

La utilització de la variable població en els indicadors d'accessibilitat. Avantatges i inconvenients

Marc Ajenjo i Cosp
Joan Alberich González

Universitat Autònoma de Barcelona. Centre d'Estudis Demogràfics
08193 Bellaterra (Barcelona). Spain
majenjo@ced.uab.es
jalberich@ced.uab.es

Data de recepció: abril del 2005
Data d'acceptació definitiva: juny del 2005

Resum

En l'anàlisi de l'accessibilitat territorial, sovint esdevé interessant expressar la magnitud de cada un dels municipis analitzats, per tal de reflectir la utilitat que es deriva de la seva facilitat d'accés, que es pot interpretar com un indicador indirecte del benefici que una bona connexió genera per a la resta de municipis. Les possibilitats per reflectir la dimensió i la jerarquització dels municipis són múltiples i si bé l'elecció de l'una o de l'altra es troba necessàriament en funció de l'objecte d'estudi, sovint s'utilitza la mida de la població, que, si bé presenta una sèrie d'avantatges, evidència, al mateix temps, i segons quin tractament rebí en cadascun dels indicadors d'accessibilitat, un seguit d'inconvenients. L'anàlisi d'aquests avantatges i inconvenients és l'objectiu principal d'aquest treball, objectiu que es pretén assolir mitjançant l'aplicació al territori català de diversos indicadors —amb la introducció de la variable demogràfica i sense aquesta—, per tal de discutir-ne, contrastar-ne i avaluar-ne la validesa.

Paraules clau: indicadors d'accessibilitat, sistemes d'informació geogràfica, xarxa viària, Catalunya.

Resumen. *La utilización de la variable población en los indicadores de accesibilidad. Ventajas e inconvenientes*

En el análisis de la accesibilidad territorial, a menudo es interesante expresar la magnitud de cada uno de los municipios analizados, con el objetivo de reflejar la utilidad que se deriva de su facilidad de acceso, que se puede interpretar como un indicador indirecto del beneficio que una buena conexión genera en el resto de municipios. Las posibilidades para reflejar la dimensión i la jerarquización de los municipios en el territorio son múltiples y si bien la elección de una u otra se encuentra necesariamente en función del objeto de estudio, a menudo se utiliza el tamaño de la población, que, si bien presenta una serie de ventajas, muestra, igualmente, y según cual sea el tratamiento que reciba en cada uno de los indicadores de accesibilidad, una serie de inconvenientes. El análisis de estas ventajas e inconvenientes es el objetivo principal de este trabajo, objetivo que se pretende alcanzar mediante la aplicación al territorio catalán de varios indicadores —con y sin la introducción de la variable demográfica— para discutir, contrastar y evaluar su validez.

Palabras clave: indicadores de accesibilidad, sistemas de información geográfica, red viaria, Catalunya.

Resumé. *L'utilisation de la variable population dans les indicateurs d'accessibilité. Avantages et inconvénients*

Dans l'analyse de l'accessibilité territoriale, il est souvent intéressant d'exprimer la magnitude de chacune des communes analysées avec l'objectif de refléter l'utilité dérivée de sa facilité d'accès, qui peut être interprétée comme un indicateur indirect du bénéfice qu'une bonne connexion génère pour les autres communes. Les possibilités pour refléter la dimension et la hiérarchie des communes sur le territoire sont multiples, et bien que le choix de l'une ou l'autre dépend évidemment de l'objet de l'étude, on utilise le plus souvent la population, choix qui présente des avantages certains, mais aussi des inconvénients en fonction du traitement selon chacun des indicateurs d'accessibilité. L'analyse de ces avantages et inconvénients quand on choisit la population comme variable pour les indicateurs d'accessibilité est l'objet principal de ce travail, objectif que l'on prétend atteindre à partir de l'application au territoire de la Catalogne d'une batterie d'indicateurs, avec ou sans l'introduction de la variable démographique, afin de discuter, contraster et évaluer sa validité.

Mots clé : indicateurs d'accessibilité, les systèmes d'information géographique, réseau de routes, Catalogne.

Abstract. *The utilization of the population in the accessibility measures. Advantages and disadvantages*

In the analysis of the territorial accessibility, it is often useful to determine the magnitude of each of the municipalities analysed, in order to show the utility deriving from its accessibility, which can be interpreted as an indirect indicator of the benefits which good connections generate for other municipalities. There are many possible ways to reflect the dimension and hierarchical order of council areas in a territory, and though the choice of one or another method are determined by the object of the analysis, a population variable is normally used. Although this can have a series of advantages, of course, it can also have a number of difficulties depending on its treatment. The main aim of this article is to analyse the advantages and disadvantages when the variable population constitutes a feature in the indicators of accessibility. To reach this objective various indicators have been used for the Catalan territory—with and without the introduction of the demographic variable—to evaluate, to contrast and discuss its validity.

Key words: accessibility measures, geographic information systems, road network, Catalonia.

Sumari

Presentació. El concepte <i>accessibilitat</i>	A manera de resum i conclusió
Metodologia	Bibliografia

Presentació. El concepte *accessibilitat*

És habitual considerar que l'accessibilitat no pot ser independent del motiu per al qual es vol mesurar. Aquesta premissa, però, no és exempta de dificultats, les quals es descriuen en aquest article. Ara bé, aquest no constitueix l'únic

component interessant de l'accessibilitat, que, en la seva definició més simple, se sol considerar «la possibilitat i la qualitat de comunicació entre punts del territori» (Departament de Política Territorial i Obres Públiques, 1987, p. 79), és a dir, la facilitat de connexió entre dues localitzacions o més. Aquesta definició amaga l'existència de tres components:

- La separació física. En primer lloc, l'accessibilitat depèn de la distribució en el territori d'uns punts respecte d'uns altres. Per mesurar-la, s'utilitza el concepte *impedància*, que, intuïtivament, es pot interpretar com la disminució de la probabilitat de desplaçament entre dos punts si n'augmenta la separació (Levinson, 1998, p. 13). Malgrat que se'n solen descriure tres indicadors —distància, temps i cost monetari entre dos punts—, els requeriments d'informació inherents a aquesta darrera la converteixen en una mesura poc utilitzada.
- El tipus de transport. No es pot entendre la impedància sense tenir en compte el tipus de transport que s'utilitza. Malgrat que hi ha aproximacions més o menys elaborades sobre l'avaluació de l'accessibilitat mitjançant l'ús combinat de diferents tipus (Ulled, 1995), la major part dels estudis n'utilitza un de sol. En aquest article, ens centrarem, precisament, en el vehicle privat, ja que sovint és l'únic que abraça la totalitat del territori poblat, és el majoritari en la mobilitat habitual de les persones i és el que requereix menys demanda d'informació.
- La interacció espaciofuncional entre localitzacions. Aquesta és la base del present article, que es reflecteix en les preguntes següents: quina utilitat té un municipi per a un altre? La grandària del municipi, és un indicador adequat per mesurar aquesta rellevància? Tot sembla indicar que la millor mesura no pot deslligar-se de l'objectiu de la recerca: el motiu pel qual un municipi ha de ser accessible. Ara bé, l'ús de la variable grandària poblacional és, en aquest sentit, prou interessant, en tant que està correlacionat amb moltes de les característiques dels municipis: PIB, nombre de llocs de treball, total de places escolars, possibilitats de compra i d'oci...

L'objectiu d'aquest article va precisament en aquest sentit: avaluar l'ús de la grandària poblacional en els principals indicadors d'accessibilitat. Per dur-ho a terme, s'han calculat en un primer moment els indicadors que no tenen en compte el nombre d'habitants, sinó que tracten tots els municipis de la mateixa manera. Seguidament, s'hi avaluen indicadors semblants però que contenen la població, amb l'objectiu d'analitzar, per un costat, els canvis entre tots dos tipus de mesures i, per l'altre, els avantatges o els inconvenients de la inclusió.

Tal com s'ha apuntat, les mesures de la impedància que s'han tingut en compte són la distància i el temps de desplaçament, mentre que el tipus de transport és el vehicle privat. Per la seva banda, l'accessibilitat s'ha calculat per a cadascun dels municipis de Catalunya existents el 2001, i s'ha fet com la mitjana de la impedància amb cadascun dels altres. Es tracta, per tant, de la distàn-

Taula 1. Tipologia i notació dels indicadors utilitzats en l'anàlisi.

	Indicadors absoluts		Indicadors relatius	
	Distància	Temps	Distància	Temps
Sense tenir en compte la població	IAAD	IAAT	IARD	IART
Incloent-hi la població	IAADP	IAATP	IARDP	IARTP

Font: Elaboració pròpia a partir de l'adaptació de Nogales i altres (2002).

cia o del temps mitjà que separa cada municipi de la resta suposant que els desplaçaments es duen a terme en vehicle privat.

Al marge del temps i la distància, i amb independència de la inclusió o no de la importància de la destinació, s'han considerat, per una banda, indicadors absoluts d'accessibilitat i, per l'altra, indicadors relatius, de manera que apareix un joc de fins a vuit indicadors (vegeu la taula 1). A grans trets, els indicadors absoluts són els que només tenen en compte la localització física dels municipis (per exemple, la distància que els separa), mentre que els relatius consideren les possibilitats reals, de manera que relativitzen la distància respecte de la mínima possible que hi pugui haver (per una explicació més extensa, vegeu Ajenjo i Alberich, 2003; Alberich, 2004).

Metodologia

La proliferació de les utilitats informàtiques aplicades a la planificació i a la gestió territorial i a la cartografia digital, i especialment les conegudes com a «sistemes d'informació geogràfica», han significat una revolució en el tractament i l'anàlisi de variables espacials.

En el cas de l'estudi que proposem, les dades utilitzades provenen de l'anomenat Sistema d'Informació i Modelització per a l'Avaluació de Polítiques Territorials a Catalunya (en endavant, SIMCAT), especialment dissenyat per a l'anàlisi de les infraestructures de transport a Catalunya i el seu impacte territorial per part de la consultoria MCRIT (www.mcrit.com), i que actualment és usat pels tècnics del Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya (Esquius y altres, 2002).

Entre altres coses, en el SIMCAT es troba representat el graf de la xarxa viària catalana segons la situació corresponent a l'any 2001. Aquesta xarxa està representada per 15.626 arcs, cadascun dels quals té assignada una longitud i una velocitat de circulació, calculada en funció de les classificacions tipològica i funcional, de la velocitat de projecte, i de les característiques del traçat. A banda de la xarxa viària, també hi ha representats els centroides municipals, resultat de l'assignació d'un punt a cadascun dels polígons municipals.

La integració en el mateix SIMCAT de certes utilitats de càlcul ha facilitat l'elaboració dels indicadors que s'analitzen més endavant. Així, s'han creat fins a tres matrius diferents de distàncies/temps entre tots i cadascun dels muni-

cipis catalans: matriu de distància en línia recta a partir de les coordenades UTM, matriu de distància mínima a través de la xarxa viària i matriu del temps de desplaçament mínim també a través de la xarxa viària.

Indicadors absoluts que prescindeixen de la població (IAAD i IAAT)

Es consideren indicadors absoluts aquells que només tenen en compte la situació geogràfica dels municipis, mentre que obvien que aquesta localització condiciona les possibilitats reals de comunicació. Tenint en compte les dues mesures d'impedància —distància i temps—, es poden escriure com:

$$IAAD_i = \frac{\sum_{j=1; j \neq i}^n d_{ij}}{n-1} \quad IAAT_i = \frac{\sum_{j=1; j \neq i}^n t_{ij}}{n-1} \quad \text{on } \begin{cases} d \text{ és la distància i} \\ t \text{ és el temps} \end{cases}$$

El seu avantatge principal és que són molt senzills i fàcils d'interpretar: el primer indica quina és la distància mitjana a través de la xarxa entre un municipi i la resta, i el segon mostra el que hom trigaria, de mitjana, per arribar des d'un municipi als altres.

El resultat d'aplicar l'indicador de distància (IAAD) a la xarxa viària existent a Catalunya el 2001 mostra que el centre se situa a la ciutat de Manresa, que, de mitjana, es troba a 95 quilòmetres de la resta de municipis. S'observa, a més, un desplaçament cap a la Regió Metropolitana de Barcelona, i el litoral en general, de les situacions d'accessibilitat més òptimes, conseqüència, sens dubte, d'una xarxa que en facilita la comunicació (vegeu la figura 1). En l'extrem contrari, la pitjor part és per als municipis més nord-occidentals. La Val d'Aran és la comarca més mal comunicada.

El desplaçament cap a l'entorn metropolità encara és més accentuat si s'utilitza l'indicador de temps (IAAT). El municipi més proper en temps a la resta és Martorell, que, situat en un veritable nus viari, es troba a 71 minuts dels altres (vegeu la figura 1). A grans trets, s'intueixen tres nusos viaris molt importants: el de Martorell, en la intersecció de les autopistes AP-2 i AP-7; l'entorn de Manresa, amb la C-16 i la C-25, i l'eix de Barberà del Vallès-Parets del Vallès, concretat en el triangle format per l'AP-7, la C-58 i la C-17. En l'extrem oposat, un cop més, hi trobem la Val d'Aran i totes les comarques més nord-occidentals —Alta Ribagorça, Pallars Jussà i Pallars Sobirà—, afectades tant per una orografia muntanyosa que dificulta un accés ràpid com per una localització geogràfica molt extrema.

En termes generals, i per al conjunt de Catalunya, s'observa que, mentre la distància mitjana a què es troben situats els municipis és de 132,9 quilòmetres, el temps mitjà que es trigaria a desplaçar-se entre dos municipis qualssevol és de 102,8 minuts.

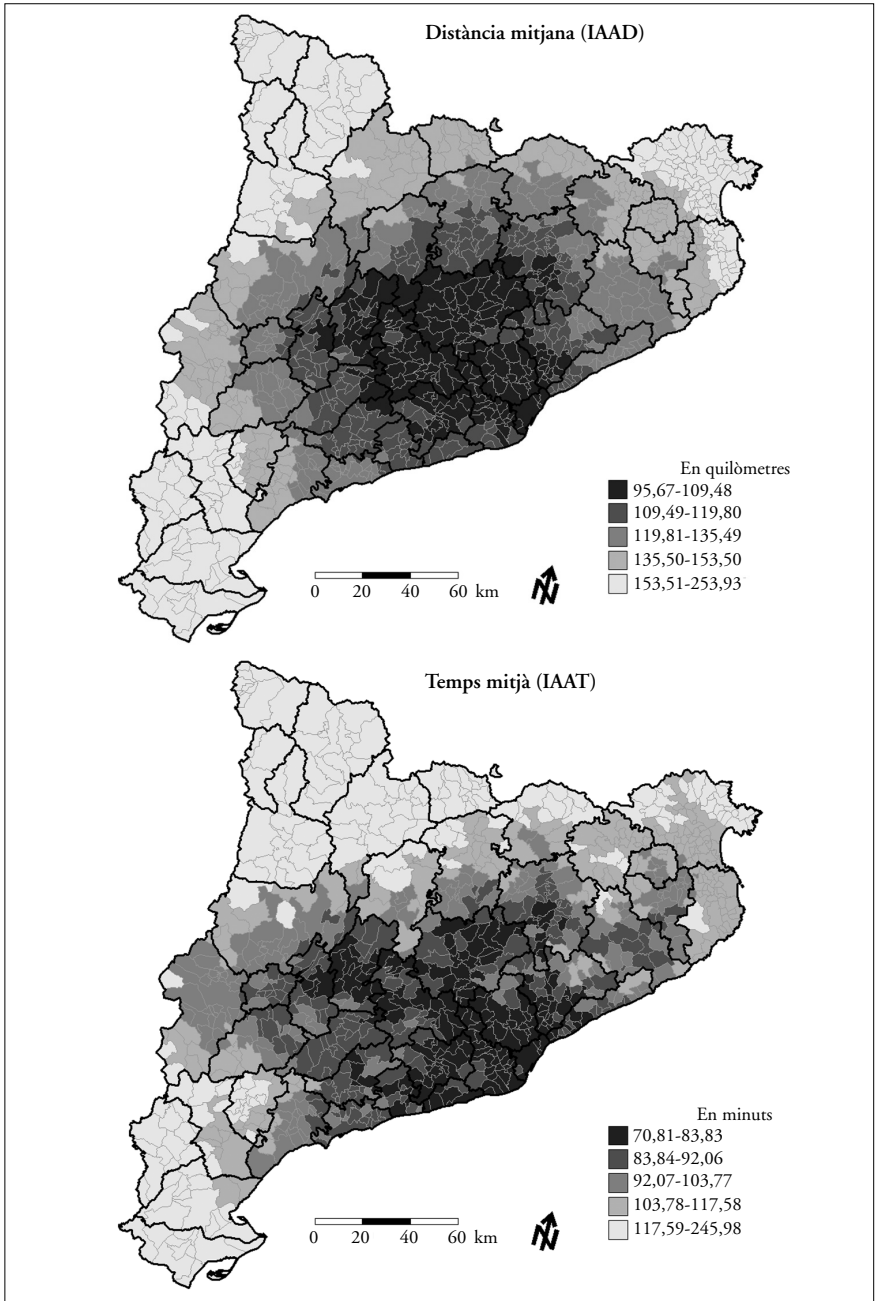


Figura 1. Indicadors d'accessibilitat absoluta sense tenir en compte la població.
Font: elaboració pròpia.

La inclusió de la població en els indicadors absoluts (IAADP i IAATP)

La formulació més comuna d'aquests indicadors consisteix en el càlcul de la impedància que separa un municipi de la resta ponderada per la població, d'acord amb l'expressió següent:

$$IAADP_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij} P_j}{\sum_{j=1}^n P_j} \quad IAATP_i = \frac{\sum_{j=1}^n t_{ij} P_j}{\sum_{j=1}^n P_j} \quad \text{on } \begin{cases} P \text{ és la població i} \\ d_{ii} = t_{ii} = 0 \end{cases}$$

Mentre que les unitats de mesura són les mateixes que en els indicadors anteriors, amb vista a la seva interpretació cal tenir en compte que en realitat mesuren l'accessibilitat de les persones, i que, per tant, tots els habitants d'un municipi tindran la mateixa accessibilitat. Així, es tracta de la distància mitjana (o de la mitjana de temps) que separa un individu de la població.

Els resultats de l'aplicació de totes dues mesures mostren que, tant en distància com en temps, els habitants més ben situats són els de Barcelona, que es troben a 43,4 quilòmetres de distància de la resta, i a 34,9 minuts. Per altra banda, en tots dos casos, la situació pitjor torna a correspondre als nou municipis de la Val d'Aran, concretament, els habitants de Canejan han de recórrer, de mitjana, 284,8 quilòmetres o 257,9 minuts per assolir la resta de la població catalana.

El més destacable, però, de la distribució espacial de tots dos indicadors és la forma completament concèntrica que presenten respecte de Barcelona (vegeu la figura 2), de manera que, en realitat, tots dos només mesuren la impedància respecte a la capital catalana, precisament per la forta concentració de població que a Catalunya es dona en la seva capital i l'entorn metropolità: fins a gairebé un 99% de la variabilitat mostrada per aquests indicadors és explicada per la impedància amb Barcelona.

Malgrat que sembla coherent que la situació respecte d'un municipi tan important com Barcelona i el seu continu urbà hagi de ser rellevant per a l'accessibilitat, el seu pes hauria de ser semblant a la importància de la seva població. En concret, la població de Barcelona representa pràcticament el 24% de la població catalana i, juntament amb la seva regió metropolitana, prop del 70%. Des d'aquest punt de vista, doncs, fóra coherent que el pes de la població d'aquesta àrea en els resultats de l'indicador a escala catalana fos similar a aquests percentatges. El fet que sigui desmesuradament més gran qüestiona l'ús d'aquests indicadors en territoris de característiques semblants a Catalunya.

Indicadors relatius que prescindeixen de la població (IARD i IART)

Un dels problemes esmentats en els indicadors absoluts és que en el seu càlcul no es tenen en compte les limitacions inherents a la localització dels municipis,

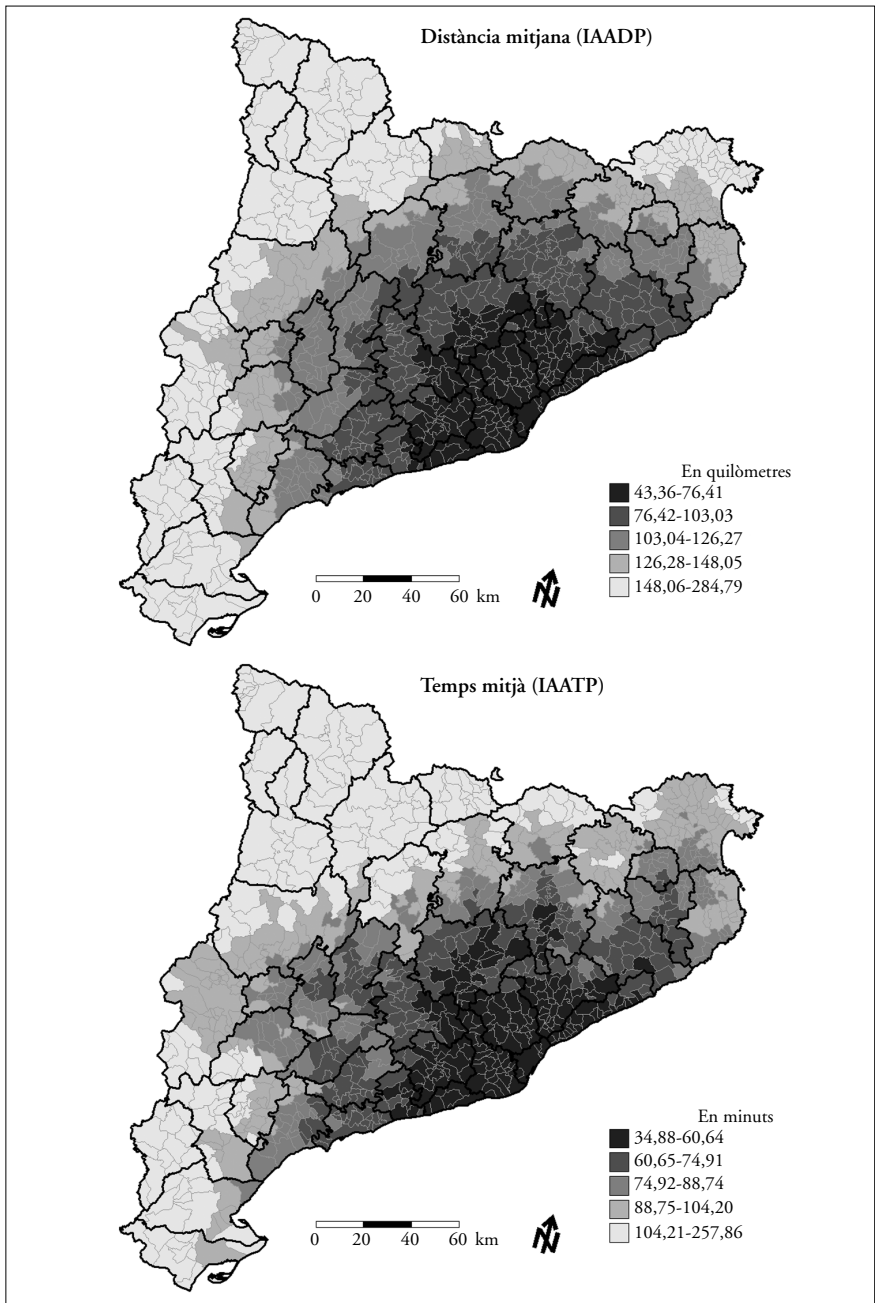


Figura 2. Indicadors d'accessibilitat absoluta tenint en compte la població.
 Font: elaboració pròpia.

sinó que calculen la mitjana de la distància o del temps sense considerar que pot ser conseqüència únicament de la separació física entre els municipis. La conseqüència immediata és la dificultat de les localitzacions situades en el contorn de l'àrea estudiada, de mostrar, des d'aquesta perspectiva, una bona accessibilitat.

Els indicadors relatius intenten minimitzar aquest problema, en tant que no utilitzen directament la distància o el temps reals, sinó en relació amb la distància o amb el temps ideal, és a dir, la mínima distància —distància en línia recta, anomenada també «a vol d'ocell»— o el mínim temps de recorregut —distància en línia recta a la màxima velocitat de circulació permesa.

És habitual veure la utilització de dues expressions semblants per tal d'assignar a cada municipi un valor d'accessibilitat relativa (Calvo i altres, 1993):

— Mitjana de les relacions entre impedància real i impedància en línia recta:

$$IARD1_i = \frac{\sum_{j=1; j \neq i}^n \frac{d_{ij}}{dr_{ij}}}{n-1} \quad IART1_i = \frac{\sum_{j=1; j \neq i}^n \frac{t_{ij}}{tr_{ij}}}{n-1} = \frac{V_r \sum_{j=1; j \neq i}^n \frac{t_{ij}}{dr_{ij}}}{n-1}, \text{ on } \begin{cases} dr \text{ és la distància mínima, i} \\ tr \text{ és el temps mínim} \end{cases}$$

— Relació entre la suma de les impedàncies reals i les impedàncies ideals:

$$IARD2_i = \frac{\sum_{j=1; j \neq i}^n d_{ij}}{\sum_{j=1; j \neq i}^n dr_{ij}} \quad IART2_i = \frac{\sum_{j=1; j \neq i}^n t_{ij}}{\sum_{j=1; j \neq i}^n tr_{ij}} = \frac{V_r \sum_{j=1; j \neq i}^n t_{ij}}{\sum_{j=1; j \neq i}^n dr_{ij}}$$

La diferència de construcció entre totes dues expressions rau en la importància que atorguen a les distàncies més llargues o als temps superiors. En les dues primeres, en sumar-se directament les relacions, el pes de totes les distàncies és el mateix, independentment de la seva magnitud. En canvi, en la construcció de les dues últimes, on se sumen per separat les distàncies/temps reals i les distàncies/temps ideals, el resultat és condicionat, en gran mesura, per les magnituds més elevades, les quals convertiran en pràcticament imperceptibles les magnituds més baixes. A efectes pràctics, això significa que l'indicador dona més prioritat a la comunicació amb els municipis situats lluny que no pas amb els més propers. A tall d'exemple, això es traduiria en el fet que per a l'accessibilitat d'Amposta seria més determinant estar ben connectat amb la Seu d'Urgell que no pas amb Tortosa. Per aquest motiu, d'ara endavant només es contemplaran els dos primers indicadors.

Per a la seva interpretació, cal tenir en compte que el valor mínim que poden adquirir és 1, el qual s'incrementa a mesura que l'accés esdevé més difícil. Si en un municipi, en el cas de la distància, l'indicador adquireix aquest mínim, significa que es troba connectat a la resta a través d'una línia recta;

mentre que si l'adquireix en el cas del temps és que, a més d'una línia recta, per aquesta es pot circular a la màxima velocitat. Els valors superiors a la unitat equivalen al percentatge d'impedància, és a dir, a la pèrdua provocada per no disposar d'una xarxa viària perfecta. En cap dels dos casos hi ha un màxim teòric en l'indicador, sinó que a mesura que la xarxa tingui menys qualitat, en el sentit que s'allunyi molt de la recta i restringeixi molt la velocitat de circulació, més elevat serà el valor de l'indicador.

Observant els resultats (vegeu la figura 3), s'arriba a la conclusió que un dels objectius pels quals han estat definits es compleix: a diferència dels indicadors absoluts, el grau d'accessibilitat dels municipis no és conseqüència de la seva localització en el territori, sinó de la seva proximitat a la xarxa viària, la qual permet que hi hagi desplaçaments entre municipis a partir de la relació més baixa entre la impedància real i la impedància ideal. La diferència entre l'indicador de distància i el de temps és que en els resultats del darrer s'observa més clarament la influència de la qualitat de la xarxa viària, de manera que les carreteres de segon ordre estan subjectes a certa penalització respecte a les carreteres preferents, les quals apareixen dibuixades més nítidament.

Alguns dels resultats de tots dos indicadors són, per exemple, que el municipi més ben situat, tant respecte de la distància com del temps, és Ulldecona, des d'on, per desplaçar-se a qualsevol altre municipi de Catalunya cal, de mitjana, un 19,6% més de quilòmetres que els estrictament necessaris, i un 64,1% més de minuts. Però no tan sols Ulldecona, sinó que tota la comarca del Montsià es troba en una situació privilegiada, tant en un indicador com en l'altre, així com les comarques veïnes del Baix Ebre i la Terra Alta, i tota la franja litoral per on transcorre l'autopista AP-7. També els municipis del Segrià per on circula l'AP-2 i la remodelada autovia N-II es troben en una bona posició en tots dos indicadors. Per al conjunt de municipis catalans, la mitjana de penalització en el cas de la distància és del 37,8% i del 132,2% en el del temps.

Per la seva banda, entre les zones més mal situades hi ha els municipis de l'interior amb un entramat viari molt perjudicat per l'orografia muntanyosa, com són, per exemple, els casos de la regió pirinenca, el Montsant, el Montseny o el Montsec. La situació de mala accessibilitat és una constant en algunes comarques del Pirineu, com ara el Pallars Sobirà, l'Alt Urgell o el Pallars Jussà; mentre que en d'altres casos és molt més circumscrita a municipis concrets, com ara Fogars de Montclús o Granera, a la comarca del Vallès Oriental, en ple massís del Montseny; Albanyà i Maçanet de Cabrenys a la zona muntanyosa de les Alberes, a l'Alt Empordà, o uns altres municipis del Montsant, al Priorat.

La situació de vies en mal estat o de traçat difícil que condueixen a una via principal és la diferència més gran entre l'indicador de distància, al qual pràcticament no l'afecta aquesta circumstància, i l'indicador de temps, molt susceptible a trams de velocitat reduïda.

Una menció especial mereixen els municipis del contorn metropolità de Barcelona i, en especial, la mateixa capital catalana. Com era d'esperar, l'àrea metropolitana, sobretot la pròxima al litoral, es troba en una bona posició relativa. Ara bé, la situació de Barcelona és realment ambivalent, ja que se situa en

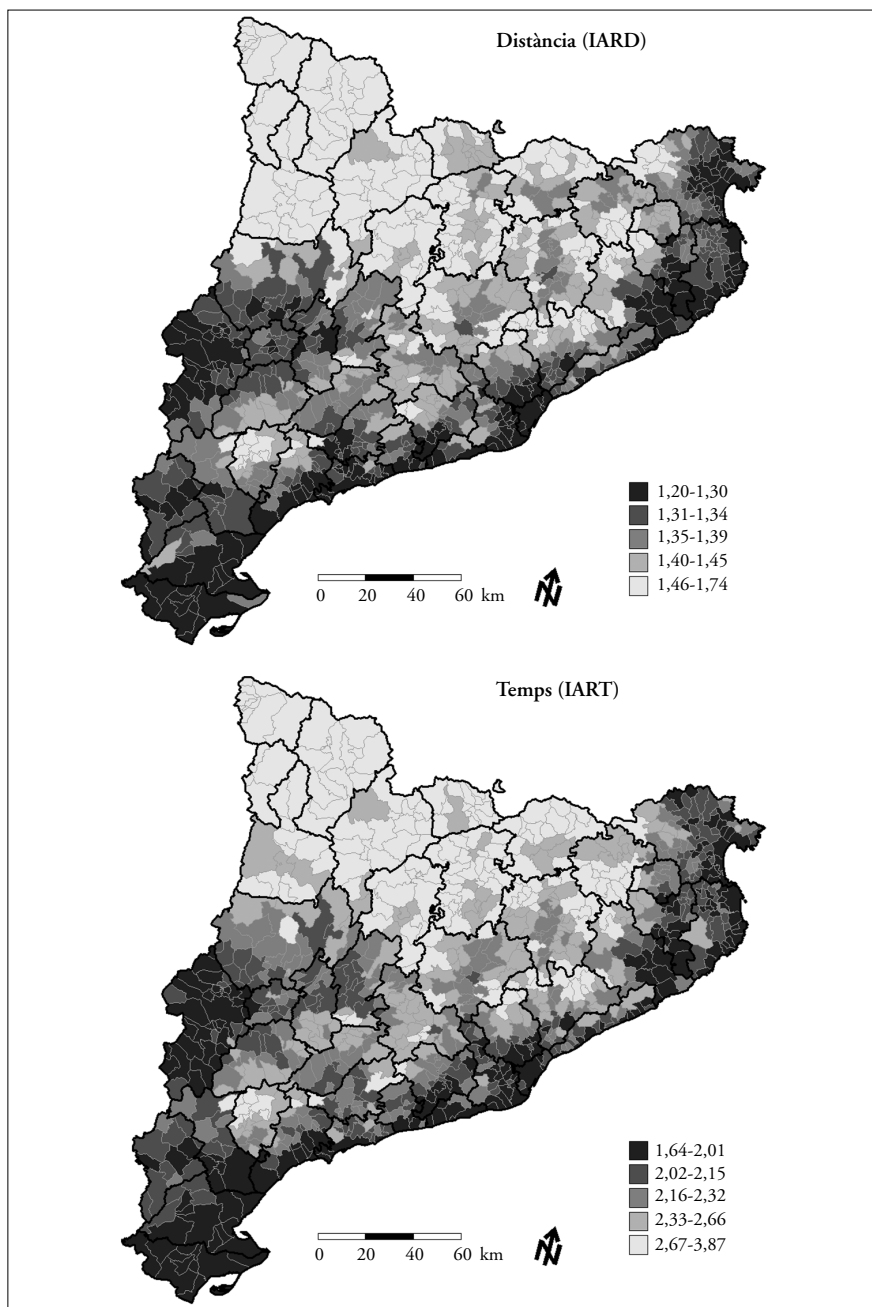


Figura 3. Indicadors d'accessibilitat relativa sense tenir en compte la població.
Font: elaboració pròpia.

una posició molt bona respecte de la distància —ocupa el catorzè lloc—, en tant que els desplaçaments a la resta de municipis tan sols tenen una penalització del 23,1%, mentre que, respecte al temps, la seva posició decau fins al lloc cent dinovè, atès que es requereix un 96,1% més de minuts dels necessaris que si estigués unida a la resta de poblacions mitjançant autopistes en línia recta. En aquest cas, la diferència entre els dos indicadors rau en la baixa velocitat de circulació de la xarxa en els trams urbans, la qual penalitza l'accessibilitat dels municipis que tinguin representada una densitat més gran de la seva trama urbana: la velocitat de circulació dels trams urbans, que s'estima en uns 20 km/h, incideix negativament en el temps d'accés, i això allunya molt la impedància real de la ideal.

La inclusió de la població en els indicadors relatius (IARDP i IARTP)

Tal com passa en l'accessibilitat relativa, en incorporar-hi la població segueixen havent-hi dues expressions diferents. Ara bé, els problemes descrits en alguns dels indicadors anteriors també es mantindran aquí, de manera que ja només es mostren les expressions corresponents a una mitjana de les relacions entre impedància real i ideal, ponderada per la població (Calvo i altres, 1993; Monzón de Cáceres, 1988; Nogales i altres, 2002):

$$IARDP_i = \frac{\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n \frac{d_{ij}}{dr_{ij}} P_j \right) + P_i}{\sum_{j=1}^n P_j} \quad IARTP_i = \frac{\left(\sum_{j=1, j \neq i}^n \frac{t_{ij}}{tr_{ij}} P_j \right) + P_i}{\sum_{j=1}^n P_j} = \frac{\left(V_r \sum_{j=1, j \neq i}^n \frac{t_{ij}}{dr_{ij}} P_j \right) + P_i}{\sum_{j=1}^n P_j}$$

Un dels primers aspectes que cal assenyalar amb vista a la seva interpretació és que, tal com passava amb els exemples anteriors, no tenen unitats, sinó que poden expressar-se en forma de percentatge: expressen el percentatge de distància (o temps) que un resident en un municipi de Catalunya perdria si volgués assolir algun dels habitants del país, com a conseqüència de no disposar d'una xarxa perfecta.

