

Una mesura de la dotació en infraestructures territorials

Manel Larrosa Padró

Arquitecte i urbanista
Salut, 124, 2n 1a. 08202 Sabadell (Spain)
www.espai-forma.org
mlarrosa@coac.es

Data de recepció: març de 2002

Data d'acceptació definitiva: desembre de 2002

Resum

La definició d'estàndards en la pràctica de l'ordenació territorial té una llarga tradició. En el cas de les xarxes (carreteres, ferrocarrils), hom pot comptar densitats en termes de longitud per superfície (km^2) o per habitant. Les diferències del caràcter de les regions fan que tots dos valors ofereixin panorames completament diferents i un valor indicatiu molt discutible. Per superar aquesta dificultat es defineix un nou índex, LPS, que integra població i superfície i supera les distorsions que en el càlcul d'estàndards implica el seu ús.

Paraules clau: estàndard, fractal, xarxa, anàlisi territorial.

Resumen. *Una medida de dotación en infraestructuras territoriales*

La definición de estándares en la práctica de la ordenación territorial cuenta con una larga tradición. En el caso de las redes (carreteras, ferrocarriles), se pueden contabilizar densidades en términos de longitud por superficie (km^2) o por habitante. Las diferencias en el carácter de las regiones hacen que ambos valores ofrezcan panoramas completamente diferentes y un valor indicativo muy discutible. Para superar esta dificultad se define un nuevo índice, LPS, que integra población y superficie y supera las distorsiones que en el cálculo de estándares implica su uso.

Palabras clave: estándar, fractal, red, análisis territorial.

Résumé. *Une mesure dans la dotation dans les infrastructures territoriales*

La définition de standards dans la pratique de l'aménagement du territoire jouit d'une longue tradition. Dans le cas des réseaux (routes, chemin de fer) on peut compter des densités en termes de longueur par surface (km^2) ou par habitant. Les différences du caractère des régions font que les deux valeurs offrent des scénarios complètement différents et une valeur indicative fort discutible. Pour dépasser cette difficulté on définit un nouvel index, LPS, qui intègre population et surface et dépasse les distorsions que dans le calcul de standards implique son utilisation.

Mots clé: standards, fractal, réseau, analyse territoriale.

Abstract. *A Measurement of Endowment in Territorial Infrastructure*

The definition of standards in the practice of territorial ordination is rooted in considerable tradition. In the case of networks (roads, railways), we can count densities in terms of longitude per surface (km²) or per inhabitant. Differences in regional character mean that these values provide completely different perspectives and thus are of a highly debatable indicative value. In order to overcome this difficulty, a new index has been defined, the LPS, which integrates both population and surface, and overcomes surmounts the distortions involved in the use of the calculation of standards.

Key words: standard, fractal, network, territorial analysis.

Sumari

Introducció	Conclusió
Definició de l'índex longitud-població-superfície (LPS)	Annex: Més consideracions formals sobre la definició de l'índex LPS
Una aplicació de l'índex LPS	

Introducció

L'ús d'estàndards per mesurar la presència d'una infraestructura lineal en un territori, del tipus d'una carretera o d'un ferrocarril, es pot fer a través de la comparació amb la població o amb la superfície. En el primer cas obtindrem, per exemple, quilòmetres lineals d'un tipus de xarxa per miler d'habitats i en el segon obtindrem quilòmetres de xarxa per quilòmetre quadrat. En tots dos casos, la dificultat de la comparació parteix del fet que les delimitacions administratives són molt diverses en criteri i aquest fet s'acusa sobretot en la comparació per superfície. Aquesta dificultat fa que sigui impossible definir un estàndard que permeti realitzar comparacions clares, o que sigui impossible d'aplicar de manera sistemàtica un mateix índex a diferents territoris.

Com a problema físic, es tracta de mesurar la qualitat geogràfica que suposa la presència més o menys elevada d'infraestructures en una regió, tot sabent que aquests territoris són molt diferents en extensió i poblament. El fet que sigui possible realitzar una definició funcional, com és la mobilitat, no resol tampoc un problema formal que hauria de ser plantejat de manera directa. En termes físics, la superfície, la població i la densitat han estat valors usals de mesura, però és evident que la diferència de la delimitació dels àmbits administratius i la diferent població suposen una dificultat greu per a la comparació.

Si es compara amb altres països (en el sentit de definir allò que ens manca), llavors la tendència a l'ús de mesures relatives ens pot portar a aspirar a una densitat de xarxa per quilòmetre quadrat com, per exemple, a Luxemburg, i alhora a una dotació per habitant com, per exemple, a la Sibèria. I el cas és que hom acaba desitjant totes dues coses alhora.

Tot i aquestes dificultats, en molts treballs no s'ha renunciat mai a la incorporació del fet superficial, perquè s'entén que hi ha un aspecte de la *forma* territorial que és interessant d'analitzar.

La comparació per habitant és molt més objectiva que per superfície, en la mesura que no sofreix la distorsió de la relació d'una magnitud lineal, la xarxa, amb una altra de superficial, el territori. En aquest cas, el creixement lineal de la xarxa es contraposa a un creixement exponencial, al quadrat, del valor de la superfície.

Aquest fet es pot veure si constatem que la diagonal d'un quadrat amida $\sqrt{2} = 1,4142$ si els costats mesuren la unitat. Si els costats mesuren dues unitats, la diagonal amida 2,8283. Si la diagonal fos la infraestructura tipus a referir a l'àrea, en el primer cas tenim una densitat de $1,4142/1 = 1,4142$, mentre que en el segon tenim $2,8284/4 = 0,7071$. Però si en aquestes diagonals la mesura es fes en relació amb el costat del quadrat respectivament, el valor del resultat seria coincident.

Si hom aplica el criteri formal que tot dos casos han de ser equivalents i que el factor de l'escala del problema no pot alterar el resultat, haurem definit allò que pretenem d'un índex que ha de referir un element lineal en relació amb un de superficial.

Es tractaria, doncs, de referir unes mesures lineals de xarxa en relació amb unes altres mesures lineals que siguin representatives de la superfície. En el cas del quadrat és fàcil, ja que la dimensió d'una cara el representa unívocament.

Constatades aquestes dificultats, definirem tot seguit un índex que es comporti amb regularitat davant del fet superficial i que ens permeti establir millor els possibles límits en relació amb la dotació d'infraestructures lineals en un territori.

Definició de l'índex longitud-població-superfície (LPS)

Definim un índex (índex LPS) que incorpora els tres elements, longitud de la xarxa (L), població (P) i superfície del territori (S) a través de la fórmula següent:

$$\text{índex LPS} = \text{km l} / (\text{milió hab. } \sqrt{\text{km}^2})$$

L'índex és el quocient entre la longitud d'una xarxa, per la població i l'àrea quadrada de la superfície. La xarxa es pot mesurar en quilòmetres lineals; la població, en milions d'habitants, i la superfície, en quilòmetres quadrats. El resultat és un índex per habitant (ja que es cancel·len els quilòmetres) que s'expressa en unitats per milió d'habitants.

Els avantatges d'aquest índex són els següents:

L'índex val el mateix per a dos territoris amb idèntica població i que siguin homotètics en figura l'un de l'altre. És dir, independentment de la superfície, si es conserva el mateix model d'organització a diferent escala, es conserva l'índex.

Per a qualsevol regió, l'índex és també proporcional a la població, de manera que si dobra la seva població, l'índex es redueix a la meitat del seu valor anterior.

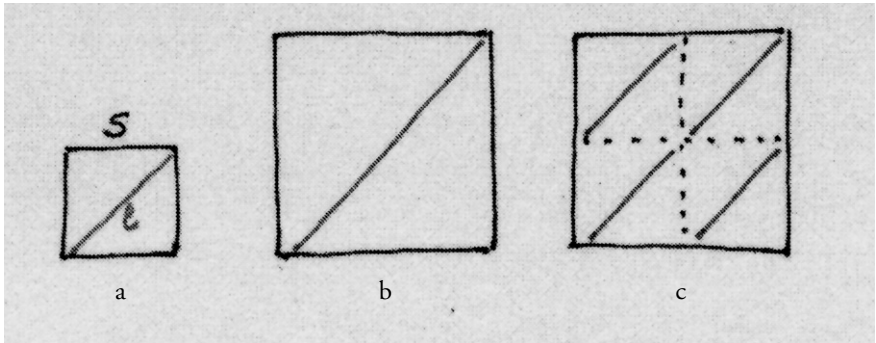


Figura 1. Es parteix de la hipòtesi que el territori (a) és de la mateixa qualitat que el territori (b), tot i la diferència de superfície entre tots dos. En (a) «s» indica la superfície i «l» la longitud d'una xarxa. El territori (c) es considera amb més intensitat d'infraestructura, ja que canvia de model, tot i que la xarxa per unitat de superfície, densitat, pogués aparèixer igual al cas (a). Els tres supòsits són per a població constant, de manera que únicament s'ha considerat l'efecte de la superfície territorial i la longitud de la xarxa.

La conservació de l'índex per a un territori que manté el mateix model, amb independència de la superfície, significa que una mateixa regió mantindria el seu valor d'índex si s'ampliés la seva àrea i alhora es prolonguessin cap a l'exterior linealment les seves xarxes. Això ja permet, d'entrada, fer relativa la dimensió administrativa, més gran o més petita, i atendre directament l'organització que aporta la infraestructura, que és allò que hom pretén mesurar. Més exactament, l'índex es manté constant en una inflació homogènia d'un territori, més que no pas en la simple extensió dels seus límits, però aquest cas últim és una bona aproximació al fet de la inflació si tenim, com és el cas usual, un territori més dens de xarxes en el seu centre que en la perifèria.

Si bé l'índex es conserva quan una regió creix homotèticament tot mantenint el model inicial, no es conserva quan la regió és fruit simplement d'afegir-ne dues d'iguals, ja que llavors no hi ha homotècia, sinó replicació. Això indica que un país gran no és la simple suma de països petits. Aquestes hipòtesis parteixen de l'admissió d'un model *fractal* per a l'organització de la geografia i el territori humanitzat, de manera que a una escala més gran de territori hom tindrà espais lliures més grans i infraestructures més llargues, i no solament més espais lliures de petita dimensió i més xarxes locals. Segurament, hom hi trobarà també una gradació de nuclis de poblament i un contrast més gran en l'estructura de xarxes a mesura que l'àmbit també és més gran.

En aquest sentit, la simple addició de dues regions per formar-ne una altra amb el doble de totes les seves característiques (xarxes, població i superfície) fa que l'índex passi a ser $0,70 (=1/\sqrt{2})$ del que assolien per separat. Per mantenir el valor del seu índex anterior, els caldrà una aportació més gran de xarxes, però, en tot cas, aquesta estructura més gran no és de la dimensió tan elevada

com es produiria si hom pretenia mantenir la relació simple de quilòmetres lineals per quilòmetre quadrat.

L'índex valora, de fet, la relació en un recinte entre superfície i un diàmetre ideal. Les xarxes lineals es poden mesurar en relació amb una quantitat lineal que és el diàmetre, però l'àrea s'ha de valorar en termes similars (radi o diàmetre de la regió, etc.), que són magnituds lineals, ja que altrament la distorsió entre regions de superfície diferent és molt considerable: mai no podríem comparar Luxemburg amb la Sibèria, però tampoc, per exemple, l'Aragó amb Catalunya.

El valor de l'arrel del denominador de l'índex ($\sqrt{\text{km}^2}$) expressa el resultat de quadrar la superfície del territori. El valor que estem usant en la fórmula és simplement el costat d'un quadrat amb idèntica superfície que el territori estudiat (és una quadratura). El costat ideal obtingut mesura l'amplitud ideal del territori i incorpora la qualitat de la seva superfície.

Els efectes de quadratura d'una superfície regional, és a dir, comparar una complexa forma regional amb la que en resulta de fer-ne un quadrat, no representa cap transformació que pugui invalidar el procés, tal com veurem amb més detall més endavant, ja que només es tracta d'un paràmetre de càlcul.

En aquest sentit, dos països en forma de cercle, travessats de nord a sud i d'est a oest per dues vies, i amb la mateixa població, assolirien el mateix índex, encara que l'un fos molt gran i l'altre, molt petit. Llavors, arribats aquí, hom es pot preguntar què mesura exactament l'índex, i la resposta és que amida tot allò que no és subsidiari simplement de la dimensió física més gran, sinó de la presència de més organització de l'espai. La comparació amidaria tot allò que no és imposat per la realitat física del país, en termes de més o menys superfície, sinó allò que és el resultat de la voluntat dels seus habitants. És obvi que aquests dos països de l'exemple, a la realitat, posseiran altres coses, potser més estructura al centre o més feixos distribuïts, i serà això precisament el que farà divergir els seus índexs, de manera que compartiran una part del seu valor i es diferenciaran en una altra part. I tot dos aspectes són interessants de retenir.

Una aplicació de l'índex LPS

Aplicarem seguidament l'índex definit per establir una comparació entre diferents regions europees amb Catalunya en termes de diferents xarxes de la seva dotació infraestructural.

Les xifres de les taules 1 i 2 parteixen de la comparació de vuit regions europees amb Catalunya. La comparació serveix per veure el nivell de dotació d'infraestructures en aquests països i els dèficits de Catalunya respecte a elles. Són regions amb una superfície diferent, Catalunya en dobla alguna d'aquestes i alhora assoleix dos terços de la més gran, tot quedant just per sota de la mitjana del seu conjunt. En població, Catalunya està també per sota de la mitjana, tot i que quasi és doblada en alguns casos i només una n'està per sota. En termes de densitat de població, la disparitat és també gran.

L'aplicació de l'índex LPS genera un conjunt de conclusions que es quantifiquen en la taula 2. En el repartiment de les diferents xarxes, les conclusions

Taula 1. Dimensió de les xarxes i de la població i la superfície de diferents regions europees (any 1998).

	Població (milions)	Superfície (km ²)	Carreteres (km)	Vies exprés (km)	Autopistes (km)	Ferrocarril (km)	Alta velocitat (km)
Baden-Württemberg	10,4	35.752	26.431	335	1.020	3.985	110
Baixa Saxònia	7,9	47.348	26.930	169	1.305	4.303	563
Baviera	12,1	70.554	39.429	257	2.162	7.023	149
Hessen	6	21.114	15.409	155	956	3.040	193
Roina-Alps	5,6	43.698	27.380	96	1.076	2.694	325
Holanda occidental	7,3	11.854	36.848	337	736	1.286	0
Llombardia	9	23.872	27.239	157	543	1.566	0
Piemont	4,3	25.399	30.362	85	749	1.888	0
Total	62,6	279.591	230.028	1.591	8.547	25.785	1.340
Catalunya	6,16	31.930	11.734	397	855	1.349	190

Font: dades publicades al *Fòrum de les Infraestructures* (2001-2002), a partir dels estudis elaborats pel Gabinet d'Estudis Econòmics, SA.

Taula 2. Índex LPS per a les xarxes de diferents regions europees (any 1998).

	Carreteres LPS	Vies exprés LPS	Autopistes LPS	Ferrocarril LPS	Alta velocitat LPS
Baden-Württemberg	13,441	0,170	0,519	2,026	0,056
Baixa Saxònia	15,666	0,098	0,759	2,503	0,328
Baviera	12,268	0,080	0,673	2,185	0,046
Hessen	17,674	0,178	1,097	3,487	0,221
Roina-Alps	23,389	0,082	0,919	2,301	0,278
Holanda occidental	46,362	0,424	0,926	1,618	0,000
Llombardia	19,589	0,113	0,390	1,126	0,000
Piemont	44,305	0,124	1,093	2,755	0,000
Mitjana 8 regions	24,087	0,159	0,797	2,250	0,116
Catalunya	10,660	0,361	0,777	1,226	0,173
Índex diferencial					
Catalunya	-13,426	0,202	-0,020	-1,025	0,057
Km. dèficit/superàvit					
Catalunya	-14.788	222	-22	-1.127	62

Font: elaboració pròpia a partir de les dades de la taula anterior.

sobre dèficits són força més complexes i no presenten la mateixa homogeneïtat. Així, en carreteres hom pot reconèixer que el nostre índex és el més baix de totes les regions, tot i que no està gaire distanciat de moltes d'elles. La mitjana del conjunt de les regions s'eleva per la gran dotació de carreteres que hi ha

a Holanda i al Piemont. Això fa que el diferencial que caldria superar per tal de ser-hi homogenis és superior a la mateixa dotació actual. Òbviament, pot succeir que els paràmetres del concepte «carretera» no siguin completament homogenis a totes les regions, però, en tot cas, la posició de Catalunya a l'últim lloc no deixa dubtes del caràcter d'aquest dèficit. Es detecta el cas de dues zones, Holanda i el Piemont, en les quals, possiblement, la xarxa més local està comptada en el conjunt de les carreteres i, en aquest sentit, l'índex apareixeria sensible per detectar una possible variació de criteri.

Aquesta diferència de l'índex LPS implica que per igualar la mitjana d'aquestes regions europees ens caldrien 14.778 quilòmetres més de xarxa. La possibilitat de calcular un dèficit, quantificat en quilòmetres d'una xarxa, és un resultat que sorgeix directament de l'aplicació d'un índex de referència per a un valor determinat de la població i la superfície. Aquesta possibilitat de càlcul de dèficits és un aspecte important d'utilitat de l'índex LPS.

En temes de xarxes viàries de més cabuda, carreteres exprés i autopistes, el resultat és considerablement diferent del de les carreteres, ja que disposem d'un elevat superàvit en les primeres i d'un lleuger dèficit en les segones. En conjunt, estimant la suma dels dos sistemes, aquest llinar d'infraestructura és satisfactori. Com a primera conclusió, hom pot dir que no ens estranya el resultat en un país on determinades infraestructures a mans privades han tingut un desenvolupament més sistemàtic que aquelles altres en mans del sector públic, com ara les carreteres, en les quals el dèficit històric és més gran. En tot cas, quan el sector públic ha invertit, ho ha fet també en vies exprés per damunt de carreteres, tot emulant el sector privat, d'aquí que el conjunt de vies de més capacitat aparegui alt i en clar contrast amb la xarxa capil·lar de carreteres.

En termes ferroviaris, Catalunya apareix novament per sota el llinar de les altres regions. El nostre nivell de dotació és quasi la meitat del dels altres països, tot i que no estem en l'última posició, ja que la Llombardia és la pitjor classificada. Hi ha, però, regions europees que ens doblen en estàndard, com ara la Baixa Saxònia i el Piemont, i en sobresurt el cas de Hessen, que quasi ens triplica. Com en les carreteres, assolir un llinar europeu de xarxa ferroviària implicaria gairebé doblar la xarxa actual, amb més d'un miler de nous quilòmetres.

En ferrocarril d'alta velocitat, els llinars d'aquestes regions europees no ens són tan desfavorables com en el ferrocarril convencional. El nivell de Catalunya supera lleugerament la mitjana del conjunt i és clarament superior al de països que no tenen cap quilòmetre de xarxa. Amb tot, quedem molt per sota de tres regions que hi han optat clarament, com són la Baixa Saxònia, Hessen i Roina-Alps.

La impressió d'aquest conjunt de xifres ratificaria una imatge que ja hom té per Catalunya. En primer lloc, hi ha un dèficit d'infraestructura, però aquest és molt diferent segons el tipus de xarxa. El país s'ha modernitzat a través de determinades inversions privades, com ara les autopistes, i amb la recent inversió estatal en l'alta velocitat, però ens manca encara un pòsit d'anys de presència del sector públic, la qual cosa és notable en carreteres i ferrocarrils. En

aquesta situació de camí especial realitzat cap a la dotació d'infraestructures que hem practicat en les darreres dècades, ens han resultat més atractives les de gran capacitat, com ara autopistes i alta velocitat, que aquelles més menudes que organitzen el conjunt del país. I, sovint, per causa d'aquesta manera de procedir, hom acaba per creure que existeix una «via ràpida» per a la dotació del país que consisteix a fer precisament les grans obres en comptes de les més menudes, de les quals volem ignorar que articulen el territori molt més sòlidament que no pas les grans vies de pas.

Conclusió

L'índex LPS apareix com una eina simple, basada en unes qualitats geomètriques que la fan útil per a la descripció territorial, així com per a la comparació de diferents territoris. Es pot utilitzar també per quantificar el pes de diverses xarxes en el territori i obtenir un tipologia de casos que serien en cada cas una composició diferent de distintes xarxes.

La simplicitat de la fórmula permet relacionar-la també amb altres variables, per exemple econòmiques, per obtenir dades significatives en altres ordres. Un exemple podria ser la renda regional, ja que es podria correlacionar l'índex d'infraestructura amb el nivell de renda regional. Una altra possible variable són els pressupostos dedicats a la inversió en xarxes. En la mesura que la utilitat d'una xarxa s'ha de relacionar amb la població, però la seva dimensió física queda afectada molt directament per la superfície regional, una mateixa inversió en moneda tindrà una utilitat efectiva variable en la mesura que incideixi de manera desigual en territoris diferents. És a dir, l'efectiva disponibilitat d'una inversió no serà únicament una qüestió econòmica per quantificar monetàriament, sinó també a través de l'efectiva presència de la xarxa en el territori, i aquest fet només és mesurable a través de l'índex LPS. Es pot així, doncs, comparar el pes d'una inversió amb els efectes territorials, més enllà d'expressar la inversió per habitant o per quilòmetre quadrat. S'obre, per tant, una bona via d'anàlisi dels costos econòmics de les inversions sobre diferents territoris i una possibilitat efectiva de comparació regional en temes de dotació infraestructural.

Annex: Més consideracions formals sobre la definició de l'índex LPS

Tanquem aquest text amb algunes consideracions sobre el comportament geomètric i aritmètic de l'índex definit.

Sobre la forma del perímetre regional

Les característiques de la forma del perímetre territorial no influeixen en la formació del valor de l'índex LPS. El fet que el perímetre sigui mínim, com en el cas d'un cercle, no incideix en l'índex. Per a una mateixa superfície, el valor del perímetre podria arribar a ser molt alt (per exemple, si el perímetre fos

una corba fractal), sense que aquest fet tampoc no produís cap efecte en l'índex. L'únic factor que afecta l'índex és l'àrea i no hi incideix cap més característica formal del territori de suport on hi ha la xarxa i la població.

El fet que hom amidi la superfície amb el valor de l'arrel de l'àrea, cosa que es podria entendre com obtenir un equivalent d'un «diàmetre» ideal i que seria el resultat de quadrar la superfície estudiada, no implica cap incidència respecte a uns altres valors lineals que defineixen la superfície, com és el cas del seu perímetre.

Unió de regions

Si unim dues regions idèntiques per formar-ne una de més gran, l'índex conjunt que en resulta és més petit en valor, exactament 0,7071 vegades ($= 1/\sqrt{2}$) l'índex inicial. Per tornar a obtenir el mateix índex, cal augmentar la xarxa en un valor que serà 1,4142 vegades l'anterior ($= \sqrt{2}$), tot mantenint els valors de la superfície i la població que han quedat doblades. Aquest comportament de l'índex explica com cal augmentar l'estructura interna de xarxa en el cas de doblar la població i la superfície. Això faria explícita la necessitat de noves xarxes en un territori en cas d'una base material més gran de població i superfície. L'exemple és vàlid tant si la figura es dobla per la unió de dues d'iguals, com si s'infla en una superfície doble i que conté el doble de població. Es podria tractar també d'un creixement en el temps i d'una comparació entre dos moments de desenvolupament, al final i a l'inici del camí.

Augment conjunt de superfície i població

El mateix càlcul anterior es pot fer per a unes altres ampliacions d'un territori inicial. Per al cas de triplicar superfície i població, el coeficient impli-

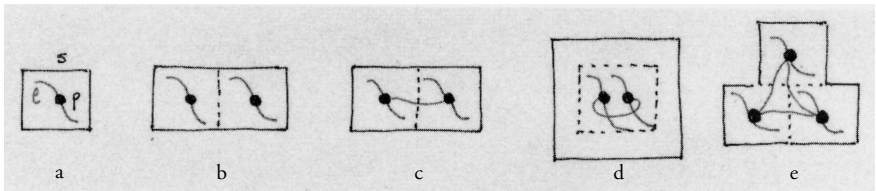


Figura 2. Duplicació d'un territori.

Per mantenir el mateix índex del territori (a) en la seva duplicació (b), cal afegir-hi un grau de xarxa (c). El resultat és el mateix en el cas d'una ampliació superficial amb més població (d). En (e) s'ha triplicat la superfície i la població.

LPS (cas simple) = $1 / p\sqrt{s}$.

LPS (cas duplicat) = $2l / 2p\sqrt{2s} = 1/p\sqrt{2}\sqrt{s} = 0,707 (1/p\sqrt{s})$. Si es duplica la superfície i la població, l'índex baixa. Per a doble població i doble superfície cal una xarxa 2,82 ($= 2\sqrt{2}$) vegades l'anterior per mantenir l'índex constant.

cat és $\sqrt{3} = 1,7320$. Si hom quadruplica el territori, l'índex implicat és 2,0, és a dir, cal duplicar el volum de les xarxes per mantenir el mateix valor de l'índex.

Regions amb mar

Les regions metropolitanes, com ara Barcelona o Atenes, on la ciutat central limita amb el mar i semblen «tallades» per un diàmetre, són totalment comparables amb les regions que envolten completament una ciutat central. A les regions amb mar és un model aproximat a mesurar el cas d'un semicercle d'una regió completa. El manteniment d'un mateix índex LPS és possible per a una meitat de superfície (el semicercle), la mateixa població i una xarxa que és 0,70 cops la de la regió completa (cercle). El manteniment de l'índex és també equivalent a la meitat de la superfície, la meitat de la població i 0,35 de la xarxa. En tercer lloc, és també equivalent a una meitat de la superfície, una meitat de la xarxa i una població 1,41 vegades la del cercle complet. Finalment, podria ser també equivalent a la meitat de la població, la meitat de la xarxa i una àrea que seria no la meitat, sinó 0,70 vegades el cercle complet.

En el primer cas, el fet de mantenir la mateixa població per a una superfície més petita fa que la xarxa no sigui exactament la meitat, sinó 0,7. En el segon cas, per a la meitat de superfície i de població, la xarxa és 0,35 la inicial. En el tercer cas, la població augmenta, ja que la xarxa i el territori són just la meitat. En l'últim cas, la meitat de la població i la meitat de la xarxa serveixen una àrea una mica més gran que el semicercle (amb un radi que seria un 20% més extens).

No hi ha, doncs, una linealitat absoluta que faci que una regió en semicercle sigui exactament la meitat de tots els valors d'un cercle complet, però hi ha interpolació de resultats, segons si preval un factor o un altre dels tres que hi ha en joc.

Els àmbits administratius variables

El fet que l'índex LPS es mantingui estable per a un augment de l'àrea regional, de manera que sigui possible comparar regions de magnitud superficial

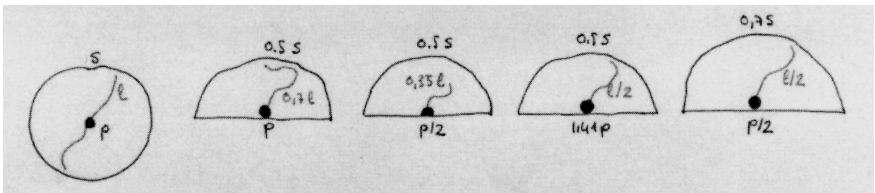


Figura 3. Regions amb mar. S'hi pot mantenir el mateix valor de l'índex LPS, amb diverses composicions de xarxa, superfície i població, però no en el cas que aquestes tres variables siguin just la meitat que en el cas del cercle complet.

diferent és un fet que resulta interessant en la mesura que les àrees administratives han estat definides per factors poc geogràfics.

Tot i així, l'índex es manté constant només en el cas d'una inflació homogènia del conjunt del model. Succeeix així si el conjunt de vies són radials cap a la perifèria, llavors l'índex es manté estable. Però no és el mateix cas quan, a part de vies radials, hi ha unes xarxes que segueixen un altre esquema. En aquest cas, el manteniment de l'índex demana una inflació homogènia del conjunt. Això no passa quan es prolonguen només les vies radials cap als límits regionals al mateix temps que s'incrementa l'àrea, però es manté constant la part central que pot ser la part amb més xarxes. Aquest fet de no créixer la part central fa que el resultat no sigui completament constant, ja que en aquest cas caldria inflar també l'estructura central, però aquest matís no acaba per trencar completament la inèrcia de l'índex a mantenir el seu valor, tot i que es faci variable l'àmbit administratiu.

També cal considerar que aquesta inèrcia es manté solament si el territori ampliat conté la totalitat de l'estructura estudiada, ja que és tota una altra cosa el cas que l'augment superficial incorpori noves estructures de població i xarxes. Amb tot, si es manté l'estructura central i s'amplien les xarxes radials alhora que la superfície regional, ens caldrà augmentar només una mica la magnitud de les xarxes no radials per tal de mantenir el valor de l'índex. Aquest fet implicaria una certa dotació més gran per al cas d'ampliar la superfície regional, per tal de compensar la no inflació del centre. Hom pot pagar aquest preu de lleuger increment de xarxa, però el fet és que l'índex fa considerablement poc significatiu que siguin molt variables els criteris de delimitació regional.

Índex de densitat de xarxes

Els índexs convencionals de densitat d'infraestructura, en termes de quilòmetres lineals de xarxa per quilòmetre quadrat de superfície, són, com s'ha dit al principi, molt artificiosos i no permeten realitzar comparacions equilibrades entre territoris. Aquest fet no succeeix amb l'índex LPS.

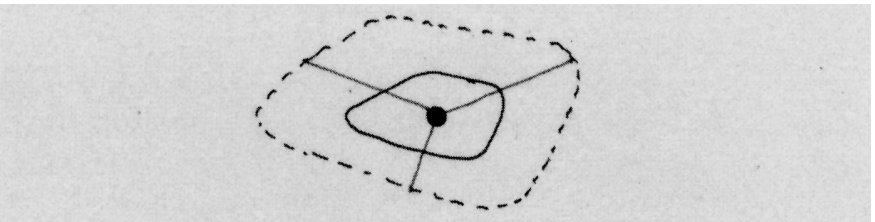


Figura 4. La relativitat de les delimitacions administratives. Una regió amb només xarxes radials manté el seu índex si la seva superfície s'amplia en proporció. Aquest factor ajuda a fer relativa la decisió de la delimitació administrativa, tot i que en els casos reals no es produeix una inflació constant de tot el model i no es mantindria completament constant l'índex per a xarxes una part de les quals no sofriria inflació.

Un valor convencional de densitat d'infraestructura per superfície (quilòmetres lineals per quilòmetre quadrat, kl/km²) suposa que, quan anem ampliant l'àrea, ens caldria un creixement lineal de la xarxa per mantenir un mateix valor de densitat. Tot això amb independència que la població es mantingui estable o no, ja que no és un factor que intervingui en aquest quocient.

El fet d'usar un mateix índex de densitat per a àrees territorials diferents en dimensió, suposa considerar que el territori no és *fractal* en la seva organització, ja que es reproduiria un mateix patró a cada unitat de superfície (vegeu la figura 1). El caràcter fractal, en canvi, parteix de la consideració que el model és permanent, tot i la variació d'escala, i que no es manté mai el mateix model en cada unitat de superfície.

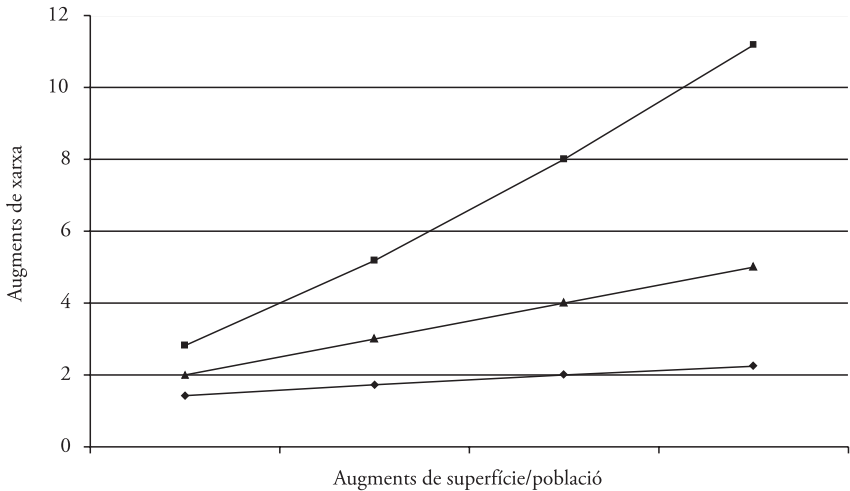
Comparar territoris de dimensió diferent a partir d'un criteri de densitat manca de significat, ja que aquest índex és relatiu a l'escala que s'aplica la densitat, és a dir, només entre territoris de la mateixa superfície es poden fer comparacions amb un criteri de densitat. En canvi, sí que té sentit fer les comparacions, sigui quina sigui la superfície del territori, si es fa a partir d'un índex amb consideració fractal, ja que per definició serà immune al canvi d'escala. En aquest cas, el ritme de creixement de les xarxes en relació amb la dimensió superficial, o de població, més gran del territori permet treure'n algunes conseqüències.

L'augment de superfície, en un cas d'aplicació de l'índex de densitat, comporta un creixement igualment lineal de la xarxa per al cas que hom pretengui mantenir el valor de l'índex de densitat. Aquest augment lineal és molt elevat, ja que és de suposar que els territoris que s'amplien no han de tenir, en el cas general, un grau de població i urbanització similar, sinó, generalment, més petit (el territori poc urbanitzat supera en general l'urbanitzat). Per aquest camí, tot el país hauria d'assolir el mateix nivell de xarxes que les àrees més urbanes centrals. Aquesta pretensió de l'índex és absurda si, a més, no hi ha cap consideració integrada en relació amb la població servida. D'aquí que un índex de densitat ens digui tan poca cosa perquè varia molt, tot depèn de la superfície.

Sobre els ritmes de creixement de l'índex LPS

Primera consideració: el fet de mantenir el valor de l'índex LPS en el cas d'un augment de superfície (amb població sempre constant) comporta un increment de la xarxa que se situa per sota del creixement lineal que vèiem segons densitat. El creixement de la xarxa hauria de ser de $\sqrt{2} = 1,41$ per a una superfície doble, de $\sqrt{3} = 1,73$ per a una superfície triple, de $\sqrt{4} = 2$ per a una superfície quatre vegades més gran, etc. Aquest creixement és una paràbola que se situa per sota de la recta del creixement lineal de la densitat.

Segona consideració: en el supòsit que el creixement sigui conjunt de la superfície i de la població, el manteniment de l'índex LPS comporta uns resultats que superen els de l'índex de densitat. Si hom considera que es duplica la població i la superfície, la xarxa, per mantenir el mateix índex, ha de créixer



Gràfic 1. Augments de xarxa en tres supòsits:

- Recta central: augment de xarxa per a un augment de superfície, per a densitat constant de xarxa (km/km^2). No té en compte la població.
- Corba inferior: augment de xarxa en cas d'augment de superfície i per a població constant, en condicions de conservació de l'índex LPS.
- Corba superior: augment de xarxa en cas d'augment simultani i del mateix ordre de la superfície i de la població, en condicions de conservació de l'índex LPS.

$2\sqrt{2} = 2,82$ cops. En cas de població i territori triplicats, el resultat seria $3\sqrt{3} = 5,19$, mentre que en el cas de quadruplicar seria $4\sqrt{4} = 8,0$, etc. El resultat és també una paràbola però d'un creixement molt ràpid que supera la linealitat de la densitat.

En un cas real d'augment de superfície i població, aquesta altíssima urbanització comportaria l'establiment de canals de més capacitat, és a dir, per exemple, deixar de fer carreteres i construir autopistes o ferrocarrils. Aquesta seria una conclusió a partir de reconèixer que les xarxes no solament ocupen metres lineals de longitud, sinó també una determinada amplada i que no pas totes són de la mateixa capacitat. En qualsevol cas, però, seria possible estudiar a partir de quins llindars de l'índex LPS és prudent deixar d'incrementar el seu valor i cal començar a canviar de sistema de xarxa. Aquesta resposta es podria estudiar a partir de casos reals. O també es podria estudiar en quines regions l'índex LPS no creix per a una determinada xarxa, a partir de quin llindar no ho fa i quins sistemes alternatius hi operen.

En síntesi, el model de l'índex LPS no es pot dir que operi únicament en un sentit prudent de considerar la superfície a partir del valor de la seva arrel quadrada, en comptes de fer-ho a partir de la seva dimensió superficial, sinó que

en determinats supòsits, en la mesura que l'índex és finalment un valor de xarxa per habitant, pot arribar a succeir que el creixement de la xarxa arribi de ser exponencial, com és el cas de si hom vol considerar un mateix llindar LPS per a llocs on hi ha molta més superfície i població. En conclusió, partir d'un índex compost entre població i superfície per valorar la presència de les xarxes no implica necessàriament menys valoració del fet superficial si hom parteix del valor de la seva arrel quadrada. Aquest factor que pot semblar de prudència no és sinó una aparença de partida que no regateja, en absolut, la presència de les xarxes al llarg de l'extensió d'un territori.