ACE 18

Electronic offprint

Separata electrónica

ANÀLISI RETROSPECTIU DEL SISTEMA METROPOLITÀ DE BARCELONA I LA SEVA INFLUÈNCIA EN L'ESTRUCTURA URBANA

JAUME MASIP TRESSERRA I JOSEP ROCA CLADERA

ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno [en línea]. 2011, Año 6, núm. 18, Febrero. P. 100-138

ISSN: [1886-4805](#)

Website access: http://www-cpsv.upc.es/ace/Articles_n18/articles_PDF/ACE_18_SE_23.pdf

UPCommons Access: <http://hdl.handle.net/2099/11683>

ACE

Architecture, City, and Environment
Arquitectura, Ciudad y Entorno

C

A RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE BARCELONA METROPOLITAN SYSTEM AND ITS INFLUENCE ON THE URBAN STRUCTURE

Key words: Metropolitan Areas, urban structure, polycentricity and sub-centres.

Abstract

In recent decades due to the overflowing of the administrative boundaries by urbanization, the literature has studied various approaches to delimit the urban and metropolitan areas. Simultaneously, these urban dynamics have also led the metropolitan systems to polycentric structures characterized by dispersion and concentrated decentralization of employment and population, breaking with the paradigm of the monocentric city. However, few studies have focused on studying dynamically (over time) and jointly the delimitation of the metropolitan boundaries and its influence on the urban structure of the metropolitan areas. In this paper, the retrospective urban dynamics (1991-2001) and its influence on the urban structure of the Barcelona Metropolitan Region is analysed. Firstly, by analysing travel-to-work data, the functional metropolitan borders are delimited by the years: 1991, 1996 and 2001. Then, this paper studies how the growth of the metropolitan limits influence on the urban structure by characterizing their changes for the analysed period of time. In doing so, the urban structure is characterized by three key points: i) identification of urban subcentres by using a mobility approach (residence-to-work flows) at the time that it is estimated if they exert influence or not on the urban structure, ii) the complexity grade of the metropolitan system and, iii) the measurement of the polycentrism level taking into account its morphological and functional dimension as well as by proposing a new integrated approach. By having a dynamic perspective (1991-2001), results suggest a process of urban extension of the metropolitan borders what it could entail: an increment of sub-centres due mainly to the changes of the residential and labour markets, a more polynucleated structure of the urban system and a bigger grade of its complexity.

ANÀLISI RETROSPECTIU DEL SISTEMA METROPOLITÀ DE BARCELONA I LA SEVA INFLUÈNCIA EN L'ESTRUCTURA URBANA

MASIP TRESSERRA, Jaume¹
ROCA CLADERA, Josep

Remissió inicial: 15-11-2011

Remissió definitiva: 23-1-2012

Paraules clau: Àrees Metropolitanes, estructura urbana, policentrisme, subcentres.

Resum

En els últims temps, degut al desbordament dels límits administratius per la urbanització, la literatura ha estudiat diverses aproximacions per delimitar les àrees urbanes i metropolitanes. Simultàniament, aquestes dinàmiques urbanes han donat peu també a l'estructuració de sistemes metropolitans policèntrics, caracteritzats per la dispersió i per la descentralització concentrada de població i ocupació, trencant amb el paradigma de la ciutat monocèntrica. No obstant, pocs estudis s'han concentrat en estudiar dinàmicament (a través del temps) i conjuntament, el creixement dels límits metropolitans i la seva influència en l'estructura urbana de les àrees metropolitanes. En aquest article, la dinàmica urbana retrospectiva (1991-2001) i la seva influència en l'estructura urbana del sistema metropolità de Barcelona és estudiada.

Primerament, a través d'analitzar la mobilitat residència-treball, els límits funcionals metropolitans són delimitats pels anys 1991, 1996 i 2001. Després, l'article estudia com el creixement dels límits metropolitans influeix en l'estructura urbana per tal de caracteritzar-ne els canvis pel període de temps estudiat. En aquest sentit, l'estructura urbana és caracteritzada a partir de tres elements claus: identificació de subcentres urbans mitjançant una aproximació funcional (mobilitat residència treball), a la vegada que s'estima si exerceixen influència o no en l'estructura urbana; el grau de complexitat del sistema metropolità; i la mesura del nivell de policentrisme considerant les seves dimensions morfològiques i funcionals com també proposant-ne una d'integrada. Tenint una perspectiva dinàmica (1991-2001), els resultats suggereixen un procés d'expansió urbana dels límits metropolitans que es tradueix en un increment dels subcentres degut als canvis dels mercats residencials i de treball, una estructura més policèntrica del sistema metropolità i un major grau de la seva complexitat.

¹ **Jaume Masip Tresserra:** Centre de Política del Sòl i Valoracions, Departament de Construccions Arquitectòniques I, Universitat Politècnica de Catalunya, Avinguda Diagonal 649, 4a planta, 08028, Barcelona, Espanya. Email de contacte: jaume.masip@upc.edu

1. Introducció

Una de les característiques fonamentals que defineixen i diferencien la nostra societat d'altres en el passat és la naturalesa i escala del fenomen urbà i dels seus processos. En contra de la realitat física auto continguda i amb un límits ben definits, representació de la ciutat tradicional, els processos espacials i funcionals que han transcorregut en les nostres societats han modificat fonamental la forma i la funció de les ciutats, liderant un procés cap a una realitat territorial radicalment diferent: esborrant límits urbans i desbordant àmpliament les unitats administratives que les componen.

Per tant, com a conseqüència de la massiva extensió del procés d'urbanització, la separació física entre el lloc de residència i altres activitats bàsiques quotidianes, com són el lloc de treball i l'oci, a la vegada de l'increment de mobilitat experimentat dels béns i de les persones han conceptualitzat unes noves realitats regionals que haurien d'ésser definides, identificades i delimitades curosament.

Al 1932, el *Bureau of the Census* d'Estats Units afirmava: "The city's population defined administratively often offers a very inadequate idea of the population clustered in and around the city. If we are have to a correct picture of massing or concentration of population in large urban areas it is necessary to establish metropolitan districts which will show the magnitude of each of the principal population centers" (Bureau of the Census, 1932: 5). Aquest paràgraf és una clara expressió de la preocupació tant teòrica com pràctica per tal de definir curosa i adequadament la realitat urbana més enllà del seu límit administratiu, a la vegada que representa un punt de partida d'investigació que inicialment des dels Estats Units i, més endavant, en la majoria dels països desenvolupats s'han anat conduint per part de les autoritats acadèmiques i públiques.

En aquest sentit, la literatura especialitzada ha proposat diferents aproximacions per tal de delimitar els sistemes urbans i les àrees metropolitanes des d'una clara consolidació a través d'una llarga tradició d'estudis relacionats amb aquesta nova forma de ciutat, de com definir-la, identificar-la i delimitar-la. Aspectes administratius (municipis), morfològics (continu urbà), aspectes relacionats amb l'existència d'economies d'aglomeració (població, densitat d'ocupació, activitats econòmiques urbanes, etc.), i interaccions funcionals (desplaçament residència treball) han estat proposades i utilitzades per tal de definir la qüestió metropolitana.

Conseqüentment, aquestes reflexions s'han traduït en un capgirament del concepte antic de ciutat i a la seva substitució per d'altres que han posat els seus esforços en entendre i conèixer aquest nou fenomen territorial: *Metropolitan districts i statistics metropolitan areas* (Bureau of the Budget, 1964); *daily urban systems* (Coombes et al., 1979); *local labor markets* (Smart, 1974; Sforzi, 1987; Boix i Galletto, 2006); *àrees de cohesió* (Castañer, 1994); *continued systems of settlements* (Governa i Dematteis, 1999); *functional urban regions* (FUR) (GEMACA, 1996); *functional urban areas* (FUA) (ESPON, 2006), i el nou concepte de *city-region* (Hall, 2001; Scott, 2001); han estat entre altres conceptes els que han intentat substituir la caduca noció de ciutat.

Al mateix temps, s'ha desenvolupat en els últims anys una extensa literatura que ha emfatitzat una tendència ascendent de les estructures urbanes cap al policentrisme. Aquest concepte, el desenvolupament policèntric, ha guanyat una àmplia importància en l'actual camp de la

planificació i desenvolupament territorial, malgrat que per part de la literatura especialitzada sigui considerat un concepte encara borrós en la mesura que sembla significar coses diferents depenent dels actors i de l'escala d'anàlisi presa "... the scale on which the concept is applied ranges from individual cities to city regions, to nation-states and finally to the European scale." (CEC, 1999: 20).

A escala global la literatura més significativa és: Snyder i Kick, 1979; Beaverstock i Taylor, 1999; Taylor i Walker, 2001; Derudder *et al.*, 2003; Alderson i Beckfield, 2004; Taylor, 2005; entre d'altres. A escala Europea i estatal: Bruinsma i Rietveld, 1993; Van Der Laan, 1998; Hall, 2002; NORDREGIO, 2005; Hall i Pain, 2006.

L'*European Spatial Development Perspective* (en endavant, ESDP) presenta com a objectiu cabdal el desenvolupament equilibrat i policèntric dels sistemes urbans més enllà del territorial europeu denominat com a *pentagon* (CEC, 1999). L'objectiu del desenvolupament policèntric és un tema sobre la taula en l'actual debat de les polítiques de cohesió europees, on s'està deliberant que el potencial econòmic de totes les regions europees només pot ésser una realitat a través d'un desenvolupament territorial que enforteixi una estructura europea policèntrica d'assentaments urbans, a la vegada que aquest augment del desenvolupament policèntric pugui reduir les disparitats regionals existents. En el tercer informe de cohesió europeu, el principal èmfasi és la cohesió territorial de la qual s'equipara en termes d'importància al mateix nivell que la cohesió econòmica i social, promulgades pel no ratificat Tractat Constitucional Europeu. D'aquesta manera, molts estats Europeus, per tal d'aplicar l'objectiu normatiu d'enfortiment d'un desenvolupament policèntric, s'han centrat en endreçar la dominància de la ciutat central per tal de reduir les seves disparitats regionals.

Dins del context dels treballs de l'*European Spatial Planning Observation Network* (en endavant, ESPON) també hi ha hagut recentment intents per tal de mesurar el policentrisme a l'escala dels Estats de la Unió Europea. De totes maneres, una de les principals raons per les quals el concepte de policentrisme és encara un concepte vague és que sovint està associat a la vegada tant a aspectes morfològics com relacions funcionals entre les ciutats². Tal i com més endavant l'article intentarà explicar, és possible mesurar el policentrisme dins de l'escala intrametropolitana mitjançant una aproximació integrada que prengui en consideració simultàniament aquestes dues dimensions del concepte policentrisme.

A l'escala intrametropolitana, la noció de policentrisme està associada a la descentralització concentrada del Central Business District (CBD) cap a nodes identificats com a subcentres (Alperovich, 1983; McDonald, 1987; Giuliano i Small, 1991; McDonald i Prather, 1994; Clark i Kuijpers-Linde, 1994; Gordon i Richardson, 1996; McMillen i McDonald, 1998; Cervero i Wu, 1998; Bogart i Ferry, 1999; Song, 1994; Readfearn, 2007; García-López i Muñoz, 2007; Roca *et al.*, 2009; entre altres.

Resumint, pocs estudis s'han focalitzat en estudiar dinàmica (a través del temps) i conjuntament la delimitació dels límits metropolitans i la seva influència en l'estructura urbana de les àrees metropolitanes. Per tant, l'objectiu del present article és el d'analitzar la dinàmica urbana

² Per una explicació més acurada i extensa del concepte policentrisme segons l'escala d'anàlisi i a les dimensions que fa referència (morfològica i funcional) es pot consultar a Masip (2011a).

retrospectiva (1991-2001) i la seva influència en l'estructura urbana del sistema metropolità de Barcelona. En l'assoliment de l'objectiu general, els objectius específics que se'n desprenen són: la delimitació dels límits funcionals metropolitans analitzant les dades de mobilitat residència treball pels anys 1991, 1996 i 2001; i la caracterització dels canvis en termes d'estructura urbana pel període de temps analitzat. En fer-ho, l'article proposa caracteritzar l'estructura urbana a través de tres punts claus: la identificació de subcentres mitjançant una aproximació funcional a la vegada que s'estima si exerceixen o no influència en l'estructura urbana, la mesura del nivell de policentrisme considerant les dues dimensions prèviament esmentades a la vegada que es proposa una aproximació integrada i, finalment, considerant el grau de complexitat del sistema metropolità.

La resta de l'article, doncs, queda organitzada de la següent manera: primerament, es delimiten els límits metropolitans pel període de temps considerat a la vegada que els candidats a subcentre són identificats mitjançant una aproximació funcional; en segon lloc, la mesura i evolució del nivell de policentrisme és quantificat usant tres aproximacions diferents (la morfològica, la funcional i la integrada proposada en el present article); en tercer lloc, la influència evolutiva dels subcentres identificats en l'estructura urbana del sistema metropolità de Barcelona és analitzada; en quart lloc, el nivell de complexitat i jerarquia metropolitana i la seva evolució a través del temps és definida; i, finalment, les principals conclusions són exposades.

2. Definició dels límits metropolitans funcionals i identificació dels subcentres urbans (1991-2001)

La caracterització de les estructures metropolitanes necessiten com a mínim dos passos: la detecció dels límits metropolitans per, posteriorment, la definició dels elements que tenen un paper estructurant: el CBD i els subcentres urbans.

2.1 Delimitació dels límits metropolitans

La identificació dels límits metropolitans pot ésser materialitzada principalment mitjançant tres aproximacions. La primera, l'aproximació administrativa, identifica àrees metropolitanes a base de les unitats administratives legals. És conceptualitzada com un instrument amb propòsits de governança i control. La identificació parteix de límits locals i/o provincials i s'apliquen criteris per tal de distingir els límits metropolitans dels que no ho són (lindars de població, decisions governamentals, històriques, etc.).

L'aproximació morfològica, segona aproximació, identifica àrees metropolitanes on el seu continu urbà d'assentaments es defineix a partir de certs lindars de densitat, dimensió o grau d'urbanització. L'àrea metropolitana és conceptualitzada com un objecte físic, sense fer referència a cap consideració de relació funcional. NUREC, que retorna el criteri dels 200 metres de l'Organització de les Nacions Unides (ONU) dona un clar exemple de com delimitar àrees metropolitanes mitjançant un criteri d'unitats geogràfiques contínues que excedeixen d'un cert llindar de densitat (NUREC, 1994).

L'aproximació funcional, per raons òbvies, és la que ha tingut més recorregut en la literatura especialitzada, doncs és possible detectar sistemes urbans sense tenir en compte la continuïtat física de la seva urbanització i, per tant, és la més apropiada per tal de fer front al paradigma emergent de les ciutats en xarxa i difuses. En aquest sentit, l'anàlisi de les interaccions que es plantegen entre els dos grans mercats urbans, entre el residencial i el de treball, on la seva reflexió té la seva màxima expressió en els fluxos residència treball, ha esdevingut un element clau per tal de determinar els confins espacials d'aquesta interacció funcional. La mobilitat per motiu de treball, per tant, és vista com un element significant per tal d'explicar l'essència del fenomen urbà i metropolità.

Als Estats Units, els fluxos residència-treball han estat utilitzats per tal de detectar àrees metropolitanes estadístiques, tal i com ha passat posteriorment a diversos països Europeus com ara França, Itàlia i Regne Unit, o a través d'un anàlisi conjunt d'ells (Hall i Pain, 2006; ESPON, 2006).

A Espanya, deixant de banda els treballs de delimitació morfològica conduïts pel *Ministerio de Vivenda* des del 1965 fins el 2007, són d'importància els treballs que delimita àrees de cohesió basades en criteris funcionals³ (Castañer, 1994), com per exemple en el cas de València (Casado, 2001). D'altra banda també és rellevant mencionar els estudis a nivell estatal realitzats per una banda a partir de les dades del Cens del 2001 delimitant set àrees metropolitanes espanyoles mitjançant la metodologia funcional del *Bureau of US Census for New England* (Roca *et al.*, 2005) o els estudis que utilitzen el seu propi algorisme funcional d'adscripció⁴ (Feria, 2008).

³El concepte de cohesió es basa en el valor relatiu dels fluxos de mobilitat entre diversos municipis considerant la població ocupada resident (en endavant, POR) i els llocs de treball localitzats (en endavant, LTL) en cada un d'ells. La cohesió s'estableix a partir d'un valor llindar per sota del qual queden obviats els vincles. El valor inicial mínim que prenen en el seu estudi com a llindar per establir una relació de cohesió va ser del 15%. És a dir, una àrea de cohesió es forma si com a mínim el 15% de la població activa d'un municipi es desplaça a un altre o si, com a mínim un 15% dels llocs de treball estan ocupats per actius residents en un altre. La determinació del valor llindar és molt significativa, ja que d'això depèn el nombre i l'extensió de les àrees de cohesió que Castañer genera.

⁴On el principi bàsic consisteix en identificar *nuclis de població* a partir de l'entitat urbana: municipis, doncs segons és la unitat geogràfica en la qual es disposa de tota la informació de mobilitat residència treball (Feria, 2008). Per tal d'identificar aquests *nuclis de població* pren un llindar de 100.000 habitants, tot i que s'explica que el llindar tradicionalment utilitzat en l'experiència nord-americana és de 50.000; en el cas espanyol com que la mida mitjana dels municipis és superior, és aconsellable elevar dit llindar. Seguidament, s'estableix la relativa proporció del nivell d'integració o vinculació que ha d'existir entre el municipi central per la comptabilització d'un municipi central com a metropolità, és a dir, establir el percentatge mínim sobre el total de la població ocupada resident en el municipi que treballa en el municipi central o bé, en sentit invers, el percentatge sobre el total de la població que treballa en el municipi que procedeix del municipi central. Feria, enfront de les alternatives que exposa, opta per un llindar del 20% a la vegada que introduïda en el model una altra dimensió en quan a nivells de integració: la dels fluxos absoluts degut a la peculiar estructura administrativa espanyola, on s'establia que tots aquells municipis que reben o emeten fluxos superiors als 1.000 treballadors s'integrarien en les àrees metropolitanes sempre que aquest valor absolut signifiqui també, com a mínim i respectivament, un 15% dels seus treballadors residents o de llocs de treball localitzats en el municipi. Finalment, el tercer i últim pas de l'algorisme d'adscripció funcional de Feria consisteix, bàsicament, en la introducció de la noció de caràcter metropolità mitjançant un criteri d'exclusió d'àmbits delimitats segons el criteri mobilitat residència-treball, que el fixen en el seu cas mitjançant un llindar de flux de 100 treballadors per considerar-lo com a metropolità amb el qual els llindars mínims aplicats són del 20% d'integració, sempre que suposi un flux de com a mínim 100 treballadors. Aquest últim criteri, segons Feria, a més es complementava amb el de fluxos superiors a 1.000 treballadors, en el qual el criteri d'integració es relaxava fins al 15%.

La metodologia utilitzada per Roca consistia en: a) detectar els centres urbans com els municipis amb una població superior als 50.000 habitants, b) la integració i detecció dels municipis que envien com a mínim el 15% de la seva població ocupada resident (en endavant, POR) al centre urbà prèviament identificat, c) l'agregació del centre amb els municipis dependents formant un cinturó metropolità, i d) repetir tres cops més el procés indicat en b) per finalment després de la quarta iteració eliminar aquells municipis que no guardin contigüitat amb l'àrea metropolitana (Roca *et al.*, 2005).

Seguint aquesta metodologia Boix i Veneri l'han replicat utilitzant com a àmbit el territori italià i espanyol i introduint una modificació per tal d'adaptar-se a les realitats policèntriques per tal de trobar el que anomenen àrees metropolitanes dinàmiques (en endavant, DMA). La seva metodologia consisteix en determinar el *central core* de l'àrea metropolitana formada per *ciutats centrals* i el seu primer cinturó. Una ciutat central ha de tenir com a mínim 50.000 habitants i el *central core* ha d'estar format per la ciutat central i pels municipis del voltant que *commuten* com a mínim el 15% dels seus treballadors residents amb la ciutat central (Boix i Veneri, 2009).

En segona instància, a diferència de la metodologia USA, el *hinterland* és format a partir de 4 iteracions a la vegada que per solucionar els problemes que ocasiona trobar massa ciutats contínues i no contínues de més de 50.000 habitants i, per tant, essent difícil diferenciar la ciutat central dels subcentres de segon ordre. Per tant, apliquen si una d'aquestes ciutats envia més del 15% del total del seu *commuting* cap a una altra, la primera és considerada un subcentre de la última, i si les dues ciutats comparteixen recíprocament més d'un 15% del seu total de *commuting* llavors les dues s'uneixen formant un sol únic centre de la mateixa àrea metropolitana; i si en una de les quatre iteracions prèvies una ciutat central potencial es converteix com el nucli o el *hinterland* d'una altra àrea metropolitana, la ciutat és eliminada de la llista de ciutats centrals i es torna a repetir el procés fins que totes les ciutats centrals són separades dels subcentres de segon ordre superiors dels 50.000 habitants. El procés de consolidació de les DMA culmina en una sola àrea metropolitana quan són agregades per continuïtat a la vegada que alguna d'elles envia un flux de *commuters* superior al 10% del total de la seva població ocupada residents (Boix i Veneri, 2009)..

D'aquesta manera, la metodologia de Roca *et al.* com la de Boix i Veneri afirmen que el límit del 15% (sense la consideració de cap massa crítica) tendeix a integrar en l'àrea metropolitana un determinat significatiu nombre de petits municipis localitzats en les perifèries d'aquestes en el qual amb el llindar del 15% és fàcil d'assolir.

No obstant, en aquest article es té la convicció que malgrat els problemes descrits, les metodologies funcionals són les més adequades per tal de definir les realitats policèntriques metropolitanes. Per tant, la metodologia utilitzada per tal de delimitar les àrees metropolitanes està basada també en les dades residència treball, tenint la particularitat que les interaccions bidireccionals són conjuntament considerades, és a dir, la relació bidireccional entre municipis és analitzada (Roca *et al.*, 2009; Roca *et al.*, 2011a). Aquesta relació bidireccional és possible gràcies al valor d'interacció definit per Roca i Moix (2005) seguint Coombes i Openshaw (1982). El valor d'interacció entre dos municipis és expressat de la següent manera en l'equació 1:

$$IV_{ij} = \frac{f_{ij}^2}{RWP_i LTL_j} + \frac{f_{ji}^2}{RWP_j LTL_i} \quad (1)$$

On:

IV_{ij} és el valor d'interacció entre dos municipis (i) i (j),

(f_{ij}) i (f_{ji}) són els fluxos existents,

(RWP) és la població resident ocupada,

(LTL) els llocs de treball localitzats dins dels municipis (i) i (j).

El valor d'interacció té un especial interès per damunt d'altres indicadors d'interacció urbana, donat que el pes dels fluxos entre els dos municipis es relativitza degut a la totalitat de les masses de població ocupada resident i llocs de treball localitzats dels municipis en relació; a la vegada que aquest pes és considerat d'una manera bidireccional: no només l'atracció en un sol sentit (per exemple del gran cap al petit) sinó també en la direcció oposada.

A partir del valor d'interacció (Equació 1) no només és possible definir límits metropolitans (Roca i Moix, 2005) sinó que també és possible identificar els candidats a subcentre, seguint el següent procés (Roca *et al.*, 2009):

1. La unió dels municipis metropolitans segons el seu màxim valor d'interacció. Això determina, com a regla general, la unió de municipis amb major nombre de LTL i, per tant, els candidats a subcentre amb els municipis que estan més vinculats.
2. La formació en protosistemes. El procés d'unió anterior culmina quan s'assoleix un sistema tancat. A tall d'exemple, si els municipis A, B i C, tenen la màxima relació amb D, formaran un protosistema, només si D té la seva màxima relació amb A, B o C. Contràriament, si D té la seva màxima relació amb E, tots ells gravitaran cap aquest últim, completant un protosistema només si aquest té la seva màxima relació amb un dels municipis agregats anteriors (per exemple amb el D).
3. Els protosistemes només són consolidats si són físicament continus. D'altra manera, les discontinuïtats són corregides, forçant els diferents municipis a integrar-se amb el protosistema amb el qual tenen el major valor d'interacció. Per tant, els protosistemes representen els elements bàsics pels quals el territori metropolità està estructurat i constitueixen les llavors del policentrisme, una àrea metropolitana amb més protosistemes interns tendeix a tenir una major tendència cap a la descentralització (Roca *et al.*, 2011a).
4. D'altra banda, la consolidació requereix, un mínim nivell d'autocontenció⁵ del 50%. En el fet que el protosistema no arribi al suficient grau d'autonomia, és agregat amb el protosistema amb el que té el màxim nivell d'interacció, i així continua de manera iterativa fins que el protosistema resultant garanteixi la condició d'autocontenció. En aquest cas, la consolidació es anomenada

⁵ Per autocontenció s'entén el percentatge entre la POR que treballa en el mateix municipi (o protosistema): RW/POR (on RW són els treballadors residents que treballen en el mateix municipi o protosistema i la POR és la població resident ocupada).

com a subsistema urbà, on el municipi amb el que té major densitat i massa crítica és qui estructura el seu sistema urbà, per tant el candidat a ésser subcentre.

Si els subsistemes urbans són agregats mitjançant un procés iteratiu, on cada iteració representa la unió de dos subsistemes urbans amb el màxim valor d'interacció, és possible delimitar àrees metropolitanes. En altres paraules, el segon pas segons Roca *et al.* (2009) consisteix en agregar subsistemes urbans segons el valor interacció entre ells. En aquest procés, els subsistemes que són més centrals i madurs són els primers en agregar-se en el *camp gravitacional* del subsistema urbà central (Barcelona), per posteriorment fer-ho els que estan localitzats més perifèricament.

En el present article, el procés d'interacció utilitza les dades de la mobilitat obligada residència-treball pels anys 1991, 1996 i 2001 a escala territorial de Catalunya, on el procés iteratiu és finalitzat a un llindar de valor d'interacció equivalent al 1/1.000, excepte en el cas del 1991 on es finalitza a un valor de 1,9/1.000. En establir el valor de finalització del procés de formació de les àrees metropolitanes per cada any (1991, 1996 i 2001) s'ha estudiat en detall que després d'un valor d'interacció del 1/1.000 (pels anys 1996 i 2001) és necessari esperar un nombre significatiu d'iteracions per tal d'agregar més subsistemes urbans a l'àrea metropolitana en qüestió. En el cas de l'any 1991, el procés de formació finalitza en un valor d'interacció de 1,9/1.000 doncs és necessari esperar 47 iteracions per tal d'agregar el pròxim subsistema urbà⁶. Així doncs, d'alguna manera els llindars establerts permeten integrar subsistemes urbans altament vinculats.

2.2 Els sistemes metropolitans de Barcelona pels anys 1991, 1996 i 2001

Aplicant la metodologia prèvia, explicada en la secció anterior, en les següents figures (Fig. 1, 2 i 3) i taules (Taules 1, 2 i 3) es mostren les diferents delimitacions dels sistema metropolità de Barcelona pel període de temps considerat.

⁶ Per tal de determinar el llindar adequat s'ha estudiat en detall el procés de formació de l'Àrea Metropolitana de Barcelona per cada any estudiat, per tant, el valor usat per cada any respon al límit de *temps d'espera* en termes de nombres d'iteracions per tal d'integrar marginalment un subsistema urbà que tingui com a resultat que l'Àrea Metropolitana s'estengui considerablement, és a dir, és el límit superior pel qual els subsistemes urbans més interconnectats són units conjuntament entre ells i amb el subsistema urbà central (en el nostre cas, Barcelona).

Figura 1. El sistema metropolità de Barcelona per l'any 1991

Font: Elaboració pròpia.

Taula1. Característiques del sistema metropolità de Barcelona per l'any 1991

Subsistema (nom)	nº municipis	nº protosistemes	Població	LTL (working places)	Autocontenció (RWi/PORi)	Autosuficiència (RWi/LTLi)
Arenys de Mar	6	2	28.206	7.956	74,98%	89,96%
Barcelona	18	6	2.695.745	998.893	92,45%	91,33%
Garriga (La)	2	1	12.809	5.108	64,98%	63,23%
Gavà	6	2	121.280	29.844	55,52%	78,78%
Granollers	6	2	87.120	34.917	76,68%	73,07%
Martorell	8	2	54.821	20.491	77,36%	72,02%
Mataró	11	3	169.053	55.277	80,30%	89,84%
Molins de Rei	8	2	68.240	21.265	54,73%	65,53%
Mollet del Vallès	4	1	51.186	16.624	52,32%	59,16%
Montornès del Vallès	4	1	20.423	9.638	61,54%	50,23%
Palau-solità i Plegamans	5	1	27.140	12.145	69,00%	60,32%
Parets del Vallès	3	1	19.873	14.509	59,98%	32,62%
Rubí	2	1	89.342	33.134	59,83%	62,05%
Sabadell	11	2	386.256	139.838	75,47%	75,36%
Sant Andreu de la Barca	2	1	19.458	13.366	66,72%	37,30%
Terrassa	4	1	167.147	54.316	81,14%	85,78%

Font: Elaboració pròpia.

Figura 2. El sistema metropolità de Barcelona per l'any 1996

Font: Elaboració pròpia.

Taula 2. Característiques del sistema metropolità de Barcelona per l'any 1996

Subsistema (nom)	nº municipis	nº protosistemes	Població	LTL (working places)	Autocontenció (RWi/PORi)	Autosuficiència (RWi/LTLi)
Barcelona	32	9	2.740.659	949.830	90,52%	90,35%
Cardedeu	6	2	23.439	6.981	54,28%	70,28%
Garriga (La)	2	1	15.247	5.466	53,93%	57,92%
Granollers	6	1	89.794	36.459	68,26%	64,07%
Martorell	7	1	62.051	32.273	70,75%	48,95%
Mataró	13	3	184.972	52.966	72,86%	88,79%
Mollet del Vallès	7	2	77.999	33.208	54,51%	49,88%
Montornès del Vallès	4	1	22.723	10.519	54,67%	45,68%
Palau-solità i Plegamans	5	1	31.887	14.766	60,09%	50,73%
Piera	6	1	18.218	4.868	54,76%	71,51%
Rubí	2	1	101.295	37.919	53,27%	54,09%
Sabadell	13	2	396.439	144.762	71,18%	69,91%
Sant Andreu de la Barca	2	1	24.603	14.919	56,83%	37,46%
Sant Celoni	8	1	22.219	7.704	75,45%	79,74%
Sant Martí Sarroca	2	1	4.089	984	51,12%	73,98%
Sant Sadurn d'Anoia	6	1	17.648	6.077	75,22%	80,14%
Terrassa	7	2	177.800	58.054	75,91%	80,39%
Vilafranca del Penedès	14	3	44.004	17.746	81,05%	76,86%
Vilanova i la Geltrú	6	1	90.435	26.169	72,85%	89,73%
Breda	2	1	4.672	1.322	67,49%	76,17%
Arboç (L')	5	1	8.848	3.587	63,49%	54,73%
Vendrell (El)	9	1	41.956	11.575	69,69%	86,49%

Font: Elaboració pròpia.

Figura 3. El sistema metropolità de Barcelona per l'any 2001

Font: Elaboració pròpia

Taula3. Característiques del sistema metropolità de Barcelona per l'any 2001

Subsistema (nom)	nº municipis	nº protosistemes	Població	LTL (working places)	Autocontenció (RWi/PORI)	Autosuficiència (RWi/LTLi)
Arenys de Mar	4	1	30.810	9.204	59,27%	79,34%
Barcelona	18	4	2.450.517	1.030.553	88,10%	84,03%
Cardedeu	6	2	28.628	9.773	53,06%	67,40%
Garriga (La)	2	1	17.863	7.312	55,64%	56,70%
Granollers	10	3	123.086	59.999	69,09%	61,49%
Malgrat de Mar	4	1	31.985	12.014	68,15%	72,22%
Martorell	13	3	98.282	54.012	70,67%	55,68%
Mataró	13	3	202.973	70.589	70,95%	85,51%
Mollet del Vallès	9	3	120.717	59.834	54,98%	49,34%
Palau-solità i Plegamans	4	1	28.831	15.537	57,39%	48,78%
Pineda de Mar	4	2	40.410	13.827	69,29%	77,88%
Rubí	2	1	116.128	54.026	54,80%	54,17%
Sabadell	11	2	383.721	154.924	70,17%	71,13%
Sant Andreu de la Barca	9	4	94.287	40.445	51,23%	52,63%
Sant Boi de Llobregat	8	2	236.664	68.522	51,00%	73,27%
Sant Celoni	10	2	29.618	10.931	73,33%	79,72%
Sant Sadurn d'Anoia	7	1	17.451	7.401	73,99%	73,06%
Terrassa	6	1	192.483	72.953	74,04%	80,80%
Vilafranca del Penedès	18	2	54.241	24.350	81,11%	75,56%
Vilanova i la Geltrú	5	1	105.704	34.871	71,22%	89,29%
Blanes	3	1	57.438	20.502	86,53%	88,98%
Hostalric	4	1	4.897	2.680	65,86%	47,50%
Arboç (L')	4	1	8.537	2.835	58,76%	66,46%
Vendrell (El)	10	1	54.983	16.988	70,50%	86,56%

Font: Elaboració pròpia.

Per cada sistema metropolità, apart d'identificar quants subsistemes urbans el defineixen, es pot observar el nombre de municipis i protosistemes que el conformen a la vegada que s'obtenen les xifres de població, LTL i el grau d'autocontenció i autosuficiència. Així es superposen els tres límits funcionals identificats amb el límit administratiu de la Regió Metropolitana de Barcelona (en endavant, RMB) (veure Figura 4 i Taula 4). Tal i com s'observa durant els 10 anys considerats, el límit metropolità funcional barceloní ha experimentat canvis significatius: s'ha duplicat la superfície (1.807,83 km² a l'any 1991 fins arribar a 3.759,96 km² a l'any 2001) a la vegada que s'ha augmentat significativament la població, els llocs de treball localitzats i el nombre de municipis continguts. A la vegada, degut a la significança de la metodologia del valor de interacció on és possible reconèixer les llavors de l'estructura territorial (protosistemes), els elements bàsics d'aquesta estructura (subsistemes) i la seva estructuració en sistemes complexes (àrees metropolitanes) (Roca *et al.* 2011a), tornant a observar la Figura 4 es pot arribar a la conclusió que des del 1991 al 2001 el sistema metropolità de Barcelona ha experimentat un procés de descentralització acusat en termes d'activitat econòmica i residencial (en el 1991 hi havien 29 protosistemes i 16 subsistemes i a l'any 2001, 44 i 24 respectivament). En les properes seccions de l'article es tractarà d'esbrinar si aquesta descentralització ha vingut acompanyada d'una estructura més policèntrica o dispersa.

Figura 4. Superposició dels límits dels sistemes metropolitans 1991-2001 amb el límit administratiu de la Regió Metropolitana de Barcelona (RMB)

Font: Elaboració pròpia.

Taula 4. Característiques urbanes dels sistemes metropolitans de Barcelona 1991-2001

Límit Metropolità	Àrea (km2)	Població	LTL (working places)	nº subsistemes	nº protosistemes	nº municipis
1991	1807,83	4.018.099	1.467.321	16	29	100
1996	3332,85	4.200.997	1.478.154	22	38	164
2001	3759,96	4.530.254	1.854.082	24	44	184
RMB						164

Font: Elaboració pròpia.

2.3 Identificació dels subcentres urbans

L'extensa literatura per tal d'identificar subcentres urbans es pot classificar clarament en dues famílies: la que està basada en l'anàlisi de la densitat⁷ d'ocupació (llocs de treball) o de població, i la que està basada en l'anàlisi de la mobilitat (relacions funcionals). Cronològicament, la literatura per identificar subcentres urbans mitjançant la primera família esmentada va ser definida principalment per criteris administratius i històrics a principis dels anys 80 (Griffith, 1981a; Griffith, 1981b) i, posteriorment, en els anys 90 (McDonald, 1987; Giuliano i Small, 1991; Bogart i Ferry, 1999; Cervero i Wu, 1998; Craig i Ng, 2001; Gordon i Richardson, 1996; McDonald i McMillen, 1990; McDonald i Prather, 1994; McMillen, 2001; McMillen i Lester, 2003; Readfearn, 2007; García-López i Muñiz, 2007).

Com a resultat, els treballs mencionats han aportat fer un pas més endavant per tal d'analitzar i entendre les estructures policèntriques dels sistemes urbans contemporanis. No obstant, la majoria de la literatura més recent presenta una limitació rellevant: defineix els subcentres urbans exclusivament des de l'òptica de la densitat d'ocupació o de població, deixant de banda el que podria ésser l'element essencial del policentrisme, la generació d'estructura urbana.

Per aquesta raó, en la literatura ha aparegut la segona família que es citava anteriorment, la que està basada o es centra en les relacions funcionals: considerant la influència d'una localització en organitzar i estructurar els fluxos deguts a la mobilitat residència-treball en un sistema urbà complex. Concepció que implícitament ha d'entendre els subcentres no només com localitzacions denses en l'espai metropolità, sinó que també com a nodes que poden enfortir les relacions funcionals amb els seus municipis veïns (Bourne, 1989; Gordon i Richardson, 1996) i permetent a la vegada que l'àrea metropolitana és delimitada identificar els subcentres urbans (Roca *et al.*, 2009; Roca *et al.*, 2011a).

D'acord amb la concepció explicada per Roca, els subcentres no només poden ésser entesos com a pics locals en la funció de densitat d'ocupació. Es demana més d'ells, haurien de configurar nodes de l'estructura metropolitana que impliquessin tensions significatives en la mobilitat urbana. Els subcentres haurien de constituir uns pols reals d'influència i de referència territorial als municipis que l'envolten tant amb aspectes culturals, socials i econòmics, única manera per tal que puguin generar autèntiques ciutats i configurar així una metròpolis de ciutat de ciutats (Roca *et al.*, 2009; Roca *et al.*, 2011a).

En el present article, per tal de detectar subcentres mitjançant l'anàlisi de la mobilitat, es parteix també de la mateixa noció de policentrisme exposat en els treballs de Roca citats anteriorment, en els quals els nodes no només representen concentracions significatives d'ocupació (llocs de treball) sinó que també configuren estructura metropolitana. És assumit, per tant, que el centre i els subcentres configuren una àrea metropolitana a partir de ciutat de ciutats, definits per subsistemes urbans i caracteritzada per més o menys monocentrisme, policentrisme i dispersió. De totes maneres, en l'actual article tot i està d'acord amb la mateixa noció de policentrisme difereix amb els treballs anteriors en termes d'identificació de subcentres urbans introduint la següent modificació.

⁷La literatura i els mètodes per tal d'identificar subcentres urbans basats en l'anàlisi de la densitat estan explicats en més detall a Marmolejo, Masip i Aguirre (2012-propera publicació).

En el treball de Roca és definit com a subcentre urbà aquells municipis que *lideren* cada subsistema urbà mitjançant l'aplicació de la metodologia per delimitar àrees metropolitanes explicada en l'anterior secció 2.1. En aquest sentit, per una banda, els subcentres que Roca identifica són autocontinguts, doncs els subsistemes urbans només són consolidats en el cas que assoleixin un nivell mínim d'autocontenció del 50%. Per tant, d'aquesta manera es garanteix que els subcentres identificats puguin retenir significativament la seva POR. D'altra banda, també es garanteix que els subcentres tinguin la capacitat d'estructurar el seu subsistema urbà, doncs el municipi que lidera cada subsistema és el municipi amb més densitat i massa crítica dins d'aquest⁸.

No obstant, el que no es garanteix possiblement és si aquests subcentres són nodes importants dins del sistema metropolità, més enllà del seu *hinterland* en termes de fluxos *incommuting* (fluxos d'entrada), és a dir, si poden atraure fluxos significatius des de tot el territori metropolità i esdevenir localitzacions atractives per residir i treballar. En aquest sentit, el treball de Marmolejo *et al.* intenta identificar subcentres afegint una segona condició a partir d'aplicar un llinar de LTL. Es considera subcentre el municipi que lidera cada subsistema urbà i que a la vegada els seus LTL (treballadors residents, RW, i fluxos d'entrada de treballadors, FE) és superior a l'1%⁹ dels LTL del sistema metropolità. Per tant, les expressions utilitzades a per identificar subcentres són l'equació 1, ja explicada, i l'equació 2 (Marmolejo, Masip i Aguirre, 2012 propera publicació):

$$IV_{ij} = \frac{f_{ij}^2}{RWP_i LTL_j} + \frac{f_{ji}^2}{RWP_j LTL_i} \quad (1)$$

$$LTL \geq 1\% \sum LTL_{BMR} \quad (2)$$

Desafortunadament, aquesta segona condició té els següents problemes: per una banda els relacionats a priori, com definir un nivell de massa crítica a través del coneixement local és una tasca molt subjectiva i els resultats són molt dependents amb el llinar utilitzat; per l'altra, el llinar possiblement és apropiat per una àrea metropolitana i per un any determinat (p.e. en el 2001) no ho pot ésser per un altre (p.e. en el 1991), cosa que fa molt difícil comparar resultats per una mateixa àrea metropolitana a través del temps (cas d'estudi del present article).

Per aquestes raons, s'utilitza la condició proposada per Masip, enlloc de l'anterior explicada: es considera com a candidat a subcentre el municipi que *lidera* el subsistema i que a la vegada és un node dominant dins del sistema metropolità en quan a atractivitat de treballadors que *commuten* cap a ell, atrau treballadors de tot el territori metropolità (fluxos d'entrada) per sobre de la mitjana dels fluxos d'entrada de la àrea metropolitana en qüestió (Masip, 2011b). Aquesta condició pot ésser expressada de la següent manera (veure Equació 3):

⁸ Si en el present article s'hagués seguit al peu de la lletra, pas per pas, la metodologia proposada en els treballs de Roca explicats, per tal d'identificar els subcentres urbans, s'haguessin identificat els següents: en el 1991, s'haguessin identificat 16 subsistemes, doncs la metodologia per delimitar l'àrea metropolitana en defineix 16 (veure Fig. 1). Anàlogament, s'haguessin identificat 22 (veure Fig. 2) en el 1996 i finalment 24 per l'any 2001 (veure Fig. 3)

⁹ Seguint el criteri de massa crítica proposat per García-López & Muñiz (2007)

$$IV_{ij} = \frac{f_{ij}^2}{RWP_i LTL_j} + \frac{f_{ji}^2}{RWP_j LTL_i} \quad (1)$$

$$DI_{u-sub} = \frac{IF_{u-sub(i)}}{\frac{IF_{MS}}{n}} \quad \text{i la condició és satisfeta si} \quad DI_{u-sub} > 1 \quad (3)$$

On:

IF_{U-SUB} són els fluxos d'entrada (de treballadors) que el subsistema urbà (i) pot atraure,

IF_{MS} són els fluxos d'entrada totals existents en el sistema metropolità definit (la suma de tots els $IF_{U-SUB(i)}$),

(n) és el nombre total de subsistemes urbans i $\frac{IF_{MS}}{n}$ és l'atractivitat mitjana del sistema metropolità en termes de fluxos d'entrada *in-commuting flows*.

S'observa que en comparació amb la condició prèvia (2), aquesta condició (3) no experimenta els problemes derivats d'utilitzar un llindar subjectiu. És objectiu, doncs el coneixement local no és necessari per tal d'identificar els subcentres urbans, s'identifiquen a partir d'aquells subsistemes que el seu Índex de Dominància de fluxos d'entrada (en endavant, DI_{u-sub}) és superior a l'atractivitat mitjana del sistema; i d'altra banda, és apropiat per tal de fer un anàlisi comparatiu tal i com la present investigació es proposa el valor d'atractivitat mitjana canvia en relació als diferents límits metropolitans identificats¹⁰.

Cal afegir que encara que en la present recerca s'ha optat per identificar subcentres mitjançant l'anàlisi de la mobilitat residència treball a escala de subsistemes urbans, hom també hagués pogut identificar subcentres mitjançant l'escala territorial dels protosistemes com a unitat espacial d'anàlisi i aplicant la condició (3) explicada; tal i com ja s'ha comentat Roca *et al.* (2011) considera que els protosistemes com els elements bàsics en els què el territori metropolità és estructurat. També s'hagués pogut afegir en l'anàlisi d'identificació de subcentres, els mètodes basats en l'anàlisi de densitat i aplicant la condició (3) s'hagués tingut una lectura comparativa de tots els subcentres identificats segons metodologia i sistema metropolità identificat¹¹.

Així, l'aplicació de la metodologia anterior permet identificar els següents candidats a subcentre, presentats en les següents Figures 5, 6 i 7.

¹⁰Pot constatar-se a més, que es dona per entès que amb les condicions (1) i (3) els subcentres identificats són relativament autocontinguts (com a mínim un 50%, doncs sinó el subsistema no s'hagués consolidat) i són capaços d'estructurar el seu subsistema urbà (*hinterland*) doncs el municipi que lidera cada subsistema és el més dens i amb més massa crítica, a la vegada que es garanteix que no només és capaç d'estructurar la seva àrea d'influència sinó que també segons diversos graus de dominància pot influir en tot el territori metropolità. No obstant, hagués estat interessant afegir una altra condició per tal de rubricar que els subcentres són significativament autocontinguts i no donar per bo el nivell mínim exigint del 50%. Una condició possible seria, a partir de l'expressió (3), enlloc de considerar només els fluxos d'entrada també considerar els treballadors residents (RW) i confeccionar un índex de retenció de treballadors. Una altra possibilitat seria confeccionar, a partir de l'expressió (3), un índex d'atractivitat i retenció, considerant els LTL.

¹¹Aquestes dues propostes han estat dutes a terme en el treball realitzat a Masip (2011b), però per qüestions d'extensió en l'actual investigació no s'han adjuntat, tot i així s'ha trobat d'interès fer-ne menció.

Figura 5. Candidats a subcentre. Sistema Metropolità de Barcelona – 1991

Font: Elaboració pròpia.

Figura 6. Candidats a subcentre. Sistema Metropolità de Barcelona – 1996

Font: Elaboració pròpia.

Figura 7. Candidats a subcentre. Sistema Metropolità de Barcelona – 2001

Font: Elaboració pròpia.

3. Mesura del policentrisme (1991-2001) a escala intrametropolitana: aproximacions morfològica, funcional i integrada

En aquesta secció, la mesura i l'evolució (1991-2001) del nivell de policentrisme a escala regional és assolida. En la literatura especialitzada, es posa de relleu que el concepte de policentrisme i la seva quantificació empírica és encara considerat un vague i borrós (Meijers, 2008; Burger i Meijers, 2011). Per aquesta raó, és necessari fer èmfasi a les nocions existents del policentrisme a través de descriure les diverses escales territorials a les que fa referència, com també a les dimensions en les quals s'erigeix. Tal i com s'ha mencionat abans, en la introducció, la noció de policentrisme pot ésser referida com a mínim a tres escales espacials: la global, l'europea i la metropolitana; a la vegada que les perspectives analítiques que la literatura identifica per tal de mesurar-lo són les dimensions morfològica i funcional.

En aquest sentit, el treball ESPON 1.1.1 explica que el policentrisme és un concepte normatiu ambigu, multiescalar i definit d'una manera no clara. L'estudi ESPON dóna importància a que existeixen dos elements estructurals lligats al policentrisme: per una banda, els elements morfològics que tenen a veure amb la mida i amb la distribució territorial de les àrees urbanes en un territori en qüestió; i per altra banda, els elements funcionals (de relació) basats en les xarxes de fluxos i cooperació entre les àrees urbanes que es produeixen a diferents escales (NORDREGIO, 2005). En comparació amb aquest estudi, el treball posterior ESPON 1.4.3 no parteix d'una definició explícita del policentrisme, només es limita a emfatitzar-lo com un concepte purament morfològic (IGEAT, 2007). Conseqüentment, el treball ESPON 1.1.1 inclou aspectes de relacions o de flux entre les unitats espacials d'anàlisi (en endavant, FUA) i en el

cas de l'estudi ESPON 1.4.3 està concentrat únicament amb la distribució de la mida de les unitats espacials analitzades (també les FUA).

El debat obert és continuat per Meijers on explica que els treballs d'ESPON 1.1.1 quantifiquen el policentrisme a partir de la distribució *rank-size* de les FUA: quan més plana és la distribució, i per tant la línia de la regressió *encaixa més en la distribució*, més policèntrica és la regió urbana (Meijers, 2008). Bàsicament, el policentrisme es refereix a una pluralitat de centres en una àrea urbana i, per tant, per naturalesa és una qüestió morfològica. Com a síntesi per tal de definir les condicions per les quals una regió urbana és policèntrica Parr explica que, entre altres, és fonamental la separació entre les ciutats i la seva distribució en termes de mida¹². Per tant, les característiques morfològiques com ara la mida i la separació entre les ciutats són factors determinants per tal d'establir si una àrea és policèntrica o, oposadament, monocèntrica (Parr, 2004). Resumint, seguint la terminologia proposada per l'ESDP, un país o una regió pot ser considerada més policèntrica quan: existeix una jerarquia menys acusada en la mida de les ciutats (FUA, o unitat espacial d'anàlisi), és a dir, quan les ciutats estan més equilibrades entre elles en termes de mida i cap ciutat domina les altres; les ciutats estan més distribuïdes equitativament a través del territori regional o estatal.

Per tal de quantificar el policentrisme Meijers (2008) i Burger & Meijers (2011) usen la següent expressió analítica de distribució *rank-size* (Equació 4):

$$\text{Pop}(\text{Lg } 10) = C + \beta \text{RankPop}(\text{Lg } 10)(4)$$

Els dos estudis anteriors mencionats es concentren en les principals ciutats com a mostra per tal de quantificar el policentrisme. Es pot dir a terme mitjançant: 1) donat un nombre fixat de ciutats; 2) a través d'utilitzar un llindar fixat; o 3) una mida per sobre del qual es considera una mostra significativa de la proporció de la població de la regió o del país analitzat (per exemple, analitzant les ciutats que estan per sobre de la desviació estàndard). Quan es quantifica el policentrisme en base a la distribució *rank-size*, la mida de la mostra que millor resultats té és a través de fixar un nombre determinat de ciutats. La qüestió és saber quin és aquest nombre (Meijers, 2008). Encara que la discussió estigui oberta, en els seus estudis demostra que els càlculs on la mostra és $n=10$ estan altament correlacionats quan la mostra és $n=5$ o $n=20$.

¹²Les altres que Parr (2004) proposa són: les regions urbanes policèntriques com a clúster d'assentaments similars, separats per espais oberts, amb interaccions entre ells per sobre de la mitjana i tenint una estructura econòmica especialitzada. En aquesta línia, Champion (2001, suggereix que hi ha tres característiques bàsiques que defineixen una regió urbana policèntrica segons uns graus de restricció: 1) la varietat d'assentaments dins de la regió (condició menys restrictiva); 2) com l'anterior, però existint certa interacció entre els diversos assentaments; 3) afegint a les dues anteriors la capacitat de cada centre de tenir una funció especialitzada dins de la regió urbana en qüestió. En aquest sentit Spierkermann i Wegerner (2004) desenvolupen una definició formal del policentrisme basada en el *rank-size* dels assentaments dels sistemes urbans. Suggereixen que el policentrisme pot ésser quantificat a partir de tres requeriments bàsics: 1) en un sistema urbà policèntric hi ha una distribució de petites i grans ciutats; 2) la distribució *rank-size* és *log-lineal*; i 3) el sistema urbà policèntric no és dominat per una única gran ciutat. Finalment, Kloosterman i Musterd (2001) defensen que les configuracions urbanes policèntriques haurien de recollir les següents característiques: 1) un nombre diferent de ciutats històriques; 2) una falta de ciutat dominant; 3) un nombre de ciutats de similar mida entre elles i un gran nombre de pobles petits; 4) localització pròxima entre les ciutats que conformen el sistema; i 5) les ciutats són independents les unes de les altres en termes polítics i espacials.

Apart dels treballs citats anteriorment, Hall i Pain també utilitzen la distribució *rank-size* per tal de quantificar el policentrisme de dimensió morfològica. “El tamany de la població pot ésser usat per tal de generar una primera i vàlida mesura del policentrisme relatiu mitjançant l’índex del *rank-size*” (Hall & Pain, 2006: 42). Indicador que ha estat usat com una eina de quantificació per part de la geografia urbana des dels començaments dels anys 60 com ho són els treballs pioners per tal de caracteritzar diferents estats Europeus (Hagget, 1965; Hall i Hay, 1980). Per tant, les estimacions *rank-size* han estat àmpliament utilitzades en la literatura de la distribució espacial de la població i de l’activitat econòmica. En particular han estat utilitzades per tal d’estimar la llei de *Zipf’s*, on l’evidència empírica demostra que el pendent de l’expressió (4) determinat pel coeficient estimat (β) indica el nivell de policentrisme dins de la regió o sistema metropolità. Tal i com s’ha mencionat, com més plana és la distribució més policèntrica és la regió urbana. De fet, la distribució *rank-size* sintetitza les jerarquies en termes de població i, per tant, d’activitat econòmica a través de l’espai.

No obstant, encara que dona un resum sintètic del nivell de policentrisme en les regions urbanes, no captura els altres molts aspectes d’aquest fenomen urbà, doncs només es centra en la distribució de la mida dels centres. Primerament, no considera ni la separació existent entre aquests (distància) ni els seus límits, cosa que pot portar a errors: per exemple, com més plana és la distribució a través del temps significaria una transició cap una estructura més policèntrica però també pot implicar una dinàmica d’*urban sprawl* o de fusió entre les ciutats. En segon lloc, mitjançant les distribucions *rank-size* no són del tot suficients per tal de definir ni mesurar el nivell de policentrisme a escala intrametropolitana. És per aquest motiu que en la present investigació una altra perspectiva analítica s’ha tingut en compte: el policentrisme funcional i, després, a través dels dos vectors previs s’intenta mesurar-lo a través d’una aproximació integrada (considerant característiques morfològiques i funcionals).

Per tal de mesurar el grau del desenvolupament policèntric funcional, la literatura suggereix varis indicadors d’interacció basats en la data dels fluxos que usualment fan referència a la mobilitat residència-treball (*commuting*)¹³. El punt de partida d’aquestes metodologies d’interacció consisteix en conceptualitzar l’espai urbà com un sistema compost per nodes o unitats territorials i les relacions entre aquests. Les regions policèntriques haurien d’ésser caracteritzades per una alta interconnectivitat de nodes urbans, corroborant la idea que com més interconnectats estiguin els centres, més policèntric serà el sistema. No obstant, un aspecte més important és que les connexions haurien d’ésser a la vegada equilibrades entre aquests nodes, sense una completa centralització dels fluxos cap a un sol node. Aquesta condició fa referència al fet que les regions policèntriques estan caracteritzades per més d’una centralitat, per tant, haurien d’existir varis nodes que estiguin en una situació de jerarquia similar. Un indicador basat en els fluxos derivats de la mobilitat residència-treball *commuting* és l’Índex d’Entropia¹⁴, utilitzant l’expressió de Shannon¹⁵ tal i com es mostra en l’equació 5:

¹³ Exemples clars són: per una banda, els estudis existents en la literatura que utilitzen la data de fluxos per tal de mesurar la intensitat *travel-to-work* entre ciutats, on una situació amb uns fluxos intensos de *commuters* en ambdues direccions seria interpretat com a signe d’integració i, per tant, de policentrisme (NORDREGIO, 2005; Green, 2007); però d’altra banda, altres tipus de fluxos han estat estudiats que proposen estudiar el total de fluxos de comunicacions i d’informació que surten i entren de cada centre urbà (Camagni i Salone, 1993).

¹⁴ Indicador que ja estat utilitzat per mesurar el nivell de policentrisme a la vegada que es tenia en consideració el percentatge de concentració de llocs de treball localitzats (LTL) (Masip, 2011c).

$$EI_{LTL} = -\sum_{i=1}^n (LTL_i \cdot [\ln(LTL_i)]) \quad (5)$$

On:

EI_{LTL} és l'Índex d'Entropia d'LTL (llocs de treball localitzats) per tot el sistema metropolità, $(LTL_i \cdot [\ln(LTL_i)])$ és la Informació Entròpica d'LTL per cada unitat espacial d'anàlisi (municipi, protosistema o subsistema urbà),

LTL_i és la probabilitat (proporció) de trobar LTL en la unitat espacial analitzada (i) dins del sistema metropolità.

L'Índex d'Entropia de Shannon varia des d'un valor de 0 fins a ∞ i mesura com la interacció total és distribuïda entre els nodes. Valors propers a 0 significa que la majoria dels viatges (desplaçaments) estan dirigits cap a un únic node, per tant, la regió metropolitana en aquest cas seria purament monocèntrica. Inversament, valors alts indiquen una forta entropia dels fluxos, cosa que una forta interacció entre els nodes és del tot compatible amb una estructura urbana policèntrica. No obstant, l'indicador té un caràcter general i possiblement no descriu estrictament el grau de policentrisme, sinó que també en certa manera mesura la dispersió de les activitats a través del territori, cosa que en aquest cas descriuria característiques pròpies d'*urban sprawl*. Per aquesta raó, en la present investigació després de mesurar el policentrisme considerant només l'Índex d'Entropia d'LTL, es mesura el policentrisme segons Masip proposa: considerant a la vegada el % LTL o el % d'Informació Entròpica d'LTL en els subcentres (identificats en la secció 2.2) i l'Índex d'Entropia d'LTL del sistema metropolità (Masip, 2011b).

Tal i com el present article presentarà posteriorment, on es mesura el nivell de policentrisme amb aquesta última aproximació funcional, és possible concloure que durant el període de temps analitzat (1991-2001) la dinàmica urbana d'*urban sprawl* al sistema metropolità de Barcelona ha disminuït, mentre que el nivell de policentrisme ha augmentat (veure Taula 5).

Un altre indicador per tal de mesurar el nivell de policentrisme funcional és l'Índex de Dominància definit segons l'equació 3, utilitzat en la secció 2.2 com a segona condició per tal d'identificar subcentres urbans. Com que l'indicador explicat en l'esmentada secció és a nivell de node (subsistema urbà, per exemple) i considera el ràtio entre els fluxos d'entrada (*incommuting flows*) en relació al total dels fluxos d'entrada del sistema metropolità, la intuïció és clara, l'indicador DI_{U-SUB} mesura fins a quin cert punt el subsistema urbà atrau fluxos des dels altres centres en relació al grau mitjà d'atractivitat del sistema metropolità. És a dir, mesura si un node domina la xarxa o no. Hipotèticament, el màxim valor de l'Índex de Dominància (per exemple, considerant com a escala territorial els subsistemes urbans per l'any 1991 el seu màxim valor és de 16, doncs $n=16$) indicarà que cada interacció que s'ocasiona a la xarxa està associada al node amb aquest valor màxim de dominància, mentre que un valor 0 indicaria que el node no està implicat per res a la xarxa de ciutats. El màxim grau de policentrisme, per tant, passaria hipotèticament per un Índex de Dominància 1 per tots els nodes que conformen la xarxa: voldria dir que cada subsistema urbà o protosistema o municipi (depenent de l'escala

¹⁵ Existeixen altres estudis en la literatura que usen un altre tipus d'expressió de l'Índex d'Entropia. Per exemple el que utilitza l'expressió normalitzada o evenness (Limtanakool *et al.*, 2007). L'expressió que utilitza Limtanakool té la següent forma: $EI_i = -\sum_{i=1}^L \frac{(Z_i) \cdot \ln(Z_i)}{\ln(L)}$. És important a més mencionar que a través de l'anàlisi de la informació dels fluxos, proporciona un conjunt d'indicadors per tal de caracteritzar l'estructura dels sistemes urbans dins del paradigma de les xarxes de ciutats i referint-se tant a escala de la globalitat de la regió com dels nodes (ciutats) o dels vincles existents entre els nodes (fluxos). Concretament, proposa índexs referents a les tres escales mencionades per tal de descriure el que ell defineix com les *S-dimensions* d'un sistema metropolità: estructura, simetria i intensitat. Per tal de saber-ne més detalls sobre aquest treball veure Masip (2011a).

d'anàlisi) atrau la mateixa intensitat de fluxos. A més a més, és interessant analitzar com està distribuït l'indicador. Un valor alt de la desviació estàndard de l'indicador, mostra que alts valors estan associats amb un o pocs nodes atractius de fluxos, mentre que una distribució més equilibrada de l'indicador seria la que caracteritzaria els sistemes policèntrics, doncs els fluxos d'entrada per cada node són similars els uns als altres. Per tant, aquest indicador explicat pot ésser útil per *ordenar els nodes* i per veure fins a quin punt el sistema metropolità presenta fortes o equilibrades jerarquies: el segon seria l'utòpic pels sistemes policèntrics.

Més endavant, s'ha analitzat l'evolució d'aquest indicador a través del temps (1991 fins el 2001) a nivell de subsistema urbà dins del sistema metropolità de Barcelona, així com també el mesurament i l'evolució del % de l'Índex de Dominància existent en el CBD, en subcentres i en la resta del territori metropolità (veure Taula 5). Segons Masip (2011b) és rellevant fer aquesta distinció, doncs és possible que encara que l'evolució de les desviacions estàndards de l'Índex de Dominància s'incrementin al llarg del temps, no necessàriament equivaldria a un reforçament del monocentrisme (pocs nodes concentren les interaccions dels fluxos), doncs si aquest augment ha estat absorbit pels nodes identificats com a subcentres urbans identificats en la secció 2.2 a costa d'una pèrdua de la ciutat central, estariem parlant d'una tendència cap una estructura policèntrica equipotencial. Per contra, si ha estat a través principalment per la pèrdua de dominància dels nodes identificats com a la resta del territori metropolità la tendència seria cap a una estructura policèntrica jeràrquica. Així, analitzant el policentrisme funcional considerant el % d'Índex de Dominància que resideix en els subcentres simultàniament a l'Índex d'Entropia d'LTL del sistema metropolità, els resultats són els mateixos que abans: el sistema metropolità de Barcelona ha reforçat la seva estructura policèntrica (veure Taula 5). Per tant, en aquesta secció, la quantificació del nivell de policentrisme s'assoleix a partir de¹⁶:

1. Mesura del policentrisme morfològic (1991-20001) a través de les estimacions *rank-size* considerant com a mostra $n = \text{total de nodes} - 10$.
2. Mesura del policentrisme funcional analitzant: Índex d'Entropia d'LTL del sistema metropolità; % d'LTL en subcentres i Índex d'Entropia d'LTL del sistema metropolità; % Índex Dominància en subcentres i Índex d'Entropia d'LTL del sistema metropolità.
3. Després, es presentarà l'aproximació integrada per quantificar el policentrisme tenint en compte el seu caràcter multiescalar.
4. Finalment, la dinàmica de l'estructura urbana del 1991 al 2001 a escala de subsistema urbà és sintetitzada en la Taula 5.

¹⁶A Masip (2011b), també s'analitzen les relacions entre policentrisme morfològic i funcional a partir d'un anàlisi de correlacions entre indicadors de policentrisme morfològics i funcionals a escala municipal, de protosistema i de subsistema urbà. Les conclusions a les que s'arriba són que ambdues dimensions estan correlacionades i significatives per explicar el policentrisme. D'altra banda, considerant el període 1991-2001 i tenint en compte una de les dimensions, s'observa una dinàmica cap al policentrisme morfològic i considerant ambdues dimensions, una dinàmica cap a nodes que tenen a la vegada valors alts funcionals i morfològics, o per contra nodes que simultàniament en tenen de baixos.

3.1 Mesura del policentrisme morfològic (1991-2001)¹⁷

En aquesta secció, el nivell de policentrisme i la seva evolució durant el període 1991 i 2001 d'acord amb la seva dimensió morfològica és assolida. Per això s'ha considerat com a mostra per tal de estimar les distribucions *rank-size* el total del nombre dels elements que componen el sistema metropolità i els deu primers subsistemes amb més població.

Figura 8. Estimacions rank-size, subsistemes urbans (1991-2001) n=total de nodes

Font: Elaboració pròpia.

¹⁷ L'anàlisi de la mesuració del nivell de policentrisme morfològic en els sistemes metropolitans de Barcelona durant el període 1991-2001 utilitzant les estimacions rank-size, es presenten de forma més detallada en l'estudi Masip (2011b). Mentre que en el present article només es presenten els resultats a escala territorial dels subsistemes urbans, en l'estudi esmentat, l'anàlisi es realitza també a escala municipal i de protosistemes. Els resultats que s'obtenen a Masip (2011b) considerant les tres escales: municipis, protosistemes i subsistemes, arribaven a la conclusió que des d'una perspectiva morfològica s'ha reforçat l'estructura policèntrica del sistema metropolità de Barcelona.

Analitzant l'evolució del 1991 al 2001 de les estimacions *rank-size* que es mostren en les Figures 8 i 9, els resultats són clars: quan les observacions considerades són la totalitat dels subsistemes o els 10 primers amb més població, la pendent de la regressió s'ha aplanat, de tal manera que el sistema metropolità de Barcelona de l'any 2001 presenta una estructura més policèntrica que no pas la de l'any 1991. S'observa que darrera d'aquest procés cap a una estructura més policèntrica, probablement els subsistemes urbans localitzats en les dues comarques del Vallès (Terrassa, Rubí i Granollers) així com Mataró i Martorell hi tenen molt a veure, doncs són els subsistemes que des del 1991 han augmentat més la seva població tot i que alguns d'ells han perdut pes en quan a *rank de població* dins del sistema metropolità.

Figura 9. Estimacions *rank-size*, subsistemes urbans (1991-2001) $n=10$

Font: Elaboració pròpia

3.2 Mesura del policentrisme funcional (1991-2001)¹⁸

En aquesta secció, s'ha mesurat el policentrisme considerant la seva altra dimensió: la perspectiva funcional. Per tal de realitzar-ho s'ha analitzat: 1) l'evolució de l'Índex d'Entropia d'LTL; 2) considerant el percentatge d'LTL en subcentres i l'Índex d'Entropia d'LTL del sistema metropolità; i 3) l'evolució del percentatge de l'Índex de Dominància en subcentres urbans i l'Índex d'Entropia d'LTL del total del sistema.

¹⁸ En l'estudi realitzat a Masip (2011b), a part de tenir en compte l'escala territorial dels subsistemes urbans, també s'ha quantificat la mesura del policentrisme funcional a escala de protosistema i municipal. En el darrer cas, prèviament s'ha identificat els subcentres urbans a partir de mètodes basats en l'anàlisi de la densitat d'ocupació (LTL).

En la següent Figura 10 el nivell de policentrisme és mesurat segons els indicadors exposats en 1) i 2). Els resultats són clars: el sistema metropolità tendeix cap a una estructura més policèntrica. En el 1991, l'Índex d'Entropia era de 1,336 i, gradualment, ascendeix fins a un valor de 1,899 en el 2001. No obstant, tal i com s'ha mencionat en la secció 3, només considerant l'Entropia no és possible esbrinar si la dinàmica urbana també significa una tendència cap a la descentralització desconcentrada: *urban sprawl*. Per aquest motiu, en la imatge de la dreta de la mateixa Figura 10 s'ha considerat a més de l'evolució de l'Índex d'Entropia un indicador que mesura si la descentralització és concentrada o desconcentrada: el percentatge d'LTL en els subcentres identificats (eix Y). La mida de l'esfera representa el percentatge d'LTL al subsistema central (Barcelona), per tant, pot ésser vist com un indicador de la macrocefàlia barcelonina respecte al sistema metropolità. Com a resultat, en la segona aproximació, és possible observar simultàniament la dinàmica urbana si és cap al monocentrisme, policentrisme o dispersió. Des del 1991 al 2001, el subsistema de Barcelona ha disminuït el seu percentatge de LTL des del 68,08% al 55,58%, al temps que els subcentres identificats en la secció 1 han incrementat la seva concentració d'ocupació, del 15,49% en el 1991 fins a un 30,46% en el 2001, i on la dispersió també ha perdut pes en la concentració en qüestions de llocs de treball passant del 16,43% en el 1991 fins a un 13,96% en el 2001.

Figura 10. Mesura del nivell de Policentrisme funcional (1991-2001)

Font: Elaboració pròpia

Finalment, des d'una perspectiva funcional, també s'ha considerat l'aproximació que mesura el policentrisme funcional a partir de l'evolució de l'Índex de Dominància en els subcentres i de l'Índex d'Entropia d'LTL. Aquesta última aproximació funcional és més intel·ligent que les dues anteriors, doncs considera la capacitat dels nodes d'atraure fluxos *in-commuting flows* per sobre de la mitjana metropolitana, per tant, garanteix que els nodes identificats són atractius en tot el sistema metropolità en termes d'ésser localitzacions d'ocupació (*place to work*) a la vegada que en certa manera ja ha estat considerada la capacitat per retenir la seva població ocupada (Masip, 2011b), doncs en la definició dels subsistemes es demana una mínima autocontenció del 50% (Roca *et al.*, 2011a). Així, en la Figura 11 s'ha representat en el eix X l'Índex d'Entropia d'LTL del sistema, en l'eix Y el percentatge d'Índex de Dominància en subcentres i, finalment, la mida de l'esfera representa el percentatge d'Índex de Dominància en el subsistema central de Barcelona. Així, des del 1991 al 2001, el subsistema central ha

disminuït la seva dominància d'un 40,67% a un 39,51%, a la vegada que els subcentres identificats en la secció 2.2 l'han augmentat d'un 25,70% a un 47,62%, i la resta del sistema metropolità ha perdut un pes considerable en la capacitat d'atraure treballadors d'arreu del sistema passant d'un significatiu 33,63% el 1991 a un 12,88% en el 2001. S'observa que analitzant la Dominància pot treure's la conclusió que tot i que el centre ha perdut pes en la concentració d'LTL (veure Figura 10) continua essent dominant (només ha perdut un 1% en 10 anys), cosa que significa que principalment durant aquest període de temps el subsistema central de Barcelona ha perdut capacitat de retenció de la seva POR.

Figura 11. Mesura del nivell de Policentrisme funcional (1991-2001)

Font: Elaboració pròpia.

3.3 Una aproximació integrada per mesurar el policentrisme (1991-2001)

Fins ara, s'ha analitzat el policentrisme tenint en compte o la seva dimensió morfològica o la seva dimensió funcional. Ara s'intenta unificar aquestes dues dimensions per tal de mesurar el nivell de policentrisme a través d'utilitzar simultàniament com a indicador de policentrisme morfològic el % de població en els subcentres identificats¹⁹ i com indicador de policentrisme funcional derivat dels fluxos de mobilitat residència-treball l'entropia d'LTL del sistema metropolità. La següent Figura 12 mostra la dinàmica urbana derivada d'utilitzar els indicadors anteriors: el 1991 el percentatge de població en el subsistema central de Barcelona era del 67,09% i decreix fins a un 54,09% el 2001, a la vegada que durant aquest període els subcentres han incrementat el seu percentatge de població com també l'Índex d'Entropia d'LTL del sistema metropolità, passant d'un 1,366 el 1991 a un 1,899 en el 2001. Aquesta pèrdua de percentatge de població en el centre ha tingut com a resultat una dinàmica urbana de descentralització concentrada (cap a una estructura més policèntrica) doncs a la vegada que la

¹⁹En lloc d'utilitzar el % de Població en subcentres també hagués estat possible utilitzar el % d'Informació Entròpica de Població en els subcentres (Masip 2011b), tal i com s'esmenta en la pròxima secció 3.4

població s'ha descentralitzat les *unitats urbanes* que han absorbit aquesta descentralització han estat els subcentres urbans identificats i no la resta del sistema metropolità (si no hagués estat així i la resta hagués estat la que hagués absorbit majoritàriament la descentralització, llavors la tendència urbana seria cap una dispersió del sistema metropolità): en el 1991 el percentatge de població en subcentres era del 16,00% i s'ha incrementat fins a un 30,14% en el 2001, mentre que la resta del territori metropolità ha vist reduït el seu percentatge des d'un 16,91% en el 1991 a un 15,77% en el 2001.

Figura 12. Mesura del nivell de Policentrisme 'integrat' (1991-2001)

Font: Elaboració pròpia.

3.4 Sintetitzant la dinàmica de l'estructura urbana (1991-2001)²⁰

En aquesta secció és sintetitzada la dinàmica de l'estructura urbana a escala de subsistema urbà per tal d'analitzar les principals transformacions urbanes que s'han assolit durant el període de temps considerat. A la Taula 5 estan representats els principals indicadors²¹ que s'han utilitzat per mesurar el policentrisme morfològic i funcional (Masip, 2011b), així com la seva descripció estadística: mitjana, mediana i desviació estàndard. A més, aquests indicadors estan desagregats pels següents nivells espacials: subsistema central de Barcelona, subcentres i resta del sistema metropolità; per tal d'oferir més grau de detall en l'anàlisi.

²⁰ A Masip (2011b) l'anàlisi que procedeix també s'ha realitzat a escala de protosistema i municipal. En el segon cas, s'ha realitzat per a cada metodologia considerada basada en l'anàlisi de la densitat d'LTL per identificar subcentres.

²¹ És important fer esment que tots els Índex d'Entropia estan definits mitjançant l'expressió de *Shannon* en comparació amb els estudis que utilitzen la forma *evenness* d'Entropia. No obstant, s'ha descartat la utilització de la forma normalitzada de l'Entropia perquè després d'haver realitzat un anàlisi comparatiu entre els resultats que se'n deriven d'utilitzar les dues expressions no hi ha diferències en quan a dinàmica urbana, i perquè l'Entropia *evenness* tendeix a igualar degut que en l'expressió existeix en el denominador el terme $\ln(n)$ on n són el nombre de elements que conformen l'entitat urbana d'anàlisi (Masip, 2011b).

Així, segons la Taula 5, l'Índex d'Entropia d'LTL del sistema metropolità s'ha incrementat des del 1991 al 2001: de l'1,336 fins a al 1,899; a la vegada que també ho ha fet en termes d'Entropia de Població: en el 1991 era del 1,381 i en el 2001 ha ascendit fins a un 1,941; mostrant d'aquesta manera una clara tendència a la desconcentració de la població i de l'activitat econòmica, però a la desconcentració centralitzada (policentrisme) tal i com s'ha demostrat prèviament. L'Índex d'Entropia de Població²² s'expressa de la següent manera (veure Equació 6):

$$EI_{POB} = - \sum_{i=1}^n (POB_i \cdot [\ln (POB_i)]) (6)$$

Un altre indicador en termes metropolitans que s'ha analitzat és l'evolució de l'Índex d'Entropia dels *residents workers*²³ (en endavant, RW): la seva dinàmica a través del temps és ascendent, en el 1991 el seu valor era d'1,19 i en el 2001 d'1,75; cosa que combinada amb un increment dels valors de les desviacions estàndards permet concloure que els subsistemes urbans han esdevingut més autocontinguts, tenen la capacitat de retenir proporcionalment més els seus treballadors.

Posteriorment, dos indicadors també analitzats són els d'Entropia dels fluxos d'entrada²⁴ (FE, *incommuting flows*) (veure Equació 7) i els del fluxos de sortida (FS, *outcommuting flows*) (veure Equació 8) del sistema metropolità, definits com:

$$EI_{FLUXOS ENTRADA} = - \sum_{i=1}^n (FE_i \cdot [\ln (FE_i)]) (7)$$

$$EI_{FLUXOS SORTIDA} = - \sum_{i=1}^n (FS_i \cdot [\ln (FS_i)]) (8)$$

D'acord amb Masip (2011b) mitjançant els índex d'Entropia dels FE i els FS, és possible mesurar la relació i la seva evolució entre els dos grans mercats existents en un sistema metropolità: el residencial i el de treball.

²² En el treball realitzat per Roca *et al.* (2011b) s'utilitza l'Entropia de Població com un indicador de complexitat metropolitana, no obstant a Masip (2011b) s'ha utilitzat com un indicador per mesurar el policentrisme si es té en compte l'Entropia de Població (informació Entròpica) que conté el subsistema central (Barcelona) del sistema metropolità, en subcentres identificats i en la resta del territori metropolità (veure Taula 5).

²³ L'Índex d'Entropia dels RW és proposat i utilitzat per Masip (2011a; 2011c) com un dels dos indicadors per classificar els subcentres identificats en emergents i consolidats, per a més informació rellegir els treballs esmentats.

²⁴ L'Índex d'Entropia dels FE és l'altre indicador proposat i utilitzat per Masip (2011a; 2011c) per tal de caracteritzar els subcentres identificats en emergents i consolidats.

Taula 5. Anàlisi de la dinàmica retrospectiva de l'estructura urbana (1991-2001)

Estructura urbana (Sistema Metropolità de Barcelona)	1991	1996	2001
Índex d'Entropia (EI) LTL (Sistema Metropolità)	1,36603	1,54287	1,89996
Mitjana	0,08538	0,07013	0,07916
Mediana	0,06050	0,04620	0,05336
Desviació Estàndard	0,06900	0,07036	0,07199
Índex d'Entropia (EI) Població (Sistema Metropolità)	1,38104	1,50376	1,94132
Mitjana	0,08632	0,06835	0,08089
Mediana	0,06390	0,04153	0,05446
Desviació Estàndard	0,07292	0,07009	0,07352
Índex d'Entropia (EI) RW (Sistema Metropolità)	1,19063	1,33033	1,75126
Mitjana	0,07441	0,06047	0,07297
Mediana	0,05113	0,03533	0,05560
Desviació Estàndard	0,06637	0,06404	0,06794
Índex d'Entropia (EI) FE-entrada (Sistema Metropolità)	2,11134	2,24184	2,26948
Mitjana	0,13196	0,10190	0,09456
Mediana	0,11287	0,07524	0,05560
Desviació Estàndard	0,08621	0,09466	0,06794
Índex d'Entropia (EI) FS-sortida (Sistema Metropolità)	2,18767	2,30848	2,52427
Mitjana	0,13673	0,10493	0,10518
Mediana	0,12697	0,06834	0,06100
Desviació Estàndard	0,09356	0,09062	0,08725
Índex d'Entropia FE - Índex d'Entropia FS (diferència)	-0,07634	-0,06664	-0,25480
Índex de Dominància	16	22	24
Mitjana	1	1	1
Mediana	0,53016	0,41943	0,27899
Desviació Estàndard	1,57345	1,73702	1,92499
BARCELONA (Subsistema central del Sistema Metropolità)			
Índex de Dominància	6,50697	7,82679	9,48149
% Índex de Dominància	40,67%	35,58%	39,51%
LTL Informació Entròpica (EI)	0,26178	0,28419	0,32644
% LTL Informació Entròpica (EI)	19,16%	18,42%	17,18%
LTL en el subsistema central	998.893	949.830	1.030.553
% LTL en el subsistema central	68,08%	64,26%	55,58%
Població en el subsistema central	2.695.745	2.740.659	2.450.517
% Població en el subsistema central	67,09%	65,24%	54,09%
Població Informació Entròpica (EI)	0,26778	0,27865	0,33239
% Població Informació Entròpica (EI)	19,39%	18,53%	17,12%
SUBCENTRES (dins del Sistema Metropolità)			
Nombre de Subcentres	3	6	8
Índex de Dominància	4,11216	10,12920	11,42782
% Índex de Dominància	25,70%	46,04%	47,62%
LTL Informació Entròpica (EI)	0,43165	0,70875	0,96790
% LTL Informació Entròpica (EI)	31,60%	45,94%	50,94%
LTL en subcentres	227.288	342.675	564.715
% LTL en subcentres	15,49%	23,18%	30,46%
Població en subcentres	642.745	905.378	1.365.368
% Població en subcentres	16,00%	21,55%	30,14%
Població Informació Entròpica (EI)	0,44204	0,66489	0,94968
% Població Informació Entròpica (EI)	32,01%	44,22%	48,92%
RESTA DEL SUBSISTEMA METROPOLITÀ			
Índex de Dominància	5,38087	4,04401	3,09069
% Índex de Dominància	33,63%	18,38%	12,88%
LTL Informació Entròpica (EI)	0,67260	0,54993	0,60562
% LTL Informació Entròpica (EI)	49,24%	35,64%	31,88%
LTL més enllà dels nuclis	241.140	185.649	258.814
% LTL més enllà dels nuclis	16,43%	12,56%	13,96%
Població més enllà dels nuclis	679.609	554.960	714.369
% Població més enllà dels nuclis	16,91%	13,21%	15,77%
Població Informació Entròpica (EI)	0,67122	0,56022	0,65925
% Població Informació Entròpica (EI)	48,60%	37,25%	33,96%

Font: Elaboració pròpia

La diferència entre aquests dos índexs, ens permet mesurar la separació existent entre els dos mercats esmentats. Simultàniament, valors alts de l'Entropia dels fluxos d'entrada significaria una tendència a una estructura policèntrica (si els subcentres també es reforcen) en termes d'activitat econòmica, mentre que alts valors de l'Entropia dels fluxos de sortida ho seria en termes d'estructura residencial. És previsible doncs, que l'Entropia dels fluxos de sortida tingui un valor més alt que l'Entropia dels fluxos d'entrada, doncs el mercat residencial tendeix a ésser més dispers que el mercat d'activitat econòmica (més concentrat). Per tant, com més gran sigui la diferència entre aquests dos índexs més gran serà la separació entre la distribució espacial dels dos mercats metropolitans esmentats. En el nostre cas d'estudi, els dos Índexs d'Entropia han ascendit des del 1991 al 2001, on cada cop la diferència entre els dos s'ha fet més notable, en el 1991 la diferència era de -0,0763 i el 2001 era de -0,2548; però essent aquest increment més important des del 1996 al 2001, doncs el 1996 era de -0,0664

4. Influència dels subsistemes i subcentres identificats en l'estructura urbana (1991-2001)

En les seccions anteriors s'ha observat com tenint una perspectiva dinàmica, del 1991 al 2001, el Sistema Metropolità de Barcelona presenta una estructura més policèntrica des d'una òptica morfològica, funcional i *integrada*. No obstant, en la literatura especialitzada, segons la perspectiva de la Nova Economia Urbana, els subcentres identificats haurien de tenir una incidència significativa en els patrons de la densitat d'ocupació (llocs de treballs localitzats) dels seus territoris adjacents per tal que l'estructura urbana sigui més policèntrica (McDonald, 1987; McDonald i Prather, 1994).

En el treball realitzat per García-López i Muñiz (2007) es proposa estimar una funció de densitat d'ocupació policèntrica i examinar els canvis experimentats en el valor i nivell de confiança del gradient estimat per la distància al subcentre durant un període de temps. En aquest sentit, el seu treball proposa quatre situacions possibles: augmenta el valor del gradient del subcentre i el nivell de significativitat, augmenta el policentrisme amb baix radi d'acció; augmenta el valor del gradient del subcentre però baixa el nivell de significativitat, tendència cap al policentrisme de baix radi d'acció i cap a la dispersió (discontinuitat i baixa densitat); baixa el valor del gradient del subcentre però augmenta la seva significativitat, tendència cap al policentrisme d'un elevat radi d'acció; i baixa el valor del gradient del subcentre i la seva significativitat, tendència inequívoca cap a la dispersió. D'aquesta manera, en la present investigació s'ha optat per analitzar la influència en el patró de la densitat d'ocupació tant dels subcentres identificats en la secció 2.2 a partir de les Equacions 1 i 3 com a partir només de l'Equació 1 seguint les pautes explicades per García-López i Muñiz (2007). Per al cas de l'estructura espacial policèntrica s'ha adoptat l'Equació 9 següent (McDonald i Prather, 1994):

$$\ln DLT = \ln D_0 - \alpha d_{CBD} + \beta d_{SUB}^{-1} + \varepsilon \quad (9)$$

On:

DLT és la densitat d'ocupació (llocs de treball localitzats) a una distància d_{CBD} del CBD i a una distància d_{SUB} del subcentre,

D_0 és la densitat bruta teòrica en el CBD,

d_{SUB}^{-1} és la inversa de la distància al subcentre més pròxim

(α) és el gradient de densitat associat a la distància al CBD i (β) el seu gradient de densitat corresponent.

Segons García-López i Muñiz (2007), mentre que la interpretació del coeficient de la distància al CBD es pot realitzar directament, la lectura del coeficient per a la inversa de la distància al subcentre més pròxim és l'oposada. És a dir, un coeficient positiu (negatiu) indica que el creixement de la densitat d'ocupació és menor (major) a mesura que ens allunyem del subcentre d'ocupació considerat.

Els resultats obtinguts considerant els subcentres identificats en la secció 2.2, considerant les Equacions 1 i 3 tal i com proposa Masip (2011b) i només l'Equació 1 tal i com proposa Roca *et al.* (2011a), pels Sistemes Metropolitans de Barcelona des del 1991 al 2001 estan presentats en la següent Taula 6. En aquesta taula els gradients (α) i (β) són significatius en tots els anys. El signe negatiu del gradient (α) indica que la densitat d'ocupació decreix segons la distància al CBD, i el signe positiu de (β) implica que la densitat també decreix al allunyar-se del subcentre més pròxim. Per tant, tant el CBD com els subcentres identificats (considerant les dues opcions esmentades anteriorment) condicionen el patró de localització dels llocs de treballs localitzats (ocupació) i la seva densitat. Considerant els subcentres identificats en el primer cas (3, 6 i 8) s'observa que durant el període 1991 al 2001, tant augmenta el valor del seu gradient (d'1,064** a 1,130**) com el seu nivell de confiança (significativitat) (de 2,014 a 2,845), la qual cosa significa que segons els models plantejats per García-López i Muñiz (2007) estaríem en el cas primer: augmenta el valor del gradient del subcentre i el nivell de significativitat, augmenta el policentrisme amb baix radi d'acció. En el segon cas identificant 16, 22 i 24 subcentres respectivament, els resultats condueixen cap a la mateixa conclusió: augmenta el policentrisme amb baix radi d'acció.

Taula 6. Influència dels subsistemes urbans i subcentres en l'estructura urbana del Sistema Metropolità de Barcelona (1991-2001)

Influència Subsistemes urbans i Subcentres identificats en la Densitat d'LTL	1991	1996	2001	1991	1996	2001
nº subcentres / subsistemes: JR+DI / JR	3	6	8	16	22	24
Ln Do (constant)	8,422** (31,143)	7,758** (40,041)	7,737** (41,476)	8,349** (34,771)	7,887** (48,502)	7,820** (53,186)
α (distància subsistema central de Barcelona)	-0,067** (-7,084)	-0,039** (-8,345)	-0,031** (-7,562)	-0,071** (-8,136)	-0,046** (-10,678)	-0,037** (-10,633)
β (distància capçalera subsistema més proper)	1,064** (2,014)	0,985** (2,604)	1,130** (2,845)	0,975** (4,224)	0,804** (5,353)	1,039** (6,587)
R2 ajustada	0,359	0,370	0,340	0,444	0,444	0,446

** Variables significatives al 95%

Font: Elaboració pròpia.

No obstant, és notori observar que en el primer cas, quan s'identifiquen 3, 6 i 8 subcentres, els subcentres del 1991 identificats (Sabadell, Terrassa i Rubí) tenen un valor de gradient més alt (1,064**) que no pas els 24 identificats del segon cas en el 2001 (1,039**). Dues conclusions se'n desprenen. Per una banda, que sense tenir gaire en consideració l'efecte del creixement dels límits metropolitans i la variació en el nombre de municipis que se'n deriva, els resultats donen validesa al mètode d'identificar els subcentres mitjançant les Equacions 1 i 3 explicades en la secció 2.2, doncs aquests subcentres *dominants* són menys i reforcen més el

policentrisme (1,064** vs. 0,975** en el 1991; 0,985** vs. 0,804** en el 1996; 1,130** vs. 1,039** en el 2001), és a dir, existeixen subcentres identificats només tenint en compte l'equació 1 mencionada en la secció 2.2 que no condicionen suficient el patró de densitat d'ocupació. Per altra banda, els resultats obren un camí de pensament en la línia que durant el període 1991 al 2001 s'ha reforçat l'estructura policèntrica a partir dels subcentres i subsistemes urbans situats al nord de Barcelona (són els més dominants) i on els municipis que conformen la comarca del Vallès Occidental jugaran un rol molt rellevant en la futura *re-planificació i re-pensament* territorial del territori metropolità barceloní i, per extensió, el català²⁵.

5. Mesura de la jerarquia i complexitat de l'estructura urbana del Sistema Metropolità de Barcelona (1991-2001)

L'aproximació funcional permet estudiar també la jerarquia urbana i complexitat en el procés d'estructuració de les àrees metropolitanes. És a dir, mitjançant l'anàlisi de com els subsistemes urbans (els *hinterlands* estructurants pels candidats a subcentre potencials) graviten cap al subsistema urbà central de Barcelona. Així, una regió metropolitana pot ésser organitzada de diverses maneres. La primera d'elles consistiria en una interacció directa dels subsistemes urbans cap al subsistema central. La segona presentaria una organització en forma d'arbre, més ramificada, on els varis subsistemes urbans graviten cap a altres abans d'entrar amb interacció i gravitar cap al centre. En el segon cas, com més ramificada sigui l'estructura més alt serà el grau de complexitat del sistema metropolità i en certa manera també es podria dir que més policèntrica serà l'estructura urbana d'aquest. En les següents Figures 13, 14 i 15, la jerarquia entre els subsistemes urbans és definida pel període de temps considerat 1991-2001 seguint *l'arbre funcional* (Roca i Moix, 2005), on els subcentres identificats en la secció 2.2 són destacats en color diferent (aquells subsistemes urbans que el seu Índex de Dominància és superior a 1). Per tant, els subcentres potencials destacats són aquells que són jeràrquics (estructuren el seu *hinterland* i articulen els fluxos residència-treball de la totalitat del sistema metropolità), a la vegada que són nodes dins d'un esquema de xarxes de ciutats mentre que la resta només són entesos des d'aquesta segona perspectiva.

Així, a l'any 1991 (Figura 13) els subcentres jeràrquics són: Sabadell (iteració 15), Rubí (iteració 29) i Terrassa (iteració 68, el subsistema més autònom en comparació als dos anteriors). S'observa que els subsistemes jeràrquics són els més dependents amb el centre, mentre que els que més funcionalment independents són els subsistemes amb una localització més perifèrica: Martorell (iteració 48) o Mataró (iteració 78), per exemple.

²⁵ En aquest sentit, a Masip (2011c) es posa de relleu que prospectivament als voltants del 2024, la concentració en el Vallès Occidental en termes de llocs de treball localitzats serà al voltant de 2/3 de la concentració d'LTTL a la ciutat central de Barcelona i a on possiblement la "qüestió clau" tal i com planteja Masip (2011a) serà trobar la relació entre el policentrisme – estructura urbana- i la eficiència econòmica (competitivitat territorial i cohesió territorial) per tal de crear els escenaris prospectius policèntrics adequats per assolir –optimitzar- la màxima eficiència econòmica.

Figura 13. Jerarquia i complexitat. Sistema Metropolità de Barcelona 1991

Nota: Destacat en color diferent a negre els subsistemes Índex de Dominància >1, candidats a subcentre.

Font: Elaboració pròpia.

Figura 14. Jerarquia i complexitat. Sistema Metropolità de Barcelona 1996

Nota: Destacat en color diferent a negre els subsistemes Índex de Dominància >1, candidats a subcentre.

Font: Elaboració pròpia.

Posteriorment, tant per l'any 1996 (Figura 14) i l'any 2001 (Figura 15), l'estructura del sistema metropolità barceloní s'ha tornat encara més arboritzada i complexa, essent en aquest casos 6 i 8 els subsistemes jeràrquics respectivament.

Figura 15. Jerarquia i complexitat. Sistema Metropolità de Barcelona 2001

Nota: Destacat en color diferent a negre els subsistemes Índex de Dominància >1, candidats a subcentre.

Font: Elaboració pròpia.

6. CONCLUSIONS

El procés cap a una estructura més policèntrica des del 1991 al 2001 en el sistema metropolità de Barcelona s'explica a través de dos raons principals: per una banda el procés de descentralització de la població i dels llocs de treball ha donat peu a un procés de descentralització concentrada, on el nombre de subcentres identificats ha ascendit com també la seva capacitat de dominància com a nodes atractius (atraure fluxos i retenir-ne) dins del sistema metropolità; d'altra banda, el creixement dels límits funcionals metropolitans des del 1991 al 2001 ha tingut com a conseqüència la integració de nodes significatius dins del sistema metropolità i les relacions entre els mercats residencials i d'activitat econòmica (llocs de treball) ha esdevingut cada cop més complexa i separada, resultant que tot i que el sistema metropolità de Barcelona ha tendit cap a una estructura més policèntrica, degut a la dinàmica urbana de descentralització concentrada cap als nous subcentres urbans identificats i la reducció considerable dels processos de dispersió (*urban sprawl*), la separació entre els mercats residencials i laboral s'ha incrementat, cosa que significa que mentre el mercat de treball ha tingut una dinàmica cap a una estructura urbana més concentrada, durant el període 1991 al 2001, el mercat residencial ha esdevingut més dispers en el territori metropolità barceloní.

Agraïments

S'agraeix expressament a Montserrat Moix per la delimitació dels protosistemes, els subsistemes urbans i les àrees metropolitanes funcionals.

Bibliografia

- ALDERSON, S.A. i BECKFIELD, J. *Power and position in the World Cities*. University of Chicago. A: AJS, 109 (4): 811-851, 2004.
- ALPEROVICH, G. *Determinants of urban population density functions*. A: Regional Science and Urban Economics, 13: 287-295, 1983.
- BEAVERSTOCK, J.V. i TAYLOR, P.J. *A roster of World Cities*. A: Cities, 16(6): 445-458, 1999.
- BOGART, W.T. i FERRY, W.C. *Employment centres in greater Cleveland: Evidence of Evolution in a formerly monocentric city*. A: Urban Studies, 36 (12): 2099-2110, 1999.
- BOIX, R. i GALLETO, V. *Sistemas locales de trabajo y distritos industriales, marshallianos en España*. A: Economía Industrial, 359:pp.1-44, 2006.
- BOIX, R. i VENERI, P. *Metropolitan Areas in Spain and Italy*. A: IERMB. Working Papers in Economics, nº 09/01/ 2009.
- BOURNE, L.S. *Are new urban forms emerging? Empirical tests for Canadian urban areas*. A: The Canadian Geographer, 4: 312-328, 1989.
- BRUINSMA, F. i RIETVELD, P. *Urban Agglomerations in European Infrastructure Networks*. A: Series Research Memoranda, Vrije, Amsterdam, 1993, pp:1-30.
- BUREAU of The Census. *Fifteenth Census of the United States: 1930. Metropolitan Districts, Population and Area*. Washington D.C. U.S. A: Government Printing Office, pp.1-253. 1932.
- BUREAU of The Budget. *Standard Metropolitan Statistical Areas*. A: Government Printing office Washington, D.C., pp.1-54, 1964.
- BURGER, M. i MEIJERS, E. *Forms follows function?. Linking Morphological and Functional Polycentricity*. A: Urban Studies, pp.1-23, 2011.
- CASADO, J.M. *Los mercados laborales locales de la Comunidad Valenciana. Trabajo y Territorio*. A: Publicaciones Universidad de Alicante, pp.1-531, 2001
- CASTAÑER, M. *La ciudad real en Cataluña. Las áreas de cohesión*. A: Revista de Ciudad y Territorio, 99: 101-115, 1994.

CEC (Commission of the European Communities). *European Spatial Development Perspective: Towards Balanced and Sustainable Development of the Territory of the EU*. A: Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, pp.1-82, 1999.

CERVERO, R. i WU, K.L. *Sub-centring and Commuting: Evidence from the San Francisco Bay Area, 1980-90*. A: Urban Studies, 35 (7): 1059-1076, 1998.

CHAMPION, A.K. *Changing demographic regime and evolving polycentric urban regions: consequences for the size, composition and distribution of city populations*, A: Urban Studies, 38(4): 657-677, 2001.

CLARK, W.A.V. i KUIJPERS-LINDE, M. *Commuting in Restructuring Urban Regions*. A: Urban Studies, 31 (3): 465-483, 1994.

COOMBES, M.G. *et al. Daily urban systems in Britain: from theory to practice*. A: Environmental and Planning A, 11(5): 565-574, 1979.

COOMBES, M. i OPENSHAW, S. *The use and definition of travel-to-work areas in Great Britain: some comments*, A: Regional Studies, 16: 141-149, 1982.

CRAIG, S.G. i NG, P.T. *Using Quantile Smoothing Splines to Identify Employment Subcenters in a Multicentric Urban Area*. A: Journal of Urban Economics, 49: 100-120, 2001.

DERUDDER, B. *et al. Beyond Friedmann's World Cities Hypothesis*. A: Mitteilungen Östereichischen Geographischen Gesellschaft, 145: 35-55, 2003.

ESPON. *Espón Atlas: Mapping the structure of the European territory*. A: Federal Office for Building and Regional Planning, Bonn, Germany, 2006. pp.1-88

FERIA, J.M. *Un ensayo metodológico de definición de las áreas metropolitanas de España a partir de la variable residencia-trabajo*. A: Investigaciones Geográficas, Instituto Universitario de Geografía, 46: 49-68, 2008.

GARCÍA-LÓPEZ, M.A. i MUÑIZ, I. *¿Policentrismo o dispersión? Una aproximación desde la economía urbana*. A: Investigaciones Regionales, 11: 25-43, 2007.

GEMACA. *Les Régions Metropoles de l'Europe du Nord-Ouest. Limites géographiques et structures économiques*. A: IAURIF-GEMACA, París, 1996. pp.1-124

GUILIANO, G. i SMALL, K. *Subcenters in the Los Angeles Region*. A: Regional Science and Urban Economics, 21: 163-182, 1991.

GORDON, P. i RICHARDSON, H.W. *Beyond Polycentricity: The Dispersed Metropolis, Los Angeles -1970-1990*. A: Journal of the American Planning Association, pp.289-295, 1996.

GOVERNA, F. i DEMATTEIS, G. *From urban field to continuous settlements networks: European Examples*. A: Problems of cities: Social Inequalities, Environmental Risks and Urban Governance. Instituto de Geografía, UNAM México, 1999, pp: 543-556.

GREEN, N. *Functional Polycentricity: a formal definition in terms of Social Network Analysis*. A: Urban Studies, 44 (11): 2077-2103, 2011.

GRIFFITH, D.A. *Evaluating the transformation from a monocentric to a polycentric city*. A: Professional Geographer, 33: 189-196, 1981a.

GRIFFITH, D.A. *Modelling urban population density in a multicentered city*. A: Journal of Urban Economics, 9: 298-310, 1981b.

HAGGET, P. *Locational analysis in Human Geography*. Edward Arnold, London, 1965. pp:379.

HALL, P. *Global city-region in the twenty-first century*. A: SCOTT, A.J.(eds.) Global City-Regions: Trends, Theory, Policy. Oxford University Press, pp: 59-79. 2001

HALL, P. *Christaller for a Global Age: Redrawing the Urban Hierarchy*. A: Stadtund Region: Dynamik von Lebenwelten, pp:110-128, 2002.

HALL, P. i HAY, D. *Growth centres in the European urban system*. Heinemann, London, 1980. pp:1-278

HALL, P. i PAIN, K. *The Polycentric Metropolis. Learning from mega-city regions in Europe*. A: Earthscan, pp:1-247, 2006

IGEAT. *Espon project 1.4.3. Study on Urban Functions*. The ESPON Monitoring Committee, Luxembourg, 2007. p.253

KLOOSTERMAN, R. i MUSTERD, S. *The polycentric urban region: towards a research agenda*, A: Urban Studies, 38 (4): 623-633, 2001.

LIMTANAKOOL, N. et al. *A theoretical Framework and Methodology for Characterizing National Urban Systems on the Basis of Flows of People: Empirical Evidence for France and Germany*. A: Urban Studies, 44 (11): 2123-2145, 2007.

MARMOLEJO, C. et al. *Policentrismo en el sistema urbano español: un análisis para 7 áreas metropolitanas*. A: Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales. 2012 (propera publicació).

MASIP, J. *Policentrisme i emergència de subcentres en la re-estructuració dels sistemes metropolitans cap a la competitivitat i cohesió territorial: El cas de la Regió Metropolitana de Barcelona (proposta de Tesi Doctoral)*. A: Report de Recerca nº12, Centre de Política de Sòl i Valoracions, Universitat Politècnica de Catalunya, pp.1-44, 2011a

MASIP, J. *Growth of the metropolitan limits and its influence on the urban structure. A retrospective analysis (1991-2001) for the Barcelona Metropolitan Region*. A: Annual North

American Meetings of the Regional Science Association International, (58th, Miami, 9-12 November, 2011). The North American Regional Science Council, Miami: Florida. També a: E-prints UPC UPCommons, pp.1-68. 2011b.

MASIP, J. *Polycentrism and emerging sub-centres in the restructuring of metropolitan systems. The case of Barcelona Metropolitan Region (RMB)*. A: Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, (58th, Miami, 9-12 November, 2011). The North American Regional Science Council, Miami: Florida. També a: E-prints UPC UPCommons, pp.1-25. 2011c.

MCDONALD, J.F. *The identification of Urban Employment Subcenters*. A: Journal of Economics, 21: 242-258, 1987.

MCDONALD, J. i MCMILLEN, D. *Employment Subcenters and Land Values in a Polycentric Urban Area: the Case of Chicago*. A: Environment and Planning A, 22: 1561-1574, 1990.

MCDONALD, J.F. i PRATHER, P.J. *Suburban Employment centres: the case of Chicago*. A: Urban Studies 31(2): 201-218, 1994.

MCMILLEN, D.P. i MCDONALD, J.P. *Population density in Suburban Chicago: A bid-rent approach*. A: Urban Studies, 35(7): 1119-1130, 1998.

MCMILLEN, D. *Non-Parametric Employment Subcenter Identification*, A: Journal of Urban Economics, 50: 448-473, 2001.

MCMILLEN, D. i LESTER, T.W. *Envolving subcentres: employment and population densities in Chicago, 1970-2002*. A: Journal of Housing Economics, 12: 60-81, 2003.

MEIJERS, E. *Measuring Polycentricity and its Promises*. A: European Planning Studies, 16 (9): 1313-1323, 2008.

NORDREGIO. *Espon 1.1.1. Potentials for polycentric development in Europe*. The Espon Monitoring Committee. Luxembourg, 2006. p.1000

NUREC. *Atlas of Agglomerations in the European Union. Part of an Integrated Observation System*. A: Network on Urban Research in the European Union, Vol. I-II, 1994.

PARR, J. *The polycentric urban region: a closer inspection*, A: Regional Studies, 38(3): 231-240, 2004.

READFEARN, C. *The topography of metropolitan employment: Identifying centers of employment in a polycentric urban area*. A: Journal of Urban Economics 61: 519-541, 2007.

ROCA, J. i MOIX, M. *The Interaction Value: Its Scope and Limits as an Instrument for Delimiting Urban Systems*, A: Regional Studies, 39: 359-375, 2005.

ROCA, J. *et al.* *Las Áreas Metropolitanas Españolas. Evolución 1991-2001*. Centre de Política de Sòl i Valoracions, UPC, Barcelona, 2005. pp.25

ROCA, J. *et al.* *Urban structure and Polycentrism. Towards a redefinition of the Sub-centres concept*. A: Urban Studies, 46 (13): 2841-2868, 2009.

ROCA, J. *et al.* *Estructura urbana, Policentrismo y Sprawl, los ejemplos de Madrid y Barcelona*. A: Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales, Vol.XLIII, núm. 168, pg. 299-321. 2011a.

ROCA, J. *et al.* *El sistema urbano en España*. A: Scriptanova. Revista Electrónica de geografía y ciencias sociales, pp.1-34, 2011b (en avaluació)

SCOTT, A.J. *Global city-regions. Trends, Theory, Policy*. Oxford University Press, 2001. p.467

SFORZI, F. *L'identificazione spaziale*. A: BECATTINI, G. (Eds.) Mercato e forze locali: il distretto industriale. Il Mulino, Bologna, 1987, pp: 143-167.

SMART, M.W. *Labour Market Areas. Uses and Definition*. A: Progress in Planning, 2 (4): 238-353, 1974.

SNYDER, D. i KICK, E. *Structural Position in the World System and Economic Growth, 1955-1970*. A: The American Journal of Sociology, 84 (5): 1096-1126, 1999.

SONG, S. *Modelling Worker Residence Distribution in the Los Angeles Region*. A: Urban Studies, 31 (9): 1533-1544, 1994.

SPIEKERMANN, K.; WEGENER, M. *How to measure polycentricity?*. A: Paper given at ESPON 1.1.3. Project Meeting. The ESPON Monitoring Committee, Warsaw. Poland. 2004, pp:407.

TAYLOR, P.J. i WALKER, D.R.F. *World Cities: A first multivariate analysis of their service complexes*. A: Urban Studies, 38 (1): 23-47, 2001.

TAYLOR, P.J. *Leading World Cities: Empirical Evaluations of Urban Nodes in Multiple Networks*. A: Urban Studies, 42(9), pp:1593-1608, 2005.

VAN DER LAAN, L. *Changing Urban Systems: An Empirical Analysis at Two Spatial Levels*. A: Regional Studies, 32 (3): 235-247, 1998.