A grans trets, la seva representació cartogràfica (vegeu la figura 4) mostra una distribució territorial semblant a les anteriors (vegeu, també, la figura 3). Són novament els municipis situats en els extrems del país amb bones comunicacions (Terres de l'Ebre, Empordà i Depressió Central) els que presenten uns nivells d'accessibilitat més elevats. Amposta, en el cas de l'indicador de distància, i l'Aldea, en el de temps, són els municipis més ben situats.

Per contra, entre els municipis més mal situats, destaquen, d'una banda, els ja coneguts de les comarques pirinenques més occidentals (la Val d'Aran, el Pallars Jussà, el Pallars Sobirà i l'Alta Ribagorça) i, de l'altra, els municipis força propers a Barcelona, tant del Vallès Occidental, com del Vallès Oriental i del

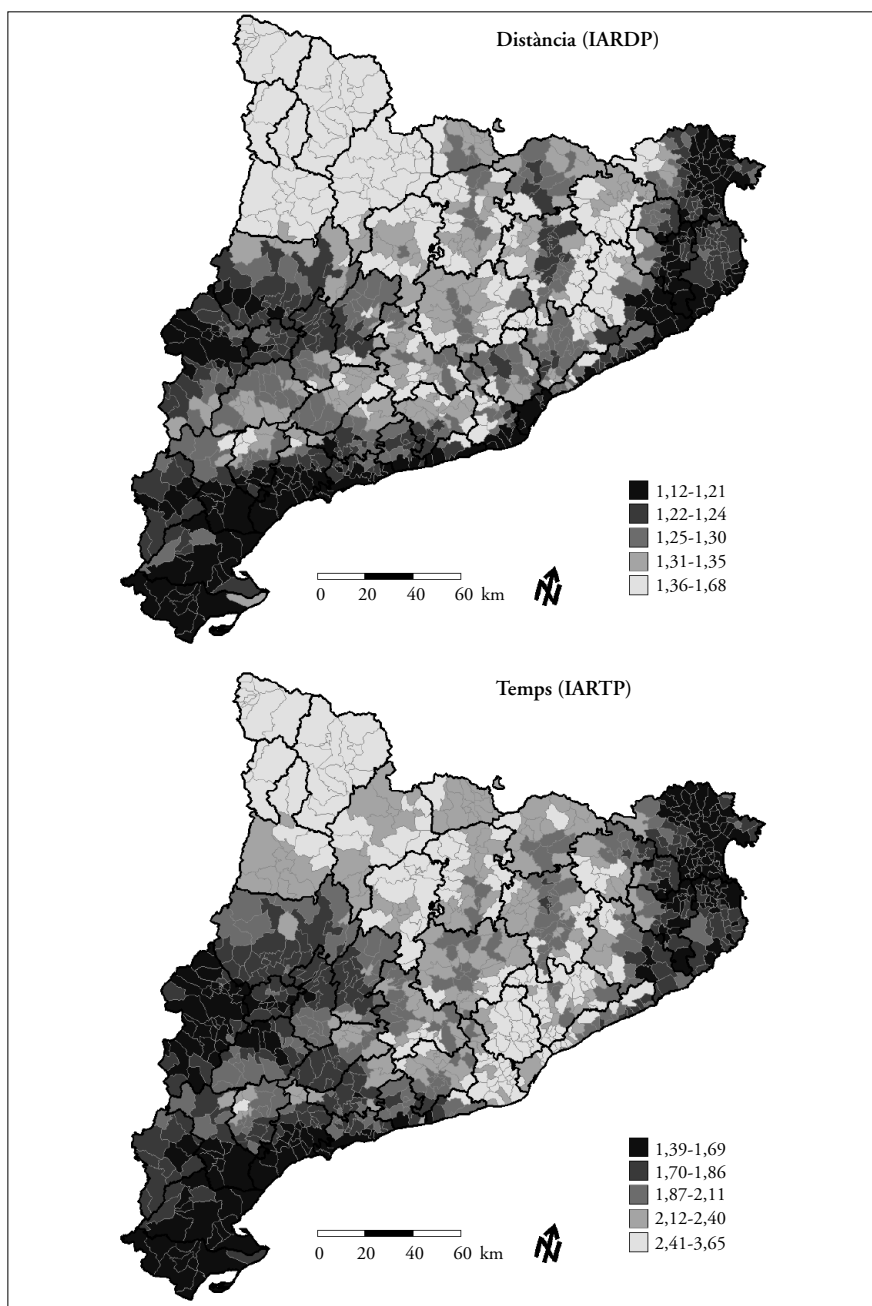


Figura 4. Indicadors d'accessibilitat relativa que tenen en compte la població.
Font: elaboració pròpia.



Figura 5. Situació de les vies ràpides a Catalunya i posició d'alguns municipis.
Font: elaboració pròpia.

Baix Llobregat, els quals, malgrat que siguin a prop d'una autopista, palesen una accessibilitat molt dolenta, sobretot mesurada a partir de l'indicador de temps. Aquest resultat contradiu completament el que, *a priori*, caldria esperar, ja que fóra previsible que la proximitat amb Barcelona, i més si es disposa d'una autopista propera, comportés una accessibilitat elevada.

Per comprendre millor el comportament d'aquests indicadors, es mostra el resultat de l'accessibilitat en diferents municipis de Catalunya que tenen característiques similars: tots es troben repartits al llarg de l'autopista AP-7 i són propers a alguna gran ciutat, de manera que, a grans trets, només els diferencia la seva posició respecte de Barcelona (vegeu la figura 5 i la taula 2). Aquesta diferència és important, ja que s'ha comprovat que una part rellevant de la posició de tots els municipis en aquests indicadors pot explicar-se només

Taula 2. Posició d'alguns municipis propers a l'AP-7, en el rànquing de municipis de Catalunya que s'estableix a partir dels indicadors d'accessibilitat relativa que inclouen la població.

	dr_{BCN}	IARDP	IARTP
Santa Llogaia d'Àlguema (proper a Figueres)	114,12	76	36
Vilablareix (proper a Girona)	81,43	206	204
Llinars del Vallès (proper a Sant Celoni i a Granollers)	33,91	455	620
Rubí (proper a Barcelona)	15,82	510	901
Santa Margarida i els Monjos (proper a Vilafranca del Penedès)	42,81	374	438
Altafulla (proper a Tarragona)	71,67	29	179
L'Aldea (proper a Tortosa i a Amposta)	147,95	12	1

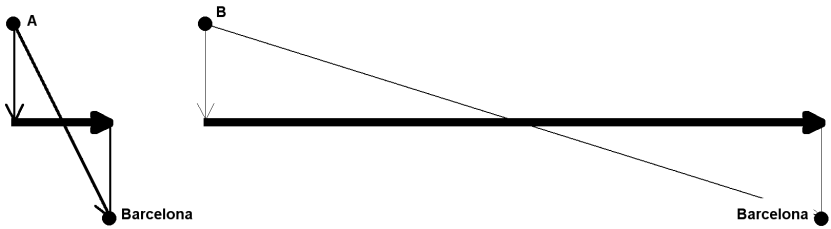
Font: elaboració pròpia.

per la relació que mantenen amb Barcelona (el coeficient de determinació és d'un 84% en l'indicador de la distància i del 96% en el de temps).

Una de les primeres observacions que cal fer és la diferència entre utilitzar la distància o el temps. Una part de la diferència ha estat explicada en els indicadors de localització relativa, quan es mostrava que la utilització del temps relatiu està molt afectada pels trams urbans que cal recórrer entre els punts: com més llargs són aquests, més allunyats es troben del temps en línia recta, i més malparada queda l'accessibilitat del municipi. En la distància, en canvi, això no passa, sinó que es produeix fins i tot el fenomen contrari, en tant que els trams urbans tendeixen a ser més rectes.

En aquest sentit, el cas més extrem dels municipis mostrats en l'exemple de més amunt és, sens dubte, Rubí, població que, *a priori*, caldria considerar com a ben comunicada, tant en distància com en temps, amb Barcelona, ja que hi ha una via ràpida, els Túnel de Vallvidrera, que uneix les dues ciutats. Una part important de la seva mala posició en l'indicador de temps, on ocupa el lloc 902, pot explicar-se per la longitud del tram urbà que cal fer per anar a Barcelona, que significa aproximadament una quarta part del recorregut total. En termes absoluts, és un tram que també cal recórrer en els desplaçaments des d'altres municipis, però en termes relatius va perdent importància a mesura que la distància amb Barcelona augmenta, la qual cosa explicaria que en els municipis més allunyats, la posició, tant en temps com en distància, sigui més semblant.

Aquesta argumentació, que explicaria una mala connexió de Rubí respecte del temps, menaria, per altra banda, a la conclusió que Rubí hauria d'estar ben comunicat respecte de la distància, en tant que bona part del recorregut fins a Barcelona és urbà i en línia recta. Si ens hi fixem bé, però, veiem que res



En el cas extrem, on tots els trams de xarxa mesuressin el mateix, la relació entre la distància i la distància en línia recta equivaldria a $3/\sqrt{5}$ (≈ 1.34).

En canvi, si per exemple, la distància que es recorre per autopista (en traç gruixut) és 10 vegades més gran que cadascuna de les distàncies d'aproximació (en traç prim), aleshores la relació entre la suma d'aquestes distàncies i la distància en línia recta (en discontinu), pren el valor de $6/\sqrt{26}$ (≈ 1.18).

Figura 6. Esquema del que aporta la relació entre la distància per la xarxa i la distància en línia recta a l'accessibilitat, en funció de la situació respecte de Barcelona.

Font: elaboració pròpia.

més lluny de la realitat, ja que, de tots els municipis alineats al voltant de l'AP-7 que s'han destacat, és precisament el que té una accessibilitat mesurada en distància més dolenta. Però no només això, sinó que l'accessibilitat, independentment del tipus d'indicador, millora a mesura que ens allunyem de Barcelona (vegeu la taula 2). Aquesta constatació requereix una reflexió més detallada, ja que en altres situacions es dona el mateix fenomen: quan es confronten resultats de municipis similars i situats en un mateix eix viari, els més allunyats de la capital mostren sempre un grau d'accessibilitat més elevat que els més propers.

Encara que sembli contradictori amb algun dels arguments enunciats, el motiu per a l'accessibilitat més bona dels municipis situats en els extrems no és cap altre que la mateixa llunyania respecte de Barcelona. Per fer més comprensible el raonament, s'ha portat la situació al límit: s'ha prescindit de la resta de municipis, com si en el càlcul de l'accessibilitat només fos decisiva la relació que mantenen amb Barcelona (a partir dels coeficients de determinació descrits es palesa que no es tracta d'una simplificació gaire allunyada de la realitat). A més, i per aclarir l'argument, s'agafaran dos municipis hipotètics, un de molt proper a Barcelona i un altre de més allunyat (vegeu, en la figura 6, els municipis A i B, respectivament, i el seu enllaç en línia recta fins a Barcelona dibuixat a partir d'un traç discontinu). Suposem també que hi ha igualtat de condicions quant a la connexió a través de la xarxa viària amb Barcelona, i que consisteix en una carretera que surt de cadascun dels municipis (primer tram prim corresponent al gràfic 1), que enllaça amb un angle de 90 graus amb una autopista que fa l'aproximació fins a tocar de la Ciutat Comtal (tram gruixut), on cal arribar-hi a partir d'una altra carretera (segon tram prim), enllaçada també amb un angle recte.

En el cas hipotètic del municipi més proper a Barcelona, si l'aproximació a l'autopista té la mateixa distància que el tram d'autopista que cal recórrer

(tram gruixut d'igual longitud que cadascun dels trams prim), la distància recorreguda per la xarxa seria un 34,16% superior al recorregut del que cal fer en línia recta. I no només això, sinó que si la xarxa principal (tram gruixut) permet la velocitat màxima, mentre que les aproximacions (trams prim) s'han de dur a terme, per exemple, a 50 km/h, el temps de recorregut seria 2,6 vegades més per la xarxa que en un traçat ideal.

En canvi, a mesura que s'observa un municipi més allunyat de Barcelona, la relació esdevindrà més reduïda, de manera que si la llargària de l'autopista (tram gruixut) és deu vegades més gran que cadascuna de les carreteres secundàries (tram prim), aleshores només cal fer un 17,67% més de trajecte per la xarxa que el necessari en línia recta. I si es consideren les velocitats anteriors —per la via ràpida es pot circular a 120 km/h, mentre que les aproximacions cal fer-les a 50 km/h—, aleshores el temps per la xarxa és un 45,13% superior que el temps en línia recta.

Encara que les magnituds utilitzades en els dos exemples són extremes, la lògica és la mateixa si se n'utilitzen de més properes a la realitat. En un municipi al costat de Barcelona i relativament pròxim a l'autopista, és possible que l'aproximació a aquesta sigui vint vegades inferior que el tram d'autopista que va fins a Barcelona. En aquest cas, la distància per la xarxa és un 9,45% més gran que la distància en línia recta. En canvi, un municipi allunyat de la capital que tingui una aproximació unes cent vegades inferior al tram d'autopista, només es troba un 1,98% més allunyat a través de la xarxa que si se segueix una línia recta. En el cas del temps com a mesura de la impedància, i seguint amb les velocitats assignades anteriorment, el primer, el municipi més proper, trigarà un 23,38% més si es fa el trajecte real que l'ideal, mentre que el segon, el més allunyat, només trigarà un 4,78% més.

Com es pot deduir, unes diferències tan notables incidiran i afectaran molt el resultat final dels indicadors: sistemàticament, els municipis més propers a Barcelona tindran una accessibilitat més dolenta que els municipis més allunyats; però no tan sols això, sinó que la diferència entre els més propers i els més allunyats a la capital serà més gran si es tenen en compte els indicadors de temps que si s'utilitzen els indicadors de distància.

La conclusió que una proximitat en termes absoluts acaba generant una llunyania en termes relatius, la qual afecta molt negativament els indicadors d'accessibilitat, en posa en evidència la validesa, en tant que no sembla raonable que la proximitat absoluta a un municipi que ofereix moltes oportunitats hagi de ser contraproductent per a l'accessibilitat.

A manera de resum i conclusió

En totes les definicions d'accessibilitat, com a mesures de la impedància, s'han utilitzat tant la distància com el temps. Una primera diferència entre totes dues és que el temps perjudica els indicadors d'accessibilitat per a les grans urbs, en tant que per a qualsevol desplaçament caldrà sempre realitzar un tram interior, des del centre fins a la sortida, el qual tindrà assignada una velocitat infe-

rior a la resta de la xarxa viària. Contràriament, la distància les premia, ja que és més probable que hi hagi vies en línia recta que permetin desplaçar-se des del centre fins a les sortides. De les dues premisses, probablement la més encertada és la primera, en tant que té més en compte qüestions com els col·lapses circulatoris que sovint es produeixen a l'interior de les ciutats, i que en dificulten l'accessibilitat.

A banda d'aquesta primera dicotomia, s'han dividit els principals indicadors d'accessibilitat en dos grans grups: absoluts i relatius. Els primers es caracteritzen perquè tenen únicament en compte la impedància real entre localitzacions, de manera que, inevitablement, els municipis que ocupen una posició central en el territori parteixen amb un cert avantatge en comparació amb les localitzacions perifèriques.

Per tal de solucionar aquesta qüestió —que, de passada direm que, no és errònia conceptualment—, els indicadors relatius avaluen la relació que s'estableix entre la impedància real i aquella que es considera ideal —en línia recta—, de manera que la seva interpretació es dóna en termes de quina desviació presenta l'accessibilitat observada respecte de la màxima possible.

Malgrat que la utilització en els indicadors relatius de la relació entre la impedància real i la impedància ideal permet eliminar els efectes de localització, de manera que, si més no teòricament, són més útils per al càlcul de l'accessibilitat, la utilització de mesures relatives genera altres problemes de difícil solució, com pot ser el fet que, a igualtat de condicions, entre dos municipis pròxims, l'accessibilitat sempre serà menor que entre dos municipis allunyats: en certa mesura, se sobrevalora l'accessibilitat dels municipis situats en els límits de l'àrea estudiada.

A més d'aquesta doble disjuntiva distància/temps i absoluts/relatius, molts autors assenyalen la necessitat d'incloure la utilitat de cada destinació en la mesura de l'accessibilitat, qüestió que ha ocupat bona part d'aquest article. Malgrat que les possibilitats per fer-ho són múltiples i l'elecció de l'una o de l'altra es troba en funció, sobretot, de l'objecte d'estudi, la variable que sovint s'utilitza és la grandària poblacional dels municipis.

Aquesta introducció mostra clarament el pes de Barcelona i el seu continu urbà, qüestió que incideix de manera decisiva en aquests indicadors. Cal distingir, però, els efectes que té la consideració de la importància del lloc de destinació en els indicadors absoluts respecte dels relatius. En els primers, el resultat de comparar els indicadors amb la mesura directa de la impedància amb Barcelona mostra uns coeficients de determinació superiors al 98%, una importància sens dubte desmesurada i que posa en evidència la utilitat d'aquest tipus d'indicadors.

En canvi, en alguns dels indicadors relatius, la importància de Barcelona ja és molt menor, de manera que se situa al voltant del 80%, que, tenint en compte que a la Regió Metropolitana s'hi concentra un 70% de la població, no ha de ser forçosament considerat com un element que en desacreditaria la validesa. Malgrat tot, sí que es desacredita la incorporació de la població en els indicadors absoluts com a conseqüència del seu comportament en la com-

paració entre el que s'esdevé en les distàncies curtes respecte de les llargues, que, agreujat per la importància del pes de la població de Barcelona, acaba generant un indicador que, sistemàticament, perjudica els municipis més pròxims a la capital, mentre que beneficia els més allunyats. En aquest cas, per un efecte pervers d'aquests indicadors, una proximitat més elevada en termes absoluts a les grans concentracions de població acaba generant una accessibilitat més baixa. Una conclusió que invalida del tot l'ús d'aquests indicadors.

Bibliografia

- AJENJO COSP, Marc; ALBERICH GONZÁLEZ, Joan (2003). *El uso de la variable población en los indicadores de accesibilidad*. Comunicació presentada al XVIII Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles, celebrat a Barcelona, del 24 al 27 de setembre de 2003. *Mimeo*.
- ALBERICH GONZÁLEZ, Joan (2004). *Construcció i anàlisi comparativa d'indicadors d'accessibilitat per als municipis de Catalunya*. Memòria de doctorat de la Geografia presentada a la Universitat Autònoma de Barcelona, sota la direcció de Juan Antonio Módenes. *Mimeo*.
- BARADARAN, Siamak; RAMJERDI, Farideh (2001). «Performance of accessibility measures in Europe». *Journal of Transportation and Statistics*, núm. 4 (2/3), p. 31-48.
- CALVO PALACIOS, José Luis; JOVER YUSTE, José Miguel; PUEYO CAMPOS, Ángel; ALONSO LOGROÑO, Pilar (1993). «Matización de los valores cartográficos de accesibilidad por carretera de la España peninsular en función de la variable demográfica (1992)». A AA.DD. *IV Jornadas de la Población Española*, p. 191-200. La Laguna: Universidad de La Laguna.
- DEPARTAMENT DE POLÍTICA TERRITORIAL I OBRES PÚBLIQUES. GENERALITAT DE CATALUNYA (1987). *Pla de carreteres. Volum I*. Barcelona: Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.
- ESQUIUS, Andreu; FONT, Meritxell; LÓPEZ, Raquel; ULIED, Andreu (2002). «El model de demandes de trànsit per carreteres del sistema SIMCAT». *Perspectives Territorials*, núm. 4, p. 3-18.
- GEURS, K.T.; RITSEMA VAN ECK, J.R. (2001). *Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transport scenarios, and related social and economics impacts*. Informe elaborat pel National Institute of Public Health and the Environment. *Mimeo*.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, Javier; JARO, Lorenzo (1999). «Impacto de la nueva línea de alta velocidad Madrid-Barcelona-frontera francesa en la accesibilidad del sistema de ciudades español». *Estudios de Construcción, Transportes y Comunicaciones*, núm. 85, p. 51-81.
- GUTIÉRREZ PUEBLA, Javier; MONZÓN DE CÁCERES, Andrés (1993). «La accesibilidad a los centros de actividad económica antes y después del Plan Director de Infraestructuras». *Estudios Territoriales*, núm. 97, p. 385-395.
- LEVINSON, David M. (1998). «Accessibility and the journey to work». *Journal of Transport Geography*, núm. 6 (1), p. 11-21.
- MAKRI, Maria-Christina (2001). *Accessibility indices. A tool for comprehensive land-use planning*. Informe elaborat pel TLEnet. The Nordic Research Network on Modelling Transport, Land-Use and the Environment. 5th workshop. *Mimeo*.

- MONZÓN DE CÁCERES, Andrés (1988). «Los indicadores de accesibilidad y la planificación del transporte: concepto y clasificación». *TTC: Revista del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones*, núm. 35, p. 11-18.
- NOGALES GALÁN, José Manuel; GUTIÉRREZ GALLEGO, José Antonio; PÉREZ ÁLVAREZ, Juan Antonio (2002). «Análisis de accesibilidad a los centros de actividad económica de Extremadura mediante técnicas SIG». *Mapping Interactivo*, núm. 11 (publicació digital).
- ULIED, Andreu (1995). *Definition of a regional accessibility measure*. Tesis doctoral dirigida per Mateu Turró i Albert Serratos, UPC. *Mimeo*.