

Anàlisi global de la Petjada Ecològica i la forma urbana

Projecte Final de Carrera
Llicenciatura Ciències Ambientals

Autor: Pau Morera Font

Director: Ivan Muñiz

Universitat Autònoma de Barcelona, setembre 2007

Resum

Cada cop són més els estudiosos que consideren aquest nou segle com el segle de les ciutats. L'any 2008 més de la meitat de la població mundial viurà en ambients urbans, i això es veu amb temor pel gran impacte que tenen les ciutats sobre el medi, i per la qualitat de vida dins aquestes urbs.

Aquest document estudia com els factors urbans determinen la Petjada Ecològica global de les activitats humanes, utilitzant variables com : densitat mitjana de les ciutats, percentatge de població urbana, renda *per càpita*, latitud, preus de la gasolina i mida de la població.

1. Introducció

L'última edició de *La situació del món* (Informe Anual del Worldwatch Institute sobre el Progrés cap a una Societat Sostenible), de l'any 2007, porta per títol "El nostre futur urbà". L'elecció d'aquesta temàtica no és fruit de la casualitat: en algun moment de l'any 2008 la població que viurà a les ciutats - aproximadament 3.200 milions d'éssers humans- equipararà i superarà la població rural. Això implica el desplaçament de més de 50 milions de persones que s'incorporaran a les ciutats o als seus suburbis.

Als països industrialitzats aquest *boom* urbà es va produir al llarg del segle XX, fins al punt que l'any 2005 tres de cada quatre dels seus habitants vivia en una zona urbana. Ara és l'hora dels països en vies de desenvolupament, aquells menys equipats per proveir transport, vivenda, aigua i serveis als seus ciutadans. Àsia i Àfrica, actualment rurals en més de dues terceres parts, serà mig urbana el 2025.

Davant aquest panorama hi ha qui se'n lamenta, considerant les ciutats i particularment les megalòpolis espais deshumanitzats on la gent que hi viu amuntegada perd la seva identitat i acaba sobrevivint en la misèria més absoluta, entre la runa i la brutícia d'espais altament contaminats. Però potser les ciutats per si mateixes no són l'origen del problema, i potser inclús en són la solució. La planificació i la gestió de les grans urbs són els pilars en els què s'ha de sostenir el segle XXI, el segle de les ciutats.

Potser tenim una visió massa pessimista de les possibilitats reals de les ciutats. Les projeccions demogràfiques basades en els alts índexs de natalitat de fa 20 o 30 anys no s'han complert, el que ens dóna una perspectiva més encoratjadora del creixement de les ciutats en les pròximes dècades. De la mateixa manera, la irrupció de les energies renovables, automòbils menys contaminants, noves formes de transport públic i unes tecnologies de comunicació –telefonía mòbil, internet- que redueixen la necessitat de viatjar estan afeblint la imatge caòtica que es predeia per als grans centres urbans. L'evolució de la tecnologia ofereix noves perspectives a totes les ciutats, sigui quina sigui la seva mida o forma.

Les ciutats s'han convertit en nuclis de riquesa, on es genera la major part de la renda d'un país i es concentra la major part de la seva població. Un exemple ben clar, la

ciutat de Bangkok, que conté el 12% de la població de Tailàndia, produeix el 40% del seu Producte Interior Brut (PIB).

Les activitats humanes depenen de l'abastiment de recursos, l'absorció de residus i altres serveis essencials per a la vida que tan sols la Natura pot proveir. Cada un d'aquests serveis requereix una certa àrea –d'aigua i/o de terra-. Gràcies a això podem calcular quina superfície total és necessària per a mantenir aquestes activitats humanes, la «Petjada Ecològica» és la suma de totes aquestes àrees, un càlcul de superfície. Actualment, aquesta superfície que necessitem per mantenir els nostres nivells de consum ja és més gran que la superfície del planeta, és a dir que estem liquidant el capital natural.

En aquest estudi mirarem de comprendre com incideixen els diferents factors urbans en la mesura de la Petjada Ecològica, quins tenen més pes sobre ella i com s'influeixen mútuament.

Més que en cap altre època històrica, el futur de la humanitat, de la nostra economia i del planeta que ens manté es determinarà a les ciutats.

2. La petjada ecològica

– Petjada ecològica: definició

L'any 1996, Mathis Wackernagel i William Rees van definir la Petjada Ecològica com l'àrea ecològicament productiva que es requereix per satisfer el nostre estil de vida actual de manera indefinida, independentment de la localització d'aquesta àrea. És una eina que ens permet mesurar i analitzar quanta terra -i aigua- ecològicament productiva utilitza un individu, una ciutat, una regió o la humanitat per produir els recursos que consumeix i absorbir els residus que genera, en un moment o període concret. D'aquesta manera, per tant, ofereix una imatge aproximada de la relació existent entre una població, el seu consum de recursos i l'alteració de condicions de l'entorn, i la seva capacitat de càrrega límit¹.

El mètode de càlcul de la petjada proposat per aquests dos autors parteix de l'assumpció que cada unitat de matèria o d'energia consumida requereix una certa quantitat de territori per tal de proveir recursos per al consum o tractar els residus que es generen. És per això que a l'hora de calcular aquest indicador s'estima l'àrea de territori necessària per a la producció de cada element de consum per persona. Aquesta àrea s'obté en dividir el consum anual mitjà de cada un d'aquests elements (*kg/habitant*) per la productivitat anual mitjana (*kg/ha*).

¹ La capacitat de càrrega límit d'un sistema (un determinat entorn, territori, etc.) s'ha d'entendre com la capacitat màxima que té aquest d'assumir una població, o poblacions de diferents espècies, de tal manera que es garanteixi la seva permanència com a espècie o espècies. En el cas de la població humana, seria equivalent a la màxima població que el planeta pugui contenir sense impedir la seva reproducció com a espècie (sense precisar, però, les condicions de vida d'aquesta població). (Mayor, 2005)

La Petjada Ecològica (a partir d'ara PE) s'expressa en unitats de hectàrees globals (gha). Una hectàrea global és una hectàrea normalitzada per a contenir la mitjana mundial de la productivitat de tota la terra i aigua ecològicament productiva per a un any donat. La superfície del planeta és aproximadament de 51 bilions d'hectàrees (ha). L'any 2003 els oceans i els mars (excepte les zones litorals molt més productives) ocupaven prop de 35 bilions d'ha, i de la superfície restant 2,8 bilions corresponien a les regions polars i 2 bilions a zones desèrtiques o semidesèrtiques. És a dir, que la biosfera tenia 11,2 bilions d'hectàrees ecològicament productives, aproximadament una cinquena part de la superfície del planeta. D'aquestes, 2,4 bilions d'ha. corresponen a aigües poc profundