salarial d'un 19,8% en comparació a les que viuen en àrees perifèriques).

Tal i com s'ha raonat en el [capítol 5](#), aquests resultats posen de manifest que els costos (externalitats negatives) de l'aglomeració dels centres (p. ex., costos de l'habitatge més alts) no s'estenen espacialment tan fàcilment des dels límits geogràfics dels centres cap a les àrees del seu entorn; és a dir, es mantenen a nivell local i no es dispersen o es regionalitzen a través de l'àrea metropolitana amb la mateixa intensitat que sí que ho fan els beneficis (externalitats positives) de l'aglomeració dels centres (p. ex., majors salaris). L'exploració dels efectes de la mobilitat residencial en els costos de l'habitatge segons el tipus d'interacció (això és, considerant l'efecte dels vincles possibles entre diferents tipus de ciutat: centres, ciutats veïnes als centres, i àrees perifèriques) ho ha ratificat: p. ex., el flux migratori des d'àrees perifèriques a les ciutats veïnes als centres no està estadísticament associat amb majors costos de l'habitatge malgrat la millor accessibilitat indirecte de les persones a les economies d'aglomeració dels centres. Per tant, l'absència important de dispersió espacial de les externalitats negatives de les economies d'aglomeració dels centres envers les àrees del seu entorn reafirma la convivència de promoure un desenvolupament policèntric, en lloc d'un de monocèntric, per millorar les condicions de vida de les persones: p. ex., a partir de polítiques territorials que facilitin un major desenvolupament urbà d'aquestes àrees pròximes a i intersticials dels centres. La següent [secció 6.3](#) aborda aquest punt amb més detall.

6.2.2.3 Conclusió

Una estructura metropolitana policèntrica exerceix una influència considerable—tant activa com passiva—per augmentar l'eficiència territorial en una àrea metropolitana, a través de superar els reptes socials i ambientals que la mobilitat agregada de les persones origina, mitigar i adaptar el canvi climàtic mitjançant la reducció del consum d'energia relacionat amb el transport i els habitatges, i millorar les condicions de vida de les persones. Els efectes del policentrisme a partir de considerar (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica dels centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), i (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana)—i, per tant, examinant els efectes d'estar localitzat en els centres o orientat cap als centres, d'estar localitzat a prop dels centres, i dels patrons d'interacció entre els centres—són estadísticament significatius i de

magnitud considerable per tal de fomentar (1) un patró de mobilitat agregada socialment i ambientalment més eficient (això és, temps i distàncies mitjanes de viatge més curts, menors emissions mitjanes de CO₂ del transport, i una major competitivitat relativa del transport públic); (2) menors emissions de CO₂ dels habitatges; i (3) majors salaris i menors costos de l'habitatge. A més, la magnitud d'aquests efectes del policentrisme és generalment més gran que la dels efectes de les característiques específiques de les persones—és a dir, característiques sociodemogràfiques i percepcions subjectives (p. ex., edat, nivell educatiu, i valoració percebuda al barri/entorn)—de les característiques dels habitatges (p. ex., mida, qualitat i tipus d'habitatge) i dels atributs del medi construït (p. ex., densitat de llocs de treball i presència de facilitats urbanes). Més específicament, la dimensió més important d'una estructura metropolitana policèntrica per a fomentar una eficiència territorial més gran és, generalment, el tipus d'interacció, seguit pel tipus de ciutat, que a la vegada és més important que la proximitat als centres. Això indica que el procés de metropolitanització exerceix un impacte positiu en l'eficiència territorial d'una àrea metropolitana quan es tradueix en una major integració espacial (interacció)—i també en una major mobilitat residencial—(1) entre els centres d'aquesta àrea, (2) des d'àrees perifèriques o ciutats veïnes als centres cap als centres, i (3) des d'àrees perifèriques cap a ciutats veïnes als centres.

Partint d'aquests efectes, el desenvolupament policèntric fomenta una eficiència territorial més gran en la regió metropolitana de Barcelona, perquè ha influït de forma significativa en (1) les activitats i externalitats de la mobilitat agregada de les persones, (2) l'ús d'energia residencial, i (2) els salaris i costos de l'habitatge. En primer lloc, les persones que resideixen en els centres, en comparació a les que no hi resideixen, disposen d'un major avantatge salarial que es compensa, en part, per costos de l'habitatge més alts, viuen en habitatges que generen menys emissions de CO₂, utilitzen el transport públic més freqüentment i els seus desplaçaments de mitjana són més curts, de menys durada, i causen menys emissions de CO₂ relacionades amb el transport. En segon lloc, les persones que resideixen en àrees o ciutats a prop dels centres, en lloc de fer-ho en àrees o ciutats més lluny d'aquests, gaudeixen més intensament de la dispersió (extensió) espacial de les externalitats positives (beneficis) de les economies d'aglomeració dels centres envers les àrees del seu entorn, a la vegada que eviten les seves externalitats negatives (costos) ja que aquestes es mantenen localment; confinades en els límits geogràfics dels centres. En aquest sentit, les persones que viuen a prop dels centres exhibeixen un patró de mobilitat agregada més sostenible, gaudeixen d'una major prima salarial i els seus habitatges són energèticament més eficients, però no necessàriament més costosos. En tercer lloc, les persones que es desplacen entre centres presenten un patró de mobilitat més sostenible i les persones que migren cap als centres des d'altres localitzacions són les que viuen en habitatges energèticament més eficients i gaudeixen d'un major augment salarial mentre que les que ho fan des d'àrees perifèriques cap a ciutats veïnes als centres eludeixen un accés menys assequible a l'habitatge. En resum, el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una regió metropolitana policèntrica explica el perquè d'aquests tres resultats de recerca. Per tant, la traducció dels beneficis del policentrisme en polítiques de planificació territorial requereix la consideració simultània (1) de la mida dels centres, (2) de la mida dels centres i la proximitat (geogràfica) als centres, i (3) de la mida dels centres i la integració entre centres.

§ 6.3 Directrius d'evidència informada per a polítiques de planificació territorial

Els efectes estimats del policentrisme (p. ex., prediccions Bayesiana Empírica i elasticitats totals, directes i indirectes) que s'han obtingut en els [capítols 3, 4 i 5](#) donen lloc a l'elaboració d'un conjunt de directrius per a la política de planificació territorial, pel que fa al desenvolupament urbà, al desenvolupament d'infraestructures de transport, i a la mobilitat residencial, que poden millorar l'eficiència territorial de la regió metropolitana de Barcelona. Tal i com s'ha raonat en el [capítol 1](#),

aquestes polítiques de planificació territorial informen els autors dels plans territorials sobre com els beneficis del policentrisme es poden realitzar en la praxi de la planificació territorial i, per tant, els aporta un coneixement més acurat del desenvolupament policèntric, per tal de poder assolir amb més eficàcia els objectius econòmics, socials i ambientals dels plans territorials per a aglomeracions metropolitanes.

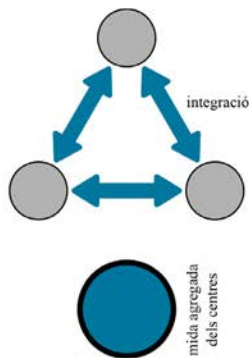
Un clar exemple és el Pla Territorial Metropolità de Barcelona (PTMB) del 2010, on s'ha advocat per una estratègia de desenvolupament territorial policèntrica, però sense duu a terme una anàlisi *ex ante* ni una avaluació d'impacte *ex post*, per tal d'examinar els efectes econòmics, socials i ambientals i les conseqüències que es deriven del seu model territorial policèntric amb la finalitat d'esbrinar fins a quin cert punt els seus objectius i propostes poden ser assolits. En aquest sentit, les directrius per a la política de planificació territorial que es poden elaborar en base als efectes estimats del policentrisme en aquesta tesi haguessin pogut ser utilitzades pels autors del PTMB, d'una banda, per definir propostes d'actuació dirigides a assolir d'una manera més eficaç els objectius del PTMB amb relació a promoure una mobilitat de costos socials reduïts que afavoreixi el transport públic, una major cohesió social del territori i una política de l'habitatge més efectiva (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2010](#)) i, d'altra banda, per incorporar (a causa de la seva omisió) propostes d'actuació que intentin mitigar i adaptar el canvi climàtic a partir de reduir les emissions de CO₂ dels habitatges i del transport.

En essència, la traducció dels beneficis del policentrisme en directrius d'evidència informada per a les polítiques de planificació territorial ha requerit la consideració de diverses dimensions d'una estructura espacial policèntrica que prenen part en el desenvolupament de les economies d'aglomeració en una àrea metropolitana: (1) la mida dels centres, (2) la proximitat geogràfica dels centres (efectes de *borrowed size* a l'escala local), i (3) la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana). La consideració d'aquestes dimensions, juntament amb les recomanacions de política territorial, es presenten en la següent [Figura 6.1](#). És important indicar que la [Figura 6.1](#) ordena les dimensions d'una organització espacial policèntrica de l'aglomeració ciutades més amunt segons la seva importància per a fomentar una major eficiència territorial en una àrea metropolitana. D'altra banda, és també important emfatitzar que les directrius d'evidència informada que s'elaboren a continuació podrien ser d'utilitat, tal i com els [capítols 3, 4 i 5](#) han argumentat, per a la futura 'Llei del Canvi Climàtic' de la Generalitat de Catalunya, que en aquests moments està en fase d'avantprojecte (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2015](#)) o en futurs treballs per a la renovació del 'Pacte Nacional per a l'Habitatge 2007-2016' (vegeu [Generalitat de Catalunya, 2007](#)).

6.3.1 Mida agregada dels centres mitjançant la seva integració: *borrowed size* entre centres

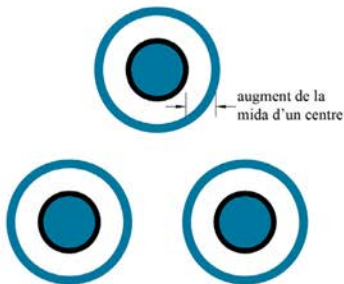
Quatre directrius principals per a la política territorial es poden definir per obtenir els beneficis d'una estructura metropolitana policèntrica associats amb els efectes de *borrowed size* entre centres (efectes que també s'han anomenat en aquesta tesi com els de la mida agregada dels centres mitjançant la seva integració). En primer lloc, és important promoure noves i més eficients xarxes de transport públic entre els centres per fer possible que aquests centres *borrow* la seva mida urbana, fet que dona com a resultat un desenvolupament més gran d'externalitats d'aglomeració que les que s'originarien si únicament explotessin la seva mida urbana per separat. Exemples il·lustratius d'aquesta primera directriu inclouen prioritzar les millores d'infraestructura, tant a la línia R9 de ferrocarril—que és la línia orbital de ferrocarril que connecta els centres secundaris (Vilanova i la Geltrú, Martorell, Sant Cugat del Vallès, Rubí, Terrassa, Sabadell, Granollers i Mataró)—com a altres xarxes de transport públic (tren o metro) que connecten la ciutat central de Barcelona amb centres secundaris—p. ex., Sant Cugat del Vallès (línia R3 de ferrocarril) i El Prat de Llobregat (línies L2 i L9 de metro).

A) Mida agregada dels centres mitjançant la seva integració: *borrowed size* entre centres



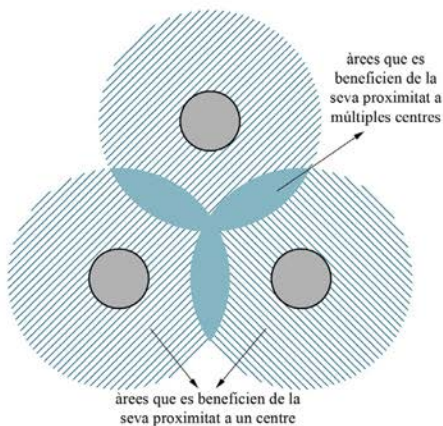
1. Promoure noves i més eficients xarxes de transport públic entre els centres per fer possible que aquests centres *borrow* la seva mida urbana, fet que dóna com a resultat un desenvolupament més gran d'externalitats d'aglomeració.
2. Augmentar la integració espacial i mobilitat residencial entre centres (metropolitanització) a través de promoure estratègies de 'ciutat compacta' i 'desenvolupament orientat al transport públic' que potenciïn la complementarietat entre els centres.
3. Promoure noves i més eficients xarxes de transport públic entre els centres i les àrees del seu entorn, per tal d'estimular interaccions i migració residencial cap als centres i augmentar, per part dels residents propers als centres, l'accés als beneficis d'aglomeració dels centres que estan integrats amb el seu centre més proper.
4. Promoure noves i més eficients xarxes de carretera entre els centres secundaris per tal de reduir la congestió al llarg dels eixos de transport radials orientats cap a la ciutat central de Barcelona i potenciar el desenvolupament d'efectes de *borrowed size* entre aquests centres secundaris.

B) Mida dels centres: externalitats d'aglomeració desenvolupades localment



5. Promoure estratègies de 'ciutat compacta' i 'desenvolupament orientat al transport públic' en els centres existents (ciutat central i centres secundaris) per estimular que més residents d'aquests centres puguin accedir als seus beneficis d'aglomeració.
6. Promoure la concentració de diferents tipus d'habitatge social en els centres existents, per tal de garantir l'accés dels grups de població amb menys ingressos als beneficis d'aglomeració dels centres, tot evitant els seus costos de l'aglomeració.

C) Proximitat als centres: *borrowed size* entre centres i el seu entorn



7. Promoure estratègies de 'ciutat compacta' i 'desenvolupament orientat al transport públic' en ciutats properes als centres per fer possible, d'una banda, que més residents d'aquestes àrees en els entorns dels centres puguin treure profit de la seva proximitat als beneficis d'aglomeració d'un o més centres, i d'altra banda, la potenciació d'efectes de *borrowed size* a partir que els centres explotin encara més la mida urbana de les àrees del seu entorn.
8. Promoure una major migració residencial des d'àrees localitzades a gran distància dels centres cap a les ciutats veïnes als centres o cap als centres i limitar el creixement en àrees perifèriques tant per reduir (el màxim possible) els alts costos de la mobilitat (distància i temps de desplaçament) que afecten els residents d'aquestes àrees perifèriques, com per disminuir les emissions de CO₂ relacionades amb el transport i l'habitatge.

FIGURA 6.1 Traducció dels efectes estimats del policentrisme en directrius d'evidència informada per a polítiques de planificació territorial

Nota(es): Aquestes tres dimensions diferents d'una estructura metropolitana policèntrica estan ordenades segons la seva importància per fomentar una major eficiència territorial en una àrea metropolitana. En concret, els efectes dels patrons d'interacció entre els centres (efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana) són generalment els més importants, p. ex., per augmentar els salaris de les persones d'una banda, i per reduir les externalitats negatives de la mobilitat agregada de les persones d'altra banda, és a dir, del temps de viatge, distància de viatge i emissions de CO₂ del transport.

Font: la representació gràfica de cada dimensió d'una estructura metropolitana policèntrica (p. ex., B. Mida dels centres) que apareix al marge esquerre de la Figura 6.1 està basada en la 'Figura 2.2' i 'la Figura 9.1' elaborades per Masip-Tresserra (2016:77-321).

En segon lloc, augmentar la integració espacial i mobilitat residencial entre centres (metropolitanització), a través de promoure estratègies de 'ciutat compacta' i 'desenvolupament orientat al transport públic' que potencïïn la complementarietat entre els centres a l'escala metropolitana en termes de sectors econòmics, ocupacions i funcions urbanes. Aquesta directriu per a la política territorial requereix que els legisladors de política pública prestin atenció al disseny urbà d'aquests desenvolupaments per impulsar els efectes positius de la integració espacial (o de *borrowed size*) entre centres. És a dir, l'èxit d'aquesta segona directriu requereix la identificació de quins són els tipus d'activitats econòmiques, de facilitats urbanes i de perfil ocupacional de residents més convenients per a cada nova àrea de 'ciutat compacta' o 'orientada al transport públic' que es localitza en centres existents. La raó és que una major complementarietat entre centres estimula una major interacció i integració entre les persones i empreses localitzades en aquests centres que, al seu torn, els permet explotar millor la seva mida agregada urbana (efectes de *borrowed size* entre centres). En aquest sentit, un consell pels legisladors de política pública és el de considerar el rol dels centres (ciutat central i centres secundaris) identificat per [Masip-Tresserra \(2016\)](#) a partir de mesurar el grau de policentrisme funcional per a la regió metropolitana de Barcelona i, més en concret, a partir d'examinar les relacions de complementarietat entre els centres.

En tercer lloc, promoure noves i més eficients xarxes de transport públic entre els centres i les àrees del seu entorn, per tal d'estimular interaccions i migració residencial cap als centres i augmentar, per part dels residents propers als centres, l'accés als beneficis d'aglomeració dels centres que estan integrats amb el seu centre més proper. D'aquesta manera, també s'estimula indirectament el desenvolupament d'efectes de *borrowed size* a l'escala metropolitana de més magnitud, doncs els centres, no només podrien explotar la mida local de les àrees del seu entorn, sinó que també podrien explotar part de la mida de les ciutats i àrees veïnes a altres centres. Exemples il·lustratius d'aquesta directriu inclouen prioritzar les millores d'infraestructures, tant a les línies R1 i R2 de ferrocarril (que connecten Terrassa i Sabadell respectivament, amb les ciutats i àrees del seu entorn) com a la línia TV9 de tram (que millora la connectivitat de Granollers amb aquelles àrees del seu entorn que estan orientades cap a Sabadell).

En quart lloc, promoure noves i més eficients xarxes de carretera entre els centres secundaris per tal de reduir la congestió al llarg dels eixos de transport radials orientats cap a la ciutat central de Barcelona i potenciar el desenvolupament d'efectes de *borrowed size* entre aquests centres secundaris. Un exemple paradigmàtic és prioritzar el desenvolupament de la Ronda del Vallès, una eix orbital de carretera al voltant de la ciutat central de Barcelona que millora la connectivitat entre els centres secundaris.

6.3.2 Mida dels centres: externalitats d'aglomeració desenvolupades localment

Dues directrius principals poden ser suggerides als legisladors de política pública per abordar com es poden realitzar els beneficis d'una estructura metropolitana policèntrica, relacionats amb els efectes de la mida dels centres en la praxi de la planificació territorial. En primer lloc, promoure estratègies de 'ciutat compacta' i 'desenvolupament orientat al transport públic' en els centres existents (ciutat central i centres secundaris) per estimular que més residents d'aquests centres puguin accedir als seus beneficis d'aglomeració. Un exemple rellevant d'aplicació d'aquesta directriu és la concentració d'aquests nous desenvolupaments, que es basen principalment en la densificació i el desenvolupament d'usos mixtes (incloent la concentració de facilitats urbanes de primer ordre) dins d'un radi menor a un 1 km al voltant d'estacions existents o noves de transport públic, en zones de sòl urbanitzable de centres secundaris pròxims entre ells (Sant Cugat del Vallès, Rubí, Terrassa, Sabadell, i Granollers), i preferiblement al voltant d'estacions de transport públic (p. ex., Rubí Nord, Sabadell Nord, i Granollers Sud). D'aquesta manera, es podria millorar la baixa eficiència que tenen alguns centres secundaris (p. ex., Rubí i Sant Cugat del Vallès) per reduir les emissions de CO₂ dels habitatges a causa de la seva relativa menor mida poblacional i característiques del seu teixit residencial (vegeu [Figura 4.7](#)). D'altra

banda, una idea per als legisladors de política pública per definir alguns d'aquests desenvolupaments és la de localitzar diferents activitats econòmiques i facilitats urbanes per estimular que més residents dels centres, no només puguin accedir als beneficis d'aglomeració del centre on viuen, sinó que també puguin accedir a les externalitats positives de les economies d'aglomeració d'altres centres.

En segon lloc, promoure la concentració de diferents tipus d'habitatge social en els centres existents, per tal de garantir l'accés dels grups de població amb menys ingressos als beneficis d'aglomeració dels centres, tot evitant els seus costos de l'aglomeració. Aquesta directriu permetria, doncs, que els grups de població més desfavorits (p. ex., persones fins a 35 anys) poguessin, p. ex., tenir accés a un major avantatge salarial sense haver d'assumir costos d'habitatge i de mobilitat més alts per a la realització de les seves activitats diàries. Exemples il·lustratius per aplicar aquesta directriu inclouen prioritzar la concentració d'habitatge social en la ciutat central de Barcelona i en els centres secundaris de Terrassa i Sant Cugat del Vallès, doncs són els centres que són més capaços de proporcionar majors primes salarials als seus residents (vegeu [Figura 5.9a](#)).

6.3.3 Proximitat als centres: *borrowed size* entre centres i el seu entorn

Dues directrius principals es poden elaborar per abordar com es poden realitzar els beneficis d'una estructura metropolitana policèntrica, associats amb els efectes de *borrowed size* entre els centres i les àrees del seu entorn (efectes que també s'han anomenat en aquesta tesi com els de la proximitat als centres), en la praxi de la planificació territorial. En primer lloc, promoure estratègies de 'ciutat compacta' i 'desenvolupament orientat al transport públic' en ciutats properes als centres per fer possible, d'una banda, que més residents d'aquestes àrees en els entorns dels centres puguin treure profit de la seva proximitat als beneficis d'aglomeració d'un o més centres i, d'altra banda, la potenciació d'efectes de *borrowed size* a partir que els centres explotin encara més la mida urbana de les àrees del seu entorn. Exemples il·lustratius per implantar aquesta directriu inclouen promoure desenvolupaments a Cerdanyola del Vallès, Montcada i Reixac, Santa Perpètua de Mogoda, Barberà del Vallès, Molins de Rei i Mollet del Vallès, ja que poden considerar-se ciutats petites (disposen de més de 20.000 habitants) i a causa de les seves considerables reserves de sòl urbanitzable, de la seva proximitat (simultània) a múltiples centres, i de la seva habilitat de poder integrar nous desenvolupaments urbans amb inversions previstes de transport públic (p. ex., estacions de ferrocarril de Cerdanyola Universitat i Parc Tecnològic). Una idea alternativa pels legisladors de política pública per prioritzar els desenvolupaments urbans a prop dels centres és que, com més pròxims estiguin aquests desenvolupaments a la ciutat central de Barcelona, el temps mitjà de desplaçament dels residents en aquestes noves àrees desenvolupades serà major a causa de la presència de congestió al llarg dels eixos de transport radials orientats cap a Barcelona. Aquesta idea implica que nous desenvolupaments urbans en les ciutats veïnes als centres de Sant Boi de Llobregat i Santa Coloma de Gramenet podrien ser menys convenients des del punt de vista dels costos de la mobilitat. No obstant, des del punt de vista de la millora de les condicions de vida de les persones, aquests dos nuclis urbans conjuntament amb el de Viladecans i Sant Andreu de la Barca podrien ésser d'interès, doncs són les ciutats veïnes als centres que presenten uns costos de l'habitatge més baixos (vegeu [Figura 5.9b](#)).

En segon lloc, promoure una major migració residencial, des d'àrees localitzades a gran distància dels centres cap a les ciutats veïnes als centres, o cap als centres, i limitar el creixement en àrees perifèriques, tant per reduir (el màxim possible) els alts costos de la mobilitat (distància i temps de desplaçament) que afecten els residents d'aquestes àrees perifèriques, com per disminuir les emissions de CO₂ relacionades amb el transport i l'habitatge. Una manera de duu a terme aquesta directriu podria ser a partir de la combinació de mesures de protecció ambiental amb d'altres en matèria d'habitatge, és a dir, p. ex., a partir d'incentivar la migració residencial de les persones que viuen en les àrees residencials amb més emissions de CO₂ dels habitatges, a través de definir desincentius, incentius fiscals i/o facilitats per accedir a habitatges de règim lliure o social localitzats en ciutats veïnes als centres.

§ 6.4 Agenda per a la recerca i política territorial

Després d'haver respost les quatre preguntes de recerca d'aquesta tesi i d'haver exposat les directrius d'evidència informada per a polítiques de planificació territorial, aquesta secció final presenta una agenda per a la recerca i política territorial que descriu els passos futurs a considerar per seguir desenvolupant la línia de recerca basada en l'examinació teòrica i empírica de les múltiples i recíproques relacions entre policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial en les àrees metropolitanes. Aquesta agenda s'elabora únicament a partir de considerar aquelles noves qüestions que han sorgit únicament de la recerca realitzada en aquesta tesi doctoral en els capítols 2, 3, 4 i 5. Els punts d'aquesta agenda, més els punts indicats anteriorment pel mateix autor d'aquesta tesi (vegeu Masip-Tresserra, 2016:323-325) i d'altres punts més enllà d'aquests seran considerats pròximament en recerca futura.

A més, aquesta secció final exposa les principals dificultats que aquesta tesi s'ha trobat per examinar empíricament la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals com a conseqüència de no disposar sempre de les dades desitjades o més recents per a la regió metropolitana de Barcelona. L'exposició d'aquestes dificultats s'haurien d'entendre com a reflexions (no obligacions) per ser considerades per institucions i òrgans que formen el 'Sistema Estadístic de Catalunya' (p. ex., l'IDESCAT) amb el fi de dotar els investigadors dins de l'àmbit de les ciències socials de dades territorials per a Catalunya que ja es disposen en altres indrets.

6.4.1 Policentrisme, eficiència territorial i planificació territorial

L'atenció en les activitats i externalitats dels patrons de mobilitat agregada de les persones, les emissions de CO₂ dels habitatges, els salaris de les persones i els costos de l'habitatge en l'anàlisi empírica d'aquesta tesi, s'ha d'estendre per continuar examinant els efectes del policentrisme en l'eficiència territorial de la regió metropolitana de Barcelona. A més, l'extensió d'aquesta anàlisi empírica entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals, pot facilitar l'elaboració de directrius més exhaustives d'evidència informada per a les polítiques de planificació territorial que abordin tots els objectius de planificació territorial (i en puguin d'incorporar de nous) respecte al Pla Territorial Metropolità del 2010. Una primera perspectiva d'investigació futura per abordar aquestes demandes és considerar com a objecte d'anàlisi les empreses i el seu comportament espacial en aglomeracions metropolitanes. Una segona perspectiva tindria com a objecte d'anàlisi altres d'indicadors de (des)avantatges econòmics, socials i ambientals; p. ex., considerant la productivitat laboral, la desocupació, i els preus i el consum de sòl.

Una de les contribucions teòriques i empíriques principals d'aquesta tesi ha estat la conceptualització (i posterior anàlisi empírica) del possible vincle entre la literatura sobre el policentrisme i les teories de l'aglomeració dins de l'àmbit de l'economia urbana i la geografia econòmica i la literatura sobre la mobilitat residencial de les persones dins de l'àmbit de la geografia i sociologia urbana. Tal i com aquest capítol i els anteriors exposen, la relació entre policentrisme i mobilitat residencial de les persones afecta significativament (1) les emissions de CO₂ dels habitatges, (2) els salaris de les persones, i (3) els costos de l'habitatge. No obstant, aquesta tesi no ha abordat els determinants per motivar un desig, intenció, o decisió de les persones per realitzar un canvi de residència des de la localització 'A' a la 'B'. Més recerca, doncs, és necessària per esbrinar quins són els determinants que promouen aquells tipus de mobilitat residencial, que aquesta tesi ha mostrat que milloren l'eficiència territorial d'una àrea metropolitana (p. ex., entre centres i des d'àrees perifèriques a ciutats veïnes als centres). La qüestió a plantejar, doncs, seria si la necessitat d'accés a les externalitats positives (i l'evasió de les externalitats negatives) de les economies d'aglomeració de les ciutats per part de les persones és un factor rellevant més, conjuntament amb els ja identificats pels

estudis existents sobre la mobilitat residencial (p. ex., avaluacions subjectives dels membres de la llar, xarxes socials de les persones, i voluntat de formar una família), per explicar o no la seva migració residencial.

6.4.2 Reflexions sobre necessitats futures de dades estadístiques

Més anàlisi empírica, en la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals, serà també oportuna quan bases de dades més recents, detallades i longitudinals (tant retrospectives com prospectives) per a la regió metropolitana Barcelona esdevinguin disponibles, doncs facilitaran l'elaboració de directrius d'evidència informada per a les polítiques territorials més exhaustives.

Un exemple evident de la necessitat de disposar de dades longitudinals, el podem trobar en l'anàlisi empírica dels determinants dels salaris de les persones, dut a terme en el [capítol 5](#), i dels efectes de la mobilitat residencial en diversos aspectes econòmics, socials i ambientals (p. ex., emissions de CO₂ dels habitatges) segons el tipus d'interacció, que han estat considerats en els [capítols 3, 4 i 5](#). En aquest sentit, el plantejament de recerca de l'anàlisi empírica dels determinants dels salaris i dels efectes de la mobilitat en aquesta tesi ha hagut d'utilitzar dades col·lectades en un mateix punt en el temps ('cross-sectional data' en anglès), com a resultat de la manca de dades longitudinals per a la regió metropolitana de Barcelona, cosa que ha limitat la possibilitat d'obtenir matisos importants: p. ex., com l'acumulació d'experiència i de coneixement dels treballadors a través del temps influeix en els seus salaris. Per tant, d'alguna manera, es podria argumentar que fóra bo que les institucions i òrgans que formen el 'Sistema Estadístic de Catalunya' incorporessin en les propostes d'actuació estadístiques futures projectes estadístics de dades longitudinals com les que ja existeixen als Països Baixos i Estats Units, com ara el projecte estadístic àmpliament conegut 'SSD: System of Social Statistical Datasets', que proporciona varies enquestes longitudinals sobre la població holandesa durant el període 1995 al 2014 en termes demogràfics, socioeconòmics i geogràfics, i el de 'PSID: Panel Study of Income Dynamics', que proporciona dades longitudinals exhaustives sobre els salaris de les persones ocupades durant el període del 1999 al 2007.

D'altra banda, un exemple per disposar de més detall per a microdades disponibles per a la regió metropolitana de Barcelona, el trobem en les restriccions en relació al nombre de variables a considerar que aquesta tesi ha hagut de definir per traduir els models conceptuals proposats en els [capítols 3, 4 i 5](#) en models d'equació estructural multinivell Bayesianes. En aquest sentit, l'ajust dels models d'equació estructural multinivell Bayesianes del [capítol 4](#) en base a les variables i relacions causals identificades pel model conceptual proposat en el mateix capítol, no ha pogut considerar la totalitat de les variables ni les relacions causals indicades pel model conceptual, a causa del fet que l'ECVHP de l'any 2011 proporcionada per l'IDESCAT presenta poques observacions a nivell de municipi (en concret, 65 municipis dels 164 que conformen la regió metropolitana de Barcelona) i, per tant, no s'han pogut incorporar variables construïdes a partir de dades disponibles, com ara la diversitat de l'ús del sòl i la presència de facilitats urbanes en els models Bayesianes, per tal que el nombre de paràmetres (lliures) a simular no superés el nombre d'observacions existents en el segon nivell d'agregació de les dades. Un altre exemple de la conveniència d'obtenir dades més detallades ha estat la limitació que s'ha tingut en la part empírica d'aquesta tesi per a incorporar en l'anàlisi empírica dels efectes del policentrisme totes les dimensions d'una estructura espacial policèntrica definides pel nou marc teòric proposat en el [capítol 2](#). En concret, no s'han pogut considerar els efectes de la interacció entre centres a l'escala regional, estatal i internacional (efectes de *borrowed size* a l'escala macroterritorial) a causa de la manca de dades disponibles.

La manca de disposar d'unes dades del cens de població i d'habitatges del 2011 tan exhaustives com ho eren les dades de censos anteriors, a causa de les restriccions de pressupost dels governs, resultat de la crisi econòmica, tal i com s'ha comentat en el capítol introductori, és un clar exemple de la necessitat d'accedir a dades més recents.

Bibliografia

- Aguilera A (2005) Growth in commuting distances in French polycentric metropolitan areas: Paris, Lyon and Marseille. *Urban Studies* 42(9): 1537-1547.
- Aguilera A i Mignot D (2004) Urban sprawl, polycentrism and commuting. A comparison of seven French urban areas. *Urban Public Economics Review* 1: 93-113.
- Aguilera A i Voisin M (2014) Urban form, commuting patterns and CO₂ emissions: what differences between the municipality's residents and its jobs?. *Transportation Research Part A* 69: 243-251.
- Aguilera A, Wengleski S i Proulhac L (2009) Employment suburbanization, reverse commuting and travel behaviour by residents of the central city in the Paris metropolitan area. *Transportation Research Part A* 43: 685-691.
- Ahlfeldt G (2011) If Alonso was right: modeling accessibility and explaining the residential land gradient. *Journal of Regional Science* 51:318-338.
- Ahlfeldt G i Wendland N (2011) Fifty years of urban accessibility: the impact of the urban railway network on the land gradient in Berlin 1890-1936. *Regional Science and Urban Economics* 41(2):77-88.
- Ahlfeldt G i Wendland N (2013) How polycentric is a monocentric city? Centers, spillovers and hysteresis. *Journal of Economic Geography* 13(1):53-83.
- Ahlfeldt G, Redding S, Sturm DM i Wolf N (2015) The economics of density: evidence from the Berlin Wall. *Econometrica* 83(6):2127-2189.
- Albrechts L, Healey P i Kunzmann K (2003) Strategic spatial planning and regional governance in Europe. *Journal of the American Planning Association* 69(2): 113-129.
- Alonso W (1964) *Location and land use: toward a general theory of land rent*. Cambridge: Harvard University Press, pp.1-206.
- Alonso W (1971) The economics of urban size. A: 10th *European Congress of the Regional Science Association*, 26, pp.67-83: Papers and Proceedings Regional Science Association.
- Alonso W (1973) *Urban zero population growth*. Daedalus 102: 191-206.
- AMB (Àrea Metropolitana de Barcelona) (2012) *50 anys de transformacions territorials. 1956-2006*. Àrea i regió metropolitana de Barcelona. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona, Vanguard Gràfic, pp.1-233.
- Amici della Terra (2005) *I costi ambientali e sociali della mobilità in Italia V. rapporto*. Rome: Ferrovie dello Stato, pp.1-118.
- Anas A (2011) *Metropolitan decentralization and the stability of travel time*. Report, pp.1-38, University of Buffalo.
- Anas A i Kim I (1996) General equilibrium models of polycentric urban land use with endogenous congestion and job agglomeration. *Journal of Urban Economics* 40:232-256.
- Anas A, Arnott R i Small KA (1998) Urban spatial structure. *Journal of Urban Economics* 36: 1426-1464.
- Anderson JE, Wulffhorst G i Lang W (2015) Energy analysis of the built environment-A review and outlook. *Renewable and Sustainable Review* 44:149-158.
- Andrews CL (2008) Greenhouse gas emissions along the rural-urban gradient. *Journal of Environmental Planning and Management* 51(6):847-870.
- Angel S i Blei AM (2016). The productivity of American cities: how densification, relocation, and greater mobility sustain the productive advantage of larger US metropolitan labor markets. *Cities* 51:36-51.
- Arnfield AJ (2003) Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water and the urban heat island. *International Journal of Climatology* 23:1-26.
- Arribas-Bel D i Sanz-Garcia F (2014) The validity of the monocentric city model in a polycentric age: US metropolitan areas in 1990, 2000 and 2010. *Urban Geography* 35(7):980-997.
- Asparouhov T i Muthén B (2003) *Full-information maximum-likelihood estimation of general two-level latent variable models with missing data: a technical report*. Los Angeles: Muthén & Muthén, pp. 1-41.
- Asparouhov T i Muthén B (2010a) *Bayesian analysis of latent variables models (Technical report)*. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén, pp. 1-60.
- Asparouhov T i Muthén B (2010b) *Bayesian analysis: technical implementation (Technical appendix)*. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén, pp. 1-38.
- Asparouhov T i Muthén B (2015) General random effect latent variable modeling: random subjects, items, contexts and parameters. A: Harring JR, Stapleton LM i Beretvas SN (eds) *Advances in multilevel modeling for educational research: Addressing practical issues found in real-world applications*, Charlotte: Information Age Publishing, Inc., pp.1-27.
- Baer WC (1997) General plan evaluation criteria: an approach to making better plans. *Journal of the American Planning Association* 63(3): 329-344.
- Bateman I, Day B, Lake I i Lovett A (2001) *The effect of road traffic on residential property values: a literature review and hedonic pricing study*. Scottish Executive Development Department, Edinburgh, pp.1-208.
- Batten DF (1995) Network cities: creative urban agglomerations for the 21st century. *Urban Studies* 32(2): 313-327.
- Baum-Snow N (2007) Did highways cause suburbanization?. *The Quarterly Journal of Economics* 122(2): 775-805.
- Baum-Snow N, Brand L, Henderson JV, Turner MA i Zhang Q (2013) *Roads, railroads and decentralization of Chinese cities*. Online version (8 October, 2013), pp.1-51, http://www.econ.brown.edu/fac/nathaniel_baum-snow/china_transport_all.pdf.
- Baur AH, Thess M, Kleinschmit B i Creutzig F (2014) Urban climate change mitigation in Europe: looking at and beyond the role of population density. *Journal of Urban Planning and Development*. Epub (publicació electrònica) abans d'impressió, pp.1-12, DOI: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000165.
- Bell DA (1991) Office location -city or suburbs? Travel impacts arising from office relocation from city to suburbs. *Transportation* 18: 239-259.
- Berry BL, Goheen PG i Goldstein H (1968) *Metropolitan area definition: a reevaluation of concept and statistical practice*. Working Paper, no. 28, pp.1-45, Washington DC: Bureau of the Census.
- Bertaud A (2002) *The spatial organization of cities: deliberate outcome or unforeseen consequence?* World Development Report 2003: Dynamic Development in a Sustainable World, Background Paper, no. 27864, pp.1-27.
- Bento AM, Cropper ML, Mobarak AM i Vinha K (2005) The effects of urban spatial structure on travel demand in the United States. *The Review of Economics and Statistics* 87 (3): 466-478 .
- Boarnet MG i Chalermpong S (2001) New highways, house prices, and urban development: a case study of toll roads in Orange County CA. *Housing Policy Debate* 12(3):575-605.
- Bolotte L (1991) Transport in Paris and the Île de France. *Built Environment* 17: 160-171.
- Bowes DR i Ihlanfeldt KR (2001) Identifying the impact of rail transit stations on Residential Property Values. *Journal of Urban Economics* 50:1-25.
- Brezzi M i Veneri P (2015) Assessing polycentric urban systems in the OECD: country, regional and metropolitan perspectives. *European Planning Studies* 23(6):1128-1145.
- Brown MA, Southworth F i Sarzynski A (2009) The geography of metropolitan carbon footprints. *Policy and Society* 27:286-304.
- Brown MA, Southworth F, Stovall TK i Ridge O (2005) *Towards a climate-friendly built environment*. Arlington: Pew Center on Global Climate Change, pp.1-91.
- Brounen D, Kok N i Quigley JM (2012) Residential energy use and conservation: economics and demographics. *European Economic Review* 56:931-945.
- Brueckner JK i Rosenthal S (2009) Gentrification and neighborhood housing cycles: will America's future downtowns be rich? *Review of Economics and Statistics* 91:725-743.

- Brueckner JK, Thisse JF i Zenou Y (1999) Why is central Paris rich and downtown Detroit poor? An amenity-based theory. *European Economic Review* 43: 91-107.
- Brühlhart M i Koenig P (2006) New economic geography meets Comecon. Regional wages and industry location in central Europe. *Economics of Transition* 14(2):245-267.
- Burgalassi D i Luzzati T (2015) Urban spatial structure and environmental emissions: a survey of the literature and some empirical evidence for Italian NUTS 2 regions. *Cities* 49:134-148.
- Burger M (2011) *Structure and cooption in urban networks*. PhD Thesis, Erasmus Research Institute of Management (ERIM), Erasmus University Rotterdam, The Netherlands, pp.1-398.
- Burger M i Meijers E (2012) Form follows function? Linking morphological and functional polycentricity. *Urban Studies* 49(5): 1127-1149.
- Burger M, Meijers E i van Oort F (2014a) Regional spatial structure and retail amenities in the Netherlands. *Regional Studies* 48(12): 1972-1992.
- Burger M, Meijers, E i van Oort F (2014b) Multiple perspectives on functional coherence: heterogeneity and multiplexity in the Randstad. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 105(4): 444-464.
- Burger M, van der Knaap B i Wall RS (2014c) Polycentricity and the multiplexity of urban networks. *European Planning Studies* 22(4): 816-840.
- Burger M, de Goei B, van der Laan L i Huisman FJM (2011) Heterogeneous development of metropolitan spatial structure: evidence from commuting patterns in English and Welsh city-regions 1981-2001. *Cities* 28: 160-170.
- Burger M, Meijers E, Hoogerbrugge M i Masip Tresserra J (2015) Borrowed size, agglomeration shadows and cultural amenities in north-west Europe. *European Planning Studies* 23(6):1090-1109.
- Burton I (1963) A restatement of the dispersed city hypothesis. *Annals of the Association of American Geographers* 53: 285-289.
- Camagni R (1993) From city hierarchy to city networks: reflections about an emerging paradigm. A: Lakshmanan LTR i Nijkamp P (eds) *Structure and change in the space economy: festschrift in honor of Martin Beckmann*, Berlin: Springer, capítol 6, pp. 66-87.
- Camagni R i Capello R (2004) The city network paradigm: theory and empirical evidence. A: Capello R i Nijkamp P (eds) *Urban dynamics and growth*, Amsterdam: Elsevier, pp.495-529.
- Camagni R i Capello R (2015) Second-rank city dynamics: theoretical interpretations behind their growth potentials. *European Planning Studies* 23(6):1041-1053.
- Camagni R i Salone (1993) Network urban structures in northern Italy: elements for a theoretical framework. *Urban Studies* 30(6): 1053-1064.
- Camagni R, Gibelli MC i Rigamonti P (2002) Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological Economics* 40: 119-216.
- Camagni R, Capello R i Caragliu A (2015) The rise of second-rank cities: what role of agglomeration economies? *European Planning Studies* 23(6):1069-1089.
- Camagni R, Capello R i Caragliu A (2016) Static vs. dynamic agglomeration economies. Spatial context and structural evolution behind urban growth. *Papers in Regional Science* 95(1):133-158.
- Cameron TA (2006) Directional heterogeneity in distance profiles in hedonic property value models. *Journal of Environmental Economics and Management* 51:26-45.
- Cao X, Mokhtarian P i Handy SL (2007) Do changes in neighbourhood characteristics lead to changes in travel behaviour? A structural equations modeling approach. *Transportation* 34: 535-556.
- Cao X, Mokhtarian, P i Handy SL (2009) Examining the impacts of residential self-selection on travel behaviour: a focus on empirical findings. *Transport Reviews* 29(3): 359-395.
- Capello R i Camagni R (2000) Beyond optimal city size: an evaluation of alternative urban growth patterns. *Urban Studies* 37: 1479-1496.
- Carlson VL i Persky JJ (1999) Gender and suburban wages. *Economic Geography* 75(3):237-253.
- Carmine EG i McIver JP (1981) Analysing models with unobserved variables: analysis of covariance structures. A: Bohrnstedt GW i Borgatta EF (eds) *Social Measurement: Current Issues*, Beverly Hills: Sage Publications Inc., pp.65-115.
- Cervero R (1989a) *America's suburban centers: the land use-transportation link*. Boston: Unwin-Hyman, pp.1-232.
- Cervero R (1989b) Jobs-housing balancing and regional mobility. *Journal of the American Planning Association* 55(2): 136-150.
- Cervero R (1996a) Mixed land-uses and commuting: evidence from the American Housing Survey. *Transportation Research Part A* 30(5): 361-377.
- Cervero R (1996b) Jobs-housing balance revisited: trends and impacts in the San Francisco Bay Area. *Journal of the American Planning Association* 62(4): 492-511.
- Cervero R (2001) Efficient urbanisation: economic performance and the shape of the metropolis. *Urban Studies* 38(10): 1651-1671.
- Cervero R (2002) Built environments and mode choice: toward a normative framework. *Transportation Research Part D* 7: 265-284.
- Cervero R i Landis J (1992) Suburbanization of jobs and the journey to work: a submarket analysis of commuting in the San Francisco Bay Area. *Journal of advanced transportation* 26(3): 275-298.
- Cervero R i Kockelman K (1997) Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design. *Transportation Research D* 2(3): 119-219.
- Cervero R i Murakami J (2010) Effects of built environment on vehicle miles traveled: evidence from 370 US urbanized areas. *Environment and Planning A* 42: 400-418.
- Cervero R i Wu KL (1997) Polycentrism, commuting and residential location in the San Francisco Bay Area. *Environment and Planning A* 29: 865-886.
- Cervero R i Wu KL (1998) Sub-centring and commuting: evidence from the San Francisco Bay Area, 1980-90. *Urban Studies* 35(7): 1059-1076.
- Champion AG (2001) A changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city populations. *Urban Studies* 38(4): 657-677.
- Chay KY i Greenstone M (2005) Does air quality matter? Evidence from the housing market. *Journal of Political Economy* 113(2):376-424.
- Chen H, Jia B i Lau SSY (2008) Sustainable urban form for Chinese compact cities: compact of a rapid urbanized economy. *Habitat International* 32:28-40.
- Chen Y, Li X, Zheng Y, Guan Y i Liu X (2011) Estimating the relationship between urban forms and energy consumption: a case study in the Pearl River Delta, 2005-2008. *Landscape and Urban Planning* 102:33-42.
- Christaller W (1933) *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena: Fischer. Translated version by Baskin CW (1966) *Central Places in southern Germany*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, pp.1-230.
- Ciccone A (2002) Agglomeration effects in Europe. *European Economic Review* (46): 213-227.
- Ciccone A and Hall RE (1996) Productivity and density of economic activity. *American Economic Review* 86: 54-70.
- Cirilli A i Veneri P (2010a) *Spatial structure and CO₂ emissions due to commuting: an analysis on Italian urban areas*. Dipartimento di Scienze Economiche e Sociali, Quaderno di Ricerca, no.353, pp.1-31, Ancona: Università Politecnica delle Marche.
- Cirilli A i Veneri P (2010b) *Spatial structure and mobility patterns: towards a taxonomy of the Italian urban systems*. Dipartimento di Scienze Economiche e Sociali, Quaderno di Ricerca, pp.1-41, Ancona: Università Politecnica delle Marche.
- Cirilli A i Veneri P (2010c) *The 'impact' of commuting-to-work mobility within the Italian urban systems*. Dipartimento di Scienze Economiche e Sociali, Quaderno di Ricerca, pp.1-29, Ancona: Università Politecnica delle Marche.
- Clark TN, Lloyd E, Wong KK i Jain P (2002) Amenities drive urban growth. *Journal of Urban Affairs* 24(5): 493-515.
- Clark WAV i Huang Y (2003) The life course and residential mobility in British housing markets. *Environment and Planning A* 35:323-339.
- Coffey WJ, Bourne LS, Randall JE, Davies WKD i White R (1998) Urban systems research: past, present and future: a panel discussion. *Canadian Journal of Regional Science* (21): 327-364.
- Combes PP i Gobillon L (2015) The empirics of agglomeration economies. A: Duranton G, Henderson V i Strange W (eds) *Handbook of Regional and Urban Economics*, Amsterdam: Elsevier, capítol 5, pp.247-348.
- Combes PP, Duranton G i Gobillon L (2008) Spatial wage disparities: sorting matters! *Journal of Urban Economics* 63:743-742.
- Combes PP, Duranton G i Gobillon L (2012) *The costs of agglomeration: land prices in French cities*. IZA Discussion Paper No.7027, pp.1-47.
- Combes PP, Duranton G i Gobillon L (2015) Salaires et salariés en Île-de-France. *Revue économique* 66(2):317-350.

- Combes PP, Duranton G, Gobillon L i Roux S (2010) Estimating agglomeration effects with history, geography, and worker fixed effects. A: Glaeser EL (eds) *Agglomeration Economics*, Chicago: Chicago University Press, capítol 1, pp.15-65.
- Commins N i Nolan A (2011) The determinants of mode of transport to work in the Greater Dublin area. *Transport Policy* 18: 259-268.
- Coulter R, van Ham M i Findlay AM (2016) Re-thinking residential mobility: linking lives through time and space. *Progress in Human Geography* 40(3):352-374.
- Crane R i Chatman D (2003) Traffic and sprawl: evidence from US commuting, 1985 to 1997. *Planning and Markets* 6(1): 14-22.
- Coulson NE (1991) Really useful tests of the monocentric city model. *Land Economics* 67: 299-307.
- Davoudi S (2003) Polycentricity in European spatial planning: from an analytical tool to a normative agenda. *European Planning Studies* 11(8): 979-999.
- Davoudi S (2006) Evidence-based planning. Rhetoric and reality. *disP The Planning Review* 165(2): 14-24.
- de Goei B, Burger MJ, van Oort F i Kitson M (2010) Functional polycentrism and urban network development in the Greater South East, United Kingdom: evidence from commuting patterns 1981-2001. *Regional Studies* 44(9): 1149-1170.
- de la Roca J i Puga D (2012) *Learning by working in big cities*. Discussion Paper 9243, Centre for Economic Policy Research, pp. 1-34.
- Delage M (2012) *Mobilités pour achats et centralités métropolitaines. Le cas de la métropole parisienne*. PhD Thesis, UFR de Géographie, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, France, pp.1-372.
- de Nooy W, Mrvar A i Batagelj V (2005) *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. *Structural Analysis in the Social Sciences*, Cambridge: Cambridge University Press, 27, pp.1-334.
- Desmet K i Fafchamps M (2005) Changes in the spatial concentration of employment across US counties: a sectoral analysis 1972-2000. *Journal of Economic Geography* 5:261-284.
- Dewey J i Montes-Rojas (2009) Inter-city wage differentials and intra-city workplace centralization. *Regional Science and Urban Economics* 39:602-609.
- Dhakal S (2009) Urban energy use and carbon emissions from cities in China and policy implications. *Energy Policy* 37:4208-4219.
- di Addario S i Patacchini E (2008) Wages and the city. Evidence from Italy. *Labour Economics* 15(5):1040-1061.
- Dieleman FM i Faludi A (1998) Polynucleated metropolitan regions in northwest Europe: theme of the special issue. *European Planning Studies* 6(4): 365-377.
- Dieleman FM, Dijst M i Burghouwt G (2002) Urban form and travel behaviour: micro-level household attributes and residential context. *Urban Studies* 39(3): 507-527.
- Dijkstra L, Garcilazo E i McCann P (2013) The economic performance of European cities and city regions: myths and realities. *European Planning Studies* 21: 334-354.
- Ding C, Wang Y, Xie B i Liu C (2014) Understanding the role of built environment in reducing vehicle miles traveled accounting for spatial heterogeneity. *Sustainability* 6:589-601.
- Dobkins LH i Ioannides YM (2001) Spatial interaction among US cities: 1900-1990. *Regional Science and Urban Economics* 31(6): 701-731.
- Druckman A i Jackson T (2008) Household energy consumption in the UK: a highly geographically and socio-economically disaggregated model. *Energy Policy* 36:3177-3192.
- Druckman A, Buck I, Hayward B i Jackson T (2012) Time, gender and carbon: a study of the carbon implications of British adults' use of time. *Ecological Economics* 84:153-163.
- Dubin R (1991) Commuting patterns and firm decentralization. *Land Economics* 67(1): 15-29.
- Duranton G i Puga D (2001) Urban diversity, process innovation, and the life cycle of products. *The American Economic Review* 91(5): 1454-1477.
- Duranton G i Puga D (2004) Micro-foundation of urban agglomeration economies. A: Henderson JV i Thisse JF (eds) *Handbook of Regional and Urban Economics*, Amsterdam: Elsevier, capítol 48.4, pp.2063-2117.
- Duranton G i Puga D (2005) From sectoral to functional urban specialisation. *Journal of Urban Economics* 57: 343-370.
- Duranton G i Puga D (2015) Urban land use. A: Duranton G, Henderson V i Strange W (eds) *Handbook of Regional and Urban Economics*, Amsterdam: Elsevier, capítol 8, pp.467-560.
- Eberts RW (1981) An empirical investigation of intraurban wage gradients. *Journal of Urban Economics* 10:50-60.
- Eberts RW i Gronberg TJ (1982) Wage gradients, rent gradients, and the price elasticity of demand for housing: an empirical investigation. *Journal of Urban Economics* 12:168-176.
- EC (European Commission) (1999) *European Spatial Development Perspective: towards balanced and sustainable development of the territory of the European Union*. Luxembourg: European Commission, Office for Official Publications of the European Communities, pp.1-87.
- Ellöder E (2014) Commuting choices and residential built environments in Sweden, 1990-2010: a multilevel analysis. *Urban Geography* 35(5): 715-734.
- Erickson RA (1983) The evolution of the suburban space economy. *Urban Geography* 4: 95-121.
- Essletzbichler J (2015) The top 1% in U.S. metropolitan areas. *Applied Geography* 61:35-46.
- Estiri H (2016) Household energy consumption and housing choice in the U.S. residential sector. *Housing Policy Debate* 26(1):231-250.
- European Environment Agency (2012) *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2012 - tracking progress toward Kyoto and 2020 targets*. Technical Report EEA Report No 6/2012, COPO, European Union, pp.1-164.
- European Environment Agency (2015) *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2013 and inventory report 2015*. Submission to the UNFCCC Secretariat. Technical Report 19/2015, pp.1-619.
- Ewing R (1997) Is Los Angeles-style sprawl desirable? *Journal of the American Planning Association* 63(1): 107-126.
- Ewing R i Cervero R (2001) Travel and the built environment - A synthesis. *Transportation Research Record* 1780: 87-114.
- Ewing R i Cervero R (2010) Travel and the built environment. *Journal of the American Planning Association* 76(3): 265-294.
- Ewing R i Rong F (2008) The impact of urban form on U.S. residential energy use. *Housing Policy Debate* 19(1):1-30.
- Ewing R, Hamidi S i Grace JB (2016) Urban sprawl as a risk factor in motor vehicle crashes. *Urban Studies* 53(2):247-266.
- Ewing R, Bartholomew K, Winkelmann S, Walters J i Chen D (2008) *Growing cooler: the evidence of urban development and climate change*. Washington: Urban Land Institute, pp.1-170.
- Ewing R, Hamidi S, Gallivan F, Nelson AC i Grace JB (2014) *Structural equation models of VMT growth in US urbanised areas*. *Urban Studies* 51(14):3079-3096.
- Ewing R, Tian G, Goates JP, Zhang M, Greenwald MJ, Joyce A, Kircher J i Greene W (2015) Varying influences of the built environment on household travel in 15 diverse regions of the United States. *Urban Studies* 52(13):2330-2348.
- Fallah BN, Partridge MD i Olfert MR (2011) Urban sprawl and productivity: evidence from US metropolitan areas. *Papers in Regional Science* 90(3): 451-472.
- Faludi A (2000) The performance of spatial planning. *Planning Practice & Research* 15(4):299-318.
- Faludi A (2004) Spatial planning traditions in Europe: their role in the ESDP process. *International Planning Studies* 9: 155-172.
- Faludi A (2006) Evaluating plans: the application of the European spatial development perspective. A: Alexander ER (eds) *Evaluation in planning: evolution and prospects*, Aldershot: Ashgate, pp.119-143.
- Faludi A i Waterhout B (2006) Introducing evidence-based planning. *disP The Planning Review* 165(2): 4-13.
- Feng J, Dijst M, Prillwitz J i Wissink B (2013) Travel time and distance in international perspective: a comparison between Nanjing (China) and the Randstad (the Netherlands). *Urban Studies* 50(14): 2993-3010.
- Fingleton B (2003) Increasing returns: evidence from local wage rates in Great Britain. *Oxford Economic Papers* 55:716-739.
- Fingleton B (2006) The new economic geography versus urban economics: an evaluation using local wage rates in Great Britain. *Oxford Economic Papers* 1-30.
- Florida R, Mellander C i Stolarick K (2016) Human capital in cities and suburbs. *The Annals of Regional Science*. Epub (publicació electrònica) abans d'impressió, pp.1-33, DOI: 10.1007/s00168-016-0763-8.
- Frank LD i Pivo G (1994) Impacts of mixed use and density on utilization of three modes of travel: single-occupant vehicle, transit, and walking. *Transportation Research Record* 1466: 45-52.

- Friedmann J i Miller J (1965) The urban field. *Journal of American Planning Association* 31(4): 312-320.
- Fujita M (1988) A monopolistic competition model of spatial agglomeration: differentiated products approach. *Regional Science and Urban Economics* 18: 87-124.
- Fujita M i Owaga H (1982) Multiple equilibria and structural transition of non-monocentric urban configurations. *Regional Science and Urban Economics* 12: 161-196.
- Fujita M i Mori T (1997) Structural stability and evolution of urban systems. *Regional Science and Urban Economics* 27: 399-442.
- Fujita M, Krugman P i Mori T (1999a) On the evolution of hierarchical urban systems. *European Economic Review* 43: 209-251.
- Fujita M, Krugman P i Venables AJ (1999b) *The spatial economics: cities, regions and international trade*. Cambridge: MIT Press, pp.1-381.
- Fujita M, Thisse J-F i Zenou Y (1997) On the endogenous formation of secondary employment centres in a city. *Journal of Urban Economics* 41: 337-357.
- García-López MA (2012) Urban spatial structure, suburbanization and transportation in Barcelona. *Journal of Urban Economics* 72: 176-190.
- García-López MA i Muñiz I (2010) Employment decentralisation: polycentricity or scatteration? The case of Barcelona. *Urban Studies* 47(14): 3035-3056.
- García-López MA i Muñiz I (2013) Urban spatial structure, agglomeration economies, and economic growth in Barcelona: an intra-metropolitan perspective. *Papers in Regional Science* 92(3): 515-534.
- García-Palomares JC (2010) Urban sprawl and travel to work: the case of the metropolitan area of Madrid. *Journal of Transport Geography* 18: 197-213.
- Garreau J (1991) *Edge city: life on the new frontier*. New York: Doubleday, pp.1-576.
- Garson DG (2012) *Structural equation modeling*. Statistical Associates Publishing, North Carolina: Asheboro, pp.1-260.
- Gelman A, Carlin JB, Stern HS i Rubin DB (2004) *Bayesian data analysis* (2 eds) Boca Raton, Florida: Chapman & Hall, pp. 1-675.
- Generalitat de Catalunya (2007) *Pacte nacional per a l'habitatge 2007-2016*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Barcelona: Generalitat de Catalunya, pp. 1-228.
- Generalitat de Catalunya (2010) *Pla Territorial Metropolità de Barcelona*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Direcció General de Planificació i Acció Territorial, Barcelona: Generalitat de Catalunya, Vol.1, pp.1-415, Vol.2, pp.1-220.
- Generalitat de Catalunya (2015) *Avantprojecte de llei/2015 de octubre, de canvi climàtic*. Departament de Territori i Sostenibilitat, Direcció General de Politiques Ambientals, Generalitat de Catalunya, pp. 1-39.
- Gibbons S i Machin S (2005) Valuing rail access using transport innovations. *Journal of Urban Economics* 57(1):148-169.
- Gibbons S i Machin S (2006) Paying for primary schools: admission constraints, school popularity or congestion? *The Economic Journal* 116(510):C77-C92.
- Gibbons S, Lytikäinen T, Overman H i Sanchis-Guarner R (2012) *New road infrastructure: the effects on firms*. SERC Discussion Paper 117, pp.1-70, London: London School of Economics.
- Giuliano G i Small KA (1993) Is the journey to work explained by urban structure?. *Urban Studies* 30(9): 1485-1500.
- Giuliano G, Redfean C, Agarwal A i He S (2012) Network accessibility and employment centers. *Urban Studies* 49(1) 77-95.
- Glaeser EL (1997) Are cities dying? *Journal of Economic Perspectives* 12(2):139-160.
- Glaeser EL (1999) Learning in cities. *Journal of Urban Economics* 46:254-277.
- Glaeser EL (2000) *The future of urban research: nonmarket interactions*. Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs, pp.101-149.
- Glaeser EL (2011) *Triumph of the city: how our greatest invention makes us richer, smarter, greener, healthier and happier*. New York: Penguin Books, pp. 1-352.
- Glaeser EL, Kahall HD, Scheinkman JA i Shleifer (1992) Growth in cities. *Journal of Political Economy* 100: 1126-1152.
- Glaeser EL i Gottlieb JD (2009) The wealth of cities: agglomeration and spatial equilibrium in the United States. *Journal of Economic Literature* 47(4): 983-1028.
- Glaeser E i Kahn M (2001) *Decentralized employment and the transformation of the American city*. NBER Working Paper No. 8117, pp.1-69.
- Glaeser E i Kahn M (2004) Sprawl and urban growth. A: Henderson JV i Thisse JF (eds) *Handbook of Regional and Urban Economics*, Amsterdam: Elsevier, capítol 56.4, pp.2482-2527.
- Glaeser E i Kahn M (2010) The greenness of cities: carbon dioxide emissions and urban development. *Journal of Urban Economics* 67:404-418.
- Glaeser EL i Maré DC (2001) Cities and skills. *Journal of Labor Economics* 19(2): 316-342.
- Glaeser EL, Kahn M i Rappaport J (2008) Why do the poor live in cities? The role of public transportation. *Journal of Urban Economics* 63:1-24.
- Glaeser EL, Kolko J i Saiz A (2001) Consumer city. *Journal of Economic Geography* 1(1): 27-50.
- Glaeser EL, Ponsetto GAM i Zou Y (2016) Urban networks: connecting markets, people and ideas. *Papers in Regional Science* 95(1):17-59.
- Glaeser EL, Resseger M i Tobio K (2009) Inequality in cities. *Journal of Regional Science* 49(4):617-646.
- Goetz SJ, Han Y, Findeis JLi i Brasier KJ (2010) US commuting networks and economic growth: measurement and implications for spatial policy. *Growth and Change* 41(2): 276-302.
- Golley K i Meng X (2012) Income inequality and carbon dioxide emissions: the case of Chinese urban households. *Energy Economics* 34:1864-1872.
- Golob TF (2003) Structural equation modeling for travel behaviour research. *Transportation Research Part B* 37: 1-25.
- Gordon P i Lee B (2014) Spatial structure and travel. Trends in commuting and non-commuting travel in US Metropolitan Areas. A: Hickman R, Bonilla D, Givoni M i Banister D (eds) *International Handbook on Transport and Development*, UK: Edward Elgar, capítol 4, pp.1-22, in press.
- Gordon P i Richardson HW (1996) Beyond polycentricity: the dispersed metropolis, Los Angeles 1970-1990. *Journal of the American Planning Association* 62: 289-295.
- Gordon P i Wong HL (1985) The cost of urban sprawl: some new evidence. *Environment and Planning A* 17: 661-666.
- Gordon P, Kumar A i Richardson HW (1988) Beyond the journey to work. *Transportation Research A* 22A(6): 419-426.
- Gordon P, Kumar A i Richardson HW (1989a) Congestion, changing metropolitan structure and city size in the United States. *International Regional Science Review* 12: 45-56.
- Gordon P, Kumar A i Richardson HW (1989b) The influence of metropolitan spatial structure on commuting time. *Journal of Urban Economics* 26: 138-151.
- Gordon P, Richardson HW i Jun M-J (1991) The commuting paradox: evidence from the top twenty. *Journal of the American Planning Association* 57: 416-420.
- Gordon P, Richardson HW i Wong H (1986) The distribution of population and employment in a polycentric city: the case of Angeles. *Environment and Planning A* 18: 161-173.
- Gottmann J (1957) Megalopolis: the urbanized northeastern seaboard of the United States. *Economic Geography* 33(3): 189-200.
- Gottmann J (1961) *Megalopolis: the urbanized northeastern seaboard of the United States*. New York: The Twentieth Century Fund, pp.1-820.
- Graham DJ i Kim HY (2008) An empirical analytical framework for agglomeration economies. *The Annals of Regional Science* 42:267-289.
- Graves PE i Mueser PR (1993) The role of equilibrium and disequilibrium in modeling regional growth and decline: a critical reassessment. *Journal of Regional Science* 33:69-84.
- Greene DL (1980) Urban subcenters: recent trends in urban spatial structure. *Growth and Change* 11: 29-40.
- Guerra Santin O, Itard L i Visscher H (2009) The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock. *Energy and Buildings* 41:1223-1232.
- Gutiérrez J i García-Palomares JC (2007) New spatial patterns of mobility within the metropolitan area of Madrid: towards more complex and dispersed flow networks. *Journal of Transport Geography* 15: 18-30.
- Hall P (1966) *The World Cities*. London: Weuendenfeld and Nicolson. Translated version by Benito C: Las grandes ciudades y sus problemas. Madrid: Guardarrama, pp.1-256.
- Hall P i Pain K (2006) *The polycentric metropolis: learning from Mega-City Regions in Europe*. London: Earthscan, pp.1-256.
- Hamidi S, Ewing R, Preuss I i Dodds A (2015) Measuring sprawl and its impacts: an update. *Journal of Planning Education and Research* 35(1):35-50.

- Han L, Xu Xi Han L (2015) Applying quantile regression and Shapley decomposition to analysing the determinants of household embedded carbon emissions: evidence from urban China. *Journal of Cleaner Production* 103:219-239.
- Hanson GH (2005) Market potential, increasing returns and geographic concentration. *Journal of International Economics* 67:1-24.
- Harris CD i Ullman EL (1945) The nature of cities. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science* 242: 7-17.
- Harris TF i Ioannides YM (2000) *Productivity and metropolitan Hakim*. Department of Economics, Tufts University, pp.1-26.
- Harvard Political Review (2014) *Catalonia in contention by Ali Hakim*. Europe, September, 27, 2014. <http://harvardpolitics.com/world/catalonia-contention>.
- Head K i Mayer T (2004a) The empirics of agglomeration and trade. A: Henderson JV i Thisse JF (eds) *Handbook of Regional and Urban Economics*, Amsterdam: Elsevier, capítol 59.4, pp. 2609-2669.
- Head K i Mayer T (2004b) Market potential and the location of Japanese investment in the European Union. *Review of Economics and Statistics* 86(4):959-972.
- Head K i Mayer T (2006) Regional wage and employment responses to market potential in the EU. *Regional Science and Urban Economics* 36:573-594.
- Helsey RW i Strange WC (1990) Matching and agglomeration economies in a system of cities. *Regional Science and Urban Economics* 28:189-212.
- Henderson JV, Kuncoro A i Turner M (1995) Industrial development in cities. *Journal of Political Economy* 103: 1067-1085.
- Hohenberg PM i Lees LH (1995) *The making of urban Europe 1000-1994*. Cambridge: Harvard University Press, pp.1-448.
- Holden E i Norland IT (2005) Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: household consumption of energy and transport in eight residential areas in the Greater Oslo Region. *Urban Studies* 42:2145-2166.
- Hong J, Shen Qi Zhang L (2014) How do built-environment factors affect travel behavior? A spatial analysis at different geographic scales. *Transportation* 41:419-440.
- Hou Y (2016) Traffic congestion, accessibility to employment, and housing prices: a study of single-family housing market in Los Angeles County. *Urban Studies*. Epub (publicació electrònica) abans d'impressió, pp.1-23, DOI: 10.1177/0042098016675093.
- Hu H, Geertman S i Hooimeijer P (2014) Amenity value in post-industrial Chinese cities: the case of Nanjing. *Urban Geography* 35(3):420-439.
- Huang Y, Xia Bi Yang L (2013) Relationship study on land use spatial distribution structure and energy-related carbon emission intensity in different land use types of Guangdong, China, 1996-2008. *The Scientific World Journal* 309680:1-15.
- Ihlanfeldt (1988) Intra-metropolitan variation in earnings and labor market discrimination: an econometric analysis of the Atlanta labor market. *Southern Economic Journal* 55(1):123-140.
- Ihlanfeldt (1992) Intraurban wage gradients: evidence by race, gender, occupational class and sector. *Journal of Urban Economics* 32:70-91.
- ILO (International Labour Organization) (2015) *Global Wage Report 2014/15. Wages and income inequality*. Geneva: International Labour Office, pp.1-132.
- Imai H (1982) CBD hypothesis and economies of agglomeration. *Journal of Economic Theory* 28:275-299.
- Kahn M (2000) The environmental impact of suburbanization. *Journal of Policy Analysis and Management* 19(4):569-586.
- Kaplan D i Depaoli S (2012) Bayesian structural equation modeling. A: Hoyle R (eds) *Handbook of Structural Equation Modeling*, New York: Guildford Press, capítol 38, pp.650-673.
- Kelly S (2011) Do homes that are more energy efficient consume less energy? A structural equation model of the English residential sector. *Energy* 36:5610-5620.
- Kim C (2008) Commuting time stability: a test of a co-location hypothesis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 42(3): 524-544.
- Kim S (1987) Diversity in urban labor markets and agglomeration economies. *Papers of the Regional Science Association* 62:57-70.
- Kim S (1990) Labor heterogeneity, wage bargaining, and agglomeration economies. *Journal of Urban Economics* 28:160-177.
- Kim S (2006) Division of labor and the rise of cities: evidence from U.S. industrialization 1850-1880. *Journal of Economic Geography* 6(4):469-491.
- Kloosterman RC i Musterd S (2001) The polycentric urban region: towards a research agenda. *Urban Studies* 38(4): 623-633.
- Ko Y (2013) Urban form and residential energy use: a review of design principles and research findings. *Journal of Planning Literature* 28(4):327-351.
- Ko Yi Radke JD (2014) The effect of urban form and residential cooling energy use in Sacramento, California. *Environment and Planning B: Planning & Design* 41:573-593.
- Kockelman KM (1995) Which matters more in mode choice density or income? the relative effects of population density and income on commute-trip modal split in urban areas. A: *Institute of Transportation Engineers 65th Annual Meeting*, ITE District.6, pp.844-867.
- Krugman P (1993) First nature, second nature and metropolitan location. *Journal of Regional Science* 33(2): 129-144.
- Krugman P (1996) Confronting the mystery of urban hierarchy. *Journal of the Japanese and International Economics* 10(4):399-418.
- Jacobs J (1969) *The economy of cities*. London: Jonathan Cape, pp.1-288.
- Jeanty P, Partridge M i Irwin E (2010) Estimation of a spatial simultaneous model of population migration and housing price dynamics. *Regional Science and Urban Economics* 40: 343-352.
- Johansson B (2009) Will restrictions on CO₂ emissions require reductions in transport demand. *Energy Policy* 37:3212-3220.
- Johansson B i Quigley JM (2004) Agglomeration and networks in spatial economies. *Papers in Regional Science* 83:1-13.
- Jones A (2014) Geographies of production I: relationality revisited and the 'practice shift' in economic geography. *Progress in Human Geography* 38(4):605-615.
- Jones M (2009) Phase space: geography, relational thinking, and beyond. *Progress in Human Geography* 33(4):487-506.
- Jones C i Kammen DM (2014) Spatial distribution of U.S. household carbon footprints reveals suburbanization undermines greenhouse gas benefits of urban population density. *Environmental Science & Technology* 48:895-902.
- Lambregts B (2009) *The polycentric metropolis unpacked: concepts, trends, and policy in the Randstad Holland*. PhD Thesis, Amsterdam Institute for Metropolitan and International Development Studies, University of Amsterdam, The Netherlands, pp.1-215.
- Lang R i Knox PK (2009) The new metropolis: rethinking megalopolis. *Regional Studies* 43(6): 789-802.
- Laurian L, Crawford J, Day M, Kouwenhoven P, Mason G, Ericksen N i Beattie L (2010) Evaluating the outcomes of plans: theory, practice, and methodology. *Environment and Planning B: Planning and Design* 37: 740-757.
- Laurian L, Day M, Berke P, Ericksen N, Backhurst M, Crawford J i Dixon J (2004) Evaluating plan implementation: a conformance-based methodology. *Journal of the American Planning Association* 70(4): 471-480.
- Lee B (2006a) *Urban spatial structure, commuting and growth in US metropolitan areas*. PhD Thesis, University of Southern California (USC), California, pp.1-174.
- Lee B (2006b) Urban spatial structure and commute economies. A: Lee B (eds) *Urban, spatial structure, commuting and growth in US metropolitan areas*, Los Angeles: USC (University of Southern California) Libraries, capítol 5, pp.110-129.
- Lee B i Gordon P (2007) Urban spatial structure and economic growth in US metropolitan areas. A: *46th Annual Meeting Western Regional Science Association*, New Beach, California, 21-24 Febrer 2007, pp.1-27.
- Lee B i Gordon P (2011) Urban structure: its role in urban growth, net new business formation and industrial churn. *Région et Développement* 33: 138-159.
- Lee S i Lee B (2014) The influence of urban form on GHG emissions in the US household sector. *Energy Policy* 68: 534-549.
- Lee S i Lin J (2013) *Natural amenities, neighborhood dynamics, and persistence in the spatial distribution of income*. Working Paper No.13-48, Research Department, Federal Reserve Bank of Philadelphia, pp.1-54.
- Lee S, Choi CG i Im W (2013) Metropolitan growth and community disparities: insights from the state of New Jersey in the US. *Cities* 30:149-160.
- Lee SY (2007) *Structural equation modeling: a Bayesian approach*, Chichester: Wiley, pp.1-458.
- Levinson DM (1998) Accessibility and the journey to work. *Journal of Transport Geography* 6(1): 11-21.
- Levinson DM i Kumar A (1994) The rational locator: why travel times have remained stable. *Journal of the American Planning Association* 60(3): 319-332.
- Levinson DM i Kumar A (1997) Density and the journey to work. *Growth and Change* 28(2): 147-172.

- Levinson DM i Wu Y (2005) The rational locator reexamined: are travel time still stable? *Transportation* 32: 187-202.
- Li L, Zhao R, Liu T i Zhao J (2015) Does urbanization lead to more direct and indirect household carbon dioxide emissions? Evidence from China during 1996-2012. *Journal of Cleaner Production* 102:103-114.
- Limtanakool N (2006) *Long-distance travel and urban systems*. PhD Thesis, Urban and Regional research center Utrecht (URU), Utrecht University, The Netherlands, pp.1-175.
- Lin D, Allan A i Cui J (2015) The impact of polycentric urban development on commuting behaviour in urban China: evidence from four sub-centres of Beijing. *Habitat International* 50: 195-205.
- Liu XC i Sweeney J (2012) Modelling the impact of urban form on household energy demand and related CO₂ emissions in the Greater Dublin Region. *Energy Policy* 46:359-369.
- Liu W, Spaargaren G, Heerink N, Mol AP i Wang C (2013) Energy consumption practices of rural households in north China: basic characteristics and potential for low carbon development. *Energy Policy* 55:128-138.
- Loh CG (2011) Assessing and interpreting non-conformance in land-use planning implementation. *Planning Practice and Research* 26(3): 271-287.
- Lowe JC (1998) Patterns of spatial dispersion in metropolitan commuting. *Urban Geography* 19(3): 232-253.
- Lucas RE (1988) On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics* 22:3-42.
- Lucas RE i Rossi-Hansberg E (2002) On the internal structure of cities. *Econometrica* 70(4):1445-1476.
- Ma J, Liu Z i Chai Y (2015) The impact of urban form on CO₂ emission from work and non-work trips: the case of Beijing, China. *Habitat International* 47:1-10.
- Madden JF (1985) Urban wage gradients: empirical evidence. *Journal of Urban Economics* 18:291-301.
- Makido Y, Dhakal S i Yamagata Y (2012) Relationship between urban and CO₂ emissions: evidence from fifty Japanese cities. *Urban Climate* 2:55-67.
- Maly J (2016) Impact of polycentric urban systems on intra-regional disparities: a micro-regional approach. *European Planning Studies* 24(1): 116-138.
- Marsh HW i Hocevar D (1985) Application of confirmatory factor analysis to the study of self-concept: first- and high-order factor models and their invariance across groups. *Psychological Bulletin* 97:562-582.
- Marshall A (1920) *Principles of economics*. London: Macmillan and Co, 8th edition, 1890, pp.1-627. Accés des de: <http://oll.libertyfund.org/title/1676>.
- Masip-Tresserra J (2016) *Polycentricity, performance and planning: concepts, evidence and policy in Barcelona, Catalonia*. Tesi Doctoral (PhD Thesis), Faculty of Architecture and the Built Environment, Delft University of Technology, Delft (The Netherlands): A+BE | Ph.D. Thesis Series, 7: 1-352. Accés a la versió digital de la tesi a: <http://abe.tudelft.nl/index.php/faculty-architecture/issue/view/446> <http://abe.tudelft.nl/index.php/faculty-architecture/article/view/masiptresserra>.
- Mastop H i Faludi A (1997) Evaluation of strategic plans: the performance principle. *Environment and Planning B: Planning & Design* 24(6):815-832.
- Mayock T (2016) Wages, housing prices and commutes. *Real Estate Economics* 44:258-300.
- McDonald JF i Prather PJ (1994) Suburban employment centers: the case of Chicago. *Urban Studies* 31(2): 201-218.
- McMillen DP (1993) Can blacks earn more in the suburbs? Racial differences in intrametropolitan earnings variation. *Journal of Urban Economics* 33:135-150.
- McMillen DP (1996) One hundred fifty years of land values in Chicago: a nonparametric approach. *Journal of Urban Economics* 40:100-124.
- McMillen DP (2001a) *Polycentric urban structure: the case of Milwaukee*. Chicago: Federal Reserve Bank of Chicago, pp.1-13.
- McMillen DP (2001b) Nonparametric employment subcenter identification. *Journal of Urban Economics* 50: 448-473.
- McMillen DP (2004) Employment densities, spatial autocorrelation, and subcentres in large metropolitan areas. *Journal of Regional Science* 44(2): 225-243.
- McMillen DP (2010) Issues in spatial data analysis. *Journal of Regional Science* 50:119-141.
- McMillen DP i McDonald JF (1997) A nonparametric analysis of employment density in a polycentric city. *Journal of Regional Science* 37(4): 591-612.
- McMillen DP i McDonald JF (1998a) Suburban subcentres and employment density in Metropolitan Chicago. *Journal of Urban Economics* 43: 157-180.
- McMillen DP i McDonald JF (1998b) Population density in suburban Chicago: a bid-rent approach. *Urban Studies* 35(7): 1119-1130.
- McMillen DP i Lester WT (2003) Evolving subcentres: employment and population densities in Chicago, 1970-2020. *Journal of Housing Economics* 12: 60-81.
- McMillen DP i Singell LD (1992) Work location, residence location and the intraurban wage gradient. *Journal of Urban Economics* 32:195-213.
- McMillen DP i Smith SC (2003) The number of subcenters in large urban areas. *Journal of Urban Economics* 53: 321-338.
- Meijers EJ (2007) *Synergy in polycentric urban regions: complementarity, organising capacity, and critical mass*. PhD Thesis, OTB Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies, Delft University of Technology, The Netherlands, pp.1-196.
- Meijers EJ (2008) Summing small cities does not make a large city: polycentric urban regions and the provision of cultural, leisure, and sports amenities. *Urban Studies* 45(11): 2323-2342.
- Meijers EJ (2013) Metropolitan labor productivity and urban spatial structure. A: Klaesson J, Johansson B i Karlsson C (eds) *Metropolitan regions. Knowledge infrastructures of the global economy*, New York: Springer, capítol 7, pp.141-166.
- Meijers EJ i Burger M (2010) Spatial structure and productivity in US metropolitan areas. *Environment and Planning A* 42: 1383-1402.
- Meijers EJ i Sandberg K (2008) Reducing regional disparities by means of polycentric development: panacea or placebo? *Scienze Regionali* 7(2): 71-96.
- Meijers EJ i Burger M (2017) Stretching the concept of 'borrowed size'. *Urban Studies* 54(1):269-291.
- Meijers EJ, Burger M i Hoogerbrugge M (2016) Borrowing size in networks of cities: city size, network connectivity and metropolitan functions in Europe. *Papers in Regional Science* 95(1):181-198.
- Melo PC i Graham DJ (2009) *Agglomeration economies and labour productivity: evidence from longitudinal worker data for GB's travel-to-work areas*. SERC Discussion Paper 31, pp.1-52, London: London School of Economics.
- Melo PC, Graham DJ i Noland RB (2009) A meta-analysis of estimates of urban agglomeration economies. *Regional Science and Urban Economics* 39(3):332-342.
- Melo PC, Graham DJ i Noland RB (2012) The effect of labour market spatial structure and commuting in England and Wales. *Journal of Economic Geography* 12: 717-737.
- Mills ES (1972) *Studies in the spatial structure of the urban economy*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, pp.1-151.
- Modarres A (2011) Polycentricity, commuting pattern, urban form: the case of Southern California. *International Journal of Urban and Regional Research* 35(6): 1193-1211.
- Mokhtarian PL i Cao X (2008) Examining the impacts of residential self-selection on travel behavior: a focus on methodologies. *Transportation Research Part B* 42: 204-228.
- Mooney CZ (1997) *Monte Carlo simulation. Series: Quantitative Applications in the Social Sciences*. Thousand Oaks: SAGE Publications, Inc., pp. 1-112.
- Moretti E (2004) Estimating the social return to higher education: evidence from longitudinal and repeated cross-sectional data. *Journal of Econometrics* 121:175-212.
- Morrow WR, Gallagher KS, Collantes G i Lee H (2010) Analysis of policies to reduce oil consumption and greenhouse-gas emissions from the US transportation sector. *Energy Policy* 38:1305-1320.
- Motte B, Aguilera A, Bonin O i Nassi CD (2016) Commuting patterns in the metropolitan region of Rio de Janeiro. What differences between formal and informal jobs? *Journal of Transport Geography* 51:59-69.
- Mui S, Alson J, Ellies B i Ganss D (2007) *A Wedge Analysis of the US Transportation Sector*. Office of Transportation and Air Quality, Environmental Protection Agency, EPA420-F-07-049, pp. 1-6.

- Muñiz I i Galindo A (2005) Urban form and the ecological footprint of commuting. The case of Barcelona. *Ecological Economics* 55: 499-514.
- Muñiz I, Calatayud D i Dobaño R (2013) The compensation hypothesis in Barcelona measured through the ecological footprint of mobility and housing. *Landscape and Urban Planning* 113: 113-119.
- Murray AG i Mills BF (2011) Read the label! Energy Star appliance label awareness and uptake among US consumers. *Energy Economics* 33:1103-1110.
- Muth RF (1969) *Cities and housing*. Chicago: Chicago University Press, pp.1-355.
- Muthén B (1994) Multilevel covariance structure analysis. *Sociological Methods & Research* 22: 376-398.
- Muthén B i Asparouhov T (2009) Growth mixture modeling: analysis with non-gaussian random effects. A: Fitzmaurice G, Davidian M, Verbeke G i Molenberghs G (eds) *Longitudinal Data Analysis*, Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Press, capítol 6, pp.143-165.
- Muthén B i Asparouhov T (2012) Bayesian Structural Equation Modeling: a more flexible representation of substantive theory. *Psychological Methods* 17(3):313-335.
- Mumford L (1938) *The culture of cities*. New York: Harcourt, Brace and Company, pp.1-586.
- Naess P (2005) Residential location affects travel behavior –but how and why? The case of Copenhagen metropolitan area. *Progress in Planning* 63: 167-257.
- Naess P (2006) Accessibility, activity participation and location of activities: exploring the links between residential location and travel behaviour. *Urban Studies* 43: 627-652.
- Naess P (2010) Residential location, travel and energy use in the Hangzhou metropolitan area. *Journal of Transport and Land Use* 3(3): 27-59.
- Naess P i Sandberg SL (1996) Workplace location, modal split and energy use for commuting trips. *Urban Studies* 33: 357-380.
- Nasri A i Zhang L (2012) Impact of metropolitan-level built environment on travel behaviour. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2323: 75-79.
- Nasri A i Zhang L (2014) Assessing the impact of metropolitan-level, county-level and local-level built environment on travel behavior: evidence from 19 US urban areas. *Journal of Urban Planning and Development*. Epub (publicació electrònica) abans d'impressió, pp.1-10, DOI: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000226.
- Nam K i Kim BHS (2016) The effect of spatial structure and dynamic externalities on local growth in Seoul metropolitan area. *Urban Policy and Research*. Epub (publicació electrònica) abans d'impressió, pp.1-15, DOI: 10.1080/08111146.2016.1159554.
- Nam K, Lim U i Kim BHS (2012) 'Compact' or 'Sprawl' for sustainable urban form? Measuring the effect on travel behavior in Korea. *The Annals of Regional Science* 49:157-173.
- Nelson JP (2008) Hedonic property value studies of transportation noise: aircraft and road traffic. A: Baranzini A, Ramirez J, Schaerer C i Thalmann P (eds) *Hedonic methods in housing markets*, New York: Springer, capítol 3, pp.57-82.
- Newton JT i Bower EJ (2005) The social determinants of oral health: new approaches to conceptualizing and research complex causal networks. *Community Dentistry and Oral Epidemiology* 33(1):25-34.
- Nielsen TAS (2015) Changes in transport behavior during the financial crisis. An analysis of urban form, location and transport behavior in the greater Copenhagen area 2006-2011. *Research in Transportation Economics* 51:10-19.
- OECD (2006) *Society at a glance. OECD social indicators*. Paris: OECD, pp.1-118.
- OECD (2012) *Redefining urban: a new way to measure metropolitan areas*. Paris: OECD, pp. 1-148.
- OECD (2016) *Society at a glance 2016. OECD social indicators*. Paris: OECD, pp.1-140.
- Oficina Catalana del Canvi Climàtic (2012) *Guia Pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH)*. Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya, pp.1-102.
- Oke TR, Johnson GT, Steyn DG i Watson D (1991) Simulation of surface urban heat islands under 'ideal' conditions at night part 2: diagnosis of causation. *Boundary-Layer Meteorology* 56:339-358.
- Osland L i Thorsen I (2013) Spatial impacts, labour market characteristics and housing prices. *Urban Studies* 50(10):2063-2083.
- Ottaviano G i Pinelli D (2006) Market potential and productivity: evidence from Finnish Regions. *Regional Science and Urban Economics* 36:636-657.
- Ottensmann JR, Payton S i Man J (2008) Urban location and housing prices within a Hedonic Model. *The Journal of Regional Analysis & Policy* 38(1):19-35.
- Owaga H i Fujita M (1980) Equilibrium land use patterns in a nonmonocentric city. *Journal of Regional Science* 20:455-475.
- Parr JB (2002) Missing elements in the analysis of agglomeration economies. *International Regional Science Review* 25: 151-168.
- Parr JB (2004) The Polycentric urban region: a closer inspection. *Regional Studies* 38(3): 231-240.
- Partridge MD, Rickman DS, Ali K i Olfert MR (2007) Do new economic geography agglomeration shadows underlie current population dynamics across the urban hierarchy? A: 45th Annual Meeting of the Southern Regional Science Association, St. Augustine, Florida, 30 Març 2006 – 1 Abril 2006, pp.1-28.
- Partridge MD, Rickman DS, Ali K i Olfert MR (2008a) Employment growth in the American urban hierarchy: long live distance. *Berkeley Journal of Macroeconomics* 8(1): 1-38.
- Partridge MD, Rickman DS, Ali K i Olfert MR (2008b) Lost in space: population growth in the American hinterlands and small cities. *Journal of Economic Geography* 8:727-757.
- Partridge MD, Rickman DS, Ali K i Olfert MR (2009a) Do new economic geography agglomeration shadows underlie current population dynamics across the urban hierarchy? *Papers in Regional Science* 88(2): 445-466.
- Partridge MD, Rickman DS, Ali K i Olfert MR (2009b) Agglomeration spillovers and wage and housing cost gradients across the urban hierarchy. *Journal of International Economics* 78(1): 126-140.
- Partridge MD, Rickman DS, Ali K i Olfert MR (2010) Recent spatial growth dynamics in wages and housing costs: proximity to urban production externalities and consumer amenities. *Regional Science and Urban Economics* 40:440-452.
- Peiser RB i Smith LB (1985) Homeownership returns, tenure choice and inflation. *American Real Estate and Urban Economics Association Journal* 13(4):343-360.
- Perkins A, Hamnett S, Pullen S, Zito R i Trebilcock D (2009) Transport, housing and urban form: the life cycle energy consumption and emissions of city centre apartments compared with suburban dwellings. *Urban Policy and Research* 27(4):377-396.
- Phelps NA (1998) On the edge of something big: edge-city economic development in Croydon, South London. *The Town Planning Review* 69(4):441-465.
- Phelps NA, Fallon RJ i Williams CL (2001) Small firms, borrowed size and the urban-rural shift. *Regional Studies* 35(7):613-624.
- Pivo G (1993) A taxonomy of suburban office clusters: the case of Toronto. *Urban Studies* 30(1): 131-149.
- Porter ME (2000) Location, competition, and economic development: local clusters in a global economy. *Research and Practice* 14(1): 15-34.
- Preacher KJ, Zhang Z i Zyphur MJ (2010) A general multilevel SEM framework for assessing multilevel mediation. *Psychological Methods* 15(3): 209-233.
- Preacher KJ, Zhang Z i Zyphur MJ (2016) Structural equation models for assessing moderation within and across levels of analysis. *American Psychological Association* 21(2):189-205.
- Puga D (2010) The magnitude and causes of agglomeration economies. *Journal of Regional Science* 50(1):203-219.
- Quigley JM (1998) Urban diversity and economic growth. *Journal of Economic Perspectives* 12: 127-138.
- Rabe-Hesketh S, Skrondal A i Pickles A (2004) Generalized multilevel structural equation modeling. *Psychometrika* 69(2): 167-190.
- Rabe-Hesketh S, Skrondal A i Zheng X (2007) Multilevel structural equation modeling. A: Lee S-Y (eds) *Handbook of Latent Variable and Related Models*, Amsterdam: Elsevier, capítol 6, pp.209-227.
- Rauch JE (1993) Productivity gains from geographic concentration of human capital: evidence from the cities. *Journal of Urban Economics* 34:3-33.
- Raudenbush SW i Bryk AS (2002) *Hierarchical linear models: applications and data analysis models*. California: SAGE Publications, pp.1-512.
- Redding S i Venables A (2004) Economic geography and international inequality. *Journal of International Economics* 62(1):53-82.
- Rice P, Venables A i Patacchini E (2006) Spatial determinants of productivity: analysis for the regions of Great Britain. *Regional Science and Urban Economics* 36:727-752.

- Richardson H (1972) Optimality in city size, systems of cities and urban policy: a sceptic's view. *Urban Studies* 9(1): 29-47.
- Rickwood P, Glazebrook G i Searle G (2008) Urban structure and energy-a review. *Urban and Policy & Research* 26(1):57-81.
- Roback J (1982) Wages, rents, and the quality of life. *Journal of Political Economy* 90(6):1257-1278.
- Roback J (1988) Wages, rents, and amenities: differences among workers and regions. *Economic Inquiry* 26:23-41.
- Rode P, Keim C, Robazza G, Viejo P i Schofield J (2014) Cities and energy: urban morphology and residential heat-energy demand. *Environment and Planning B: Planning & Design* 41:138-162.
- Rosen S (1979) Wages-based indexes of urban quality of life. A: Mieszkowski P i Straszheim M (eds) *Current Issues in Urban Economics*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, pp.74-104.
- Rosenthal S i Strange WC (2003) Geography, industrial agglomeration and agglomeration. *The Review of Economics and Statistics* 85(2):377-393.
- Rosenthal S i Strange WC (2004) Evidence on the nature and sources of agglomeration economies. A: Henderson JV i Thisse JF (eds) *Handbook of Regional and Urban Economics*, Amsterdam: Elsevier, capítol 49.4, pp.2119-2171.
- Rosenthal S i Strange (2008) The attenuation of human capital spillovers. *Journal of Urban Economics* 64:373-389.
- Rosser V (2003) Using multilevel SEM to study leadership effectiveness in higher education. A: Smart JC (eds) *Higher Education: Handbook of Theory and Research*, Dordrecht: Springer, capítol 18, pp.389-420.
- Ryu E i West SG (2009) Level-specific evaluation of model fit in multilevel structural equation modeling. *Structural Equation Modeling* 16:583-601.
- Sasaki K (1990) The establishment of a sub-center and urban spatial structure. *Environment and Planning A* 22: 369-383.
- Sasaki K i Mun S (1996) A dynamic analysis of multiple-center formation in a city. *Journal of Urban Economics* 40: 257-278.
- Sato Y (2001) Labor heterogeneity in an urban labor market. *Journal of Urban Economics* 50:313-337.
- Schwanen T (2001) Urban form and commuting behaviour: A cross-European perspective. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 93(3): 336-343.
- Schwanen T i Dijst M (2002) Travel-time ratios for visits to the workplace: the relationship between commuting time and work duration. *Transportation Research Part A* 36: 573-592.
- Schwanen T, Dieleman FM i Dijst M (2001) Travel behavior in Dutch monocentric and policentric urban systems. *Journal of Transport Geography* 9: 173-186.
- Schwanen T, Dieleman FM i Dijst M (2003) Car use in the Netherlands daily urban systems: does polycentrism result in lower commute times. *Urban Geography* 24(5): 410-430.
- Schwanen T, Dieleman FM i Dijst M (2004) The impact of metropolitan structure on commute behavior in the Netherlands: A multilevel approach. *Growth and Change* 35(3): 304-333.
- Schwanen T, Dijst M i Dieleman FM (2002) A microlevel analysis of residential context and travel time. *Environment and Planning A* 34: 1487-1507.
- Shearmur R (2006) Travel from home: an economic geography of commuting distances in Montreal. *Urban Geography* 27(4): 330-359.
- Silva C, Reis JP i Pinho P (2014) How urban structure constrains sustainable mobility choices: comparison of Copenhagen and Oporto. *Environment and Planning B: Planning & Design* 41:211-228.
- Skrondal A i Rabe-Hesketh S (2009) Prediction in multilevel generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society* 172(3): 659-687.
- Smith A (1776) *An inquiry into nature and cause of the wealth of nations*. Metalibri (2007 eds), pp.1-754.
- Snijders TAB i Bosker RJ (2012) *Multilevel analysis: an introduction to basic and advanced multilevel modeling*. London: Sage Publications, pp.1-368.
- Song Y, Chen Y i Pan X (2012) Polycentric spatial structure and travel mode choice: the case of Shenzhen, China. *Regional Science Policy & Practice* 4(4): 479-493.
- Sorrell S, Dimitropoulos J i Sommerville M (2009) Empirical estimates of the direct rebound effect: a review. *Energy Policy* 37:1356-1371.
- Stanback T (1991) *The new suburbanization*. San Francisco: Westview Press, pp.1-126.
- Straszheim MR (1984) Urban agglomeration effects and employment and wage gradients. *Journal of Urban Economics* 16:187-207.
- Stead D i Marshall S (2001) The relationships between urban form and travel patterns. An international review and evaluation. *European Journal of Transport and Infrastructure Research* 1(2): 113-141.
- Stemmers K i Yun GY (2009) Household energy consumption: a study of the role of occupants. *Building Research & Information* 37: 625-637.
- Stein CS (1964) *A regional pattern for dispersal*. Architectural Record: 205-206.
- Stone B (2007) Urban and rural temperature trends in proximity to large US cities: 1951-2000. *International Journal of Climatology* 27:1801-1807.
- Stone B i Rodgers MO (2001) Urban form and thermal efficiency: how the design of cities influences the urban heat island effect. *Journal of the American Planning Association* 67(2):186-198.
- Suárez M, Murata M i Delgado Campos J (2015) Why do the poor travel less? Urban structure, commuting and economic informality in Mexico City. *Urban Studies*. Epub (publicació electrònica) abans d'impressió, pp.1-19, DOI: 10.1177/0042098015596925.
- Sultana S (2000) Some effects of employment centers on commuting times in the Atlanta metropolitan area, 1990. *Southeastern Geographer* XXXI(2): 225-233.
- Sun T, Han Z, Wang L i Li G (2012) Subcentring of population in Beijing metropolitan area. *Chinese Geographical Science* 22(4): 472-482.
- Sun B, Zhang T, He Z i Wang R (2015) Urban spatial structure and motorization in China. *Journal of Regional Science*. Epub (publicació electrònica) abans d'impressió, pp.1-17, DOI: 10.1111/jors.12237.
- Susilo YO i Maat K (2007) The influence of built environment to the trends in commuting journeys in the Netherlands. *Transportation* 34: 589-609.
- Swoboda A, Nega T i Timm M (2015) Hedonic analysis over time and space: the case of house prices and traffic noise. *Journal of Regional Science* 55(4):644-670.
- Tang CK (2016) *Traffic externalities and housing prices: evidence from the London congestion charge*. SERC Discussion Paper 205, pp.1-46, London: London School of Economics.
- ter Doest L i de Jonge (2006) Testing causal models of job characteristics and employee well-being: a replication study using cross-lagged structural equation modelling. *Journal of Occupational and Organizational Psychology* 79(3):499-507.
- Travisi CM i Camagni R (2005) *Sustainability and urban sprawl: environmental-economic indicators of the analysis of mobility impact in Italy*. Fondazione Eni Enrico Mattei 102, pp.1-48.
- Travisi CM i Camagni R and Nijkamp P (2006) *Analysis of environmental costs of mobility due to urban sprawl. A modelling study on Italian cities*. Tinbergen Institute Discussion Paper, no. 42(3), pp.1-32, Amsterdam: Tinbergen Institute.
- Travisi CM i Camagni R and Nijkamp P (2010) Impacts of urban sprawl and commuting: a modelling study for Italy. *Journal of Transport Geography* 18: 382-392.
- UN (United Nations) (2014) *World urbanization prospects: the 2014 revision. Highlights*. Department of Economic and Social Affairs, New York: United Nations, pp.1-32.
- UNEP (2015) *Climate commitments of subnational actors and business. A quantitative assessment of their emission reduction impact*. Nairobi: UNEP, pp.1-52.
- UN-Habitat (2009) *Planning sustainable cities: Global report on human settlements 2009*. London and Washington: Earthscan, pp.1-338.
- UN-Habitat (2011) *Cities and climate change: Global report on human settlements 2011*. London and Washington: Earthscan, pp.1-300.
- UN-Habitat (2016a) *Urbanization and Development. Emerging Futures. World Cities Report 2016*. Nairobi: UN-Habitat, pp.1-262.
- UN-Habitat (2016b) *Habitat III New urban agenda*. Draft outcome document for adoption in Quito. A: *United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development*, Quito, Ecuador, Octubre 2016, pp.1-24.
- U.S. Environmental Protection Agency (2015) *Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2013*. EPA 430-R-15-004, Washington: Department of State, pp.1-564.
- Vandermodden C, Halbert L, Roelands M i Cornut P (2008) European planning and the polycentric consensus: wishful thinking? *Regional Studies* 42(8): 1205-1217.

- van der Laan L (1998) Changing urban systems: an empirical analysis at two spatial levels. *Regional Studies* 32(3): 235-247.
- van Meeteren M, Poorthuis A, Derudder B i Witlox F (2015) Pacifying Babel's tower: a scientometric analysis of polycentricity in urban research. *Urban Studies*. Epub (publicació electrònica) abans d'impressió, pp.1-21, DOI: 10.1177/0042098015573455.
- van Meeteren M, Neal Z i Derudder B (2016) Disentangling agglomeration and network externalities: a conceptual typology. *Papers in Regional Science* 95(1):61-80.
- Vandersmissen M-H, Villeneuve Pi Thériault M (2003) Analysing changes in urban form and commuting time. *The Professional Geographer* 5(4):446-463.
- van de Schoot R, Winter S, Ryan O, Zondervan-Zwijnenburg M i Depaoli S (2016) A systematic review of bayesian papers in psychology: the last 25 years. *Psychological Methods*. Epub (publicació electrònica) abans d'impressió, pp. 1-64, DOI: 10.1037/met0000100.
- VandeWeghe JR i Kennedy C (2007) A spatial analysis of residential greenhouse gas emissions in the Toronto census metropolitan area. *Journal of Industrial Ecology* 11(2):133-144.
- van Wee B (2009) Self-selection: a key to a better understanding of location choices, travel behaviour and transport externalities? *Transport Reviews* 29(3):279-292.
- Vasanen A (2012) Functional polycentricity: Examining metropolitan structure through the connectivity of urban sub-centers. *Urban Studies* 49(16): 3627-3644.
- Vasanen A (2013) Spatial integration and functional balance in polycentric urban systems: a multi-scalar approach. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 104(4): 410-425.
- Vega A i Reynolds-Feighan A (2008) Employment sub-centres and travel-to-work mode choice in the Dublin Region. *Urban Studies* 45(9): 1747-1768.
- Veneri P (2010) Urban polycentricity and the costs of commuting: evidence from Italian metropolitan areas. *Growth and Change* 41(3): 403-429.
- Veneri P i Burgalassi D (2011) *Spatial structure and productivity in Italian NUTS-3 regions*. Dipartimento di Scienze Economiche e Sociali, Quaderno di Ricerca, no.364, pp.1-26, Ancona: Università Politecnica delle Marche.
- Veneri P i Burgalassi D (2012) Questioning polycentric development and its effects. Issues of definition and measurement for the Italian NUTS-2 Regions. *European Planning Studies* 6: 1017-1037.
- Wachs M, Taylor BD, Levine N i Ong P (1993) The changing commute: a case-study of the job-housing relationship over time. *Urban Studies* 30: 1711-1729.
- Wall R (2009) *Netscape. Cities and global corporate networks*. PhD Thesis, Institute of Management (ERIM), Erasmus University Rotterdam, The Netherlands, pp.1-230.
- Wang F (2000) Modeling commuting patterns in Chicago in a GIS environment: a job accessibility perspective. *Professional Geographer* 52(1): 120-133.
- Wang H (2016) The Texas economic model, miracle or mirage? A spatial hedonic analysis. *The Annals of Regional Science* 56:393-417.
- Wang K (2013) Causality between the built environment and travel behaviour: a structural equation model applied to Southern California. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2397: 80-88.
- Watts M (2009) The impact of spatial imbalance and socioeconomic characteristics on average distance commuted in the Sydney metropolitan area. *Urban Studies* 46(2): 317-339.
- Weiss CH (2001) What kind of evidence in evidence-based policy? A: *Third International, Inter-disciplinary Evidence-based Policies and Indicator Systems Conference*, Durham, United Kingdom, Juliol 2001, pp.284-291.
- Wheaton WC i Lewis MJ (2002) Urban wages and labor market agglomeration. *Journal of Urban Economics* 51:542-562.
- Wheeler CH (2001) Search, sorting, and urban agglomeration. *Journal of Labor Economics* 19(4):879-899.
- Wheeler CH (2008) *Urban decentralization and income inequality: is sprawl associated with rising income segregation across neighborhoods?* Federal Reserve Bank of St. Louis Regional Economic Development 4(1):41-57.
- White M (1976) Firm suburbanization and urban subcenters. *Journal of Urban Economics* 3:323-343.
- White M (1988) Location choice and commuting behavior in cities with decentralized employment. *Journal of Urban Economics* 24: 129-152.
- White M (1999) Urban areas with decentralized employment: theory and empirical work. A: Mills ES i Cheshire P (eds) *Handbook of Regional and Urban Economics*, Amsterdam: Elsevier, capítol 36, pp.1375-1412.
- Wiedenhofer D, Lenzen M i Steinberger JK (2013) Energy requirements of consumption: urban form, climatic and socio-economic factors, rebounds and their policy implications. *Energy Policy* 63: 696-707.
- Wilhelmsson M (2000) The impact of traffic noise on the values of single-family houses. *Journal of Environmental Planning and Management* 43(6):799-815.
- Wilson B (2013) Urban form and residential electricity consumption: evidence from Illinois, USA. *Landscape and Urban Planning* 115:62-71.
- World Bank (2002) *Cities on the Move. A World Bank urban transport strategy review*. Washington: The World Bank, pp.1-228.
- Wrapson W i Devine-Wright P (2014) 'Domesticating' low carbon thermal technologies: diversity, multiplicity and variability in older person, off grid households. *Energy Policy* 67:807-817.
- Yang J, French S, Holt J i Zhang X (2012) Measuring the structure of US Metropolitan Areas, 1970-2000. *Journal of the American Planning Association* 78(2): 197-209.
- Yang W, Li T i Cao X (2015) Examining the impacts of socio-economics factors, urban form and transport development on CO₂ emissions from transportation in China: a panel data analysis of China's provinces. *Habitat International* 40:212-220.
- Yankow J (2006) Why do cities pay more? An empirical examination of some competing theories of the urban wage premium. *Journal of Urban Economics* 60:139-161.
- Yin Y, Mizokami S i Maruyama T (2013) An analysis of the influence of urban form on energy consumption by individual consumption behaviors from a microeconomic viewpoint. *Energy Policy* 61:909-919.
- Yinger J (1979) Estimating the relationship between location and the price of housing. *Journal of Regional Science* 19:271-286.
- Yinger J (1992) City and suburb: urban models with more than one employment center. *Journal of Urban Economics* 31: 181-205.
- Yuang K-H i Bentler PM (2007) Multilevel covariance structure analysis by fitting multiple single-level models. *Sociological Methodology* 37:53-82.
- Zax JS i Kain JF (1991) Commutes, quits and moves. *Journal of Urban Economics* 29: 153-165.
- Zha DL, Zhou DQ i Zhou P (2010) Driving forces of residential CO₂ emissions in urban and rural China: an index decomposition analysis. *Energy Policy* 38:3377-3383.
- Zhang J i Xie Y (2015) Optimal intra-urban hierarchy of activity centers –a minimized household travel energy consumption approach. *Sustainability* 7:11838-11856.
- Zhang X, Luo Li i Skitmore M (2015) Household carbon emission research: an analytical review of measurement, influencing factors and mitigation prospects. *Journal of Cleaner Production* 103:873-883.
- Zyphur M i Oswald FL (2013) Bayesian estimation i inference: a user's guide. *Journal of Management* 20(10):1-31.

Policentrisme i Eficiència Territorial: Avenços Teòrics i Empírics

Jaume Masip-Tresserra

L'objectiu general d'aquesta tesi doctoral és produir avenços teòrics i empírics en la relació entre l'organització espacial policèntrica de l'aglomeració en les àrees metropolitanes i els seus (des)avantatges econòmics, socials i ambientals. En primer lloc, es renova l'aproximació teòrica de la relació entre policentrisme i eficiència territorial, a partir de la proposta d'un nou marc teòric, que reuneix conceptes de les externalitats de les economies d'aglomeració arrelats en disciplines diferents, específicament els conceptes de *borrowed size*, *agglomeration shadows* i *network externalities*. A més, aquest marc teòric proposat es contrasta a través d'una anàlisi empírica que considera les aglomeracions metropolitanes existents en els països de l'OECD. En segon lloc, s'explora empíricament la relació entre policentrisme i eficiència territorial des de l'òptica dels patrons de la mobilitat humana agregada, de l'ús d'energia residencial, dels salaris de les persones i dels costos de l'habitatge. Aquesta anàlisi empírica aplica mètodes quantitativs inèdits en l'àmbit de recerca dels estudis urbans i regionals i de la planificació territorial, malgrat els seus avantatges; en concret, s'utilitzen modelatges econòmics basats en l'aproximació Bayesiana a l'estadística. Ulteriorment, s'elaboren directrius d'evidència informada per estratègies de desenvolupament territorial de les aglomeracions metropolitanes. Aquestes directrius es basen en la corroboració empírica que el desenvolupament de les economies d'aglomeració i de les seves externalitats en una àrea metropolitana és una combinació de la mida dels centres, de la proximitat a altres llocs i de la interacció entre centres en xarxes a múltiples escales territorials, des de l'escala metropolitana a la internacional.

Aquesta tesi doctoral representa la segona fase de desenvolupament de la línia de recerca 'Policentrisme, Eficiència Territorial i Planificació Territorial'. Aquesta línia de recerca es basa en l'examinació de les múltiples i recíproques relacions teòriques i empíriques entre l'estructura espacial policèntrica de les àrees metropolitanes; l'eficiència territorial de les àrees metropolitanes en termes de competitivitat econòmica, benestar social, i sostenibilitat ambiental; i com les àrees metropolitanes es planifiquen a través de l'elaboració de plans territorials. La contribució principal d'aquesta línia de recerca és l'assoliment d'una major simbiosi entre recerca (teoria i evidència) i política pública (pràctica) en el camp de la planificació territorial i dels estudis urbans i regionals per millorar la viabilitat i eficiència dels plans territorials. Més recerca fonamental i aplicada, aquesta amb el suport de l'estadística, es durà pròximament a terme per continuar desenvolupant aquesta línia pròpia de recerca dins de l'àmbit de l'urbanisme.

Abstract

Polycentricity and Performance: Theoretical and Empirical Advances

The overarching research goal of this dissertation is to make theoretical and empirical contributions to the link between the polycentric spatial organization of agglomeration in metropolitan areas and its economic, social and environmental (dis)advantages. First, this thesis renews the theoretical approximation to the link between polycentricity and performance by proposing a new conceptual framework that brings together concepts of the externalities of agglomeration economies that are rooted in distinct literature, namely, the concepts of borrowed size, agglomeration shadows and network externalities. Moreover, this proposed conceptual framework is tested by conducting an empirical analysis that considers all of the metropolitan agglomerations in OECD countries. Second, this dissertation empirically explores the relationship between polycentricity and performance through the lens of aggregate human mobility patterns, residential energy use, wages and housing costs. This empirical analysis applies quantitative methods that, despite their advantages, are unused in the research field of urban and regional studies and spatial planning. Specifically, this thesis employs econometric modeling based on the Bayesian approach to statistics. Evidence-informed guidelines for spatial development strategies of metropolitan agglomerations are then provided. These guidelines are built upon the empirical substantiation that the development of agglomeration economies and their externalities in a metropolitan area is a mixture of the size of centers, the proximity to other places and the interactions among centers in networks at multiple territorial scales, from the metropolitan scale to the international scale.

This dissertation represents the second phase of development of the line of research 'Polycentricity, Performance and Planning'. This line of research is based on examining the multiple (and reciprocal) theoretical and empirical relationships among the polycentric spatial structure of metropolitan areas; the performance of metropolitan areas in terms of economic competitiveness, environmental sustainability and social well-being; and how metropolitan areas are planned through the elaboration of spatial plans. The main contribution of this line of research is to achieve a greater symbiosis between research (theory and evidence) and policy (practice) within the field of spatial planning and urban and regional studies to improve both the feasibility and the effectiveness of spatial plans. Further fundamental and applied research, the latter with the support of statistics, will be conducted soon to continue developing this line of research in the field of urbanism.

Universitat Politècnica de Catalunya,
Facultat de Matemàtiques i Estadística,
Departament d'Estadística i Investigació Operativa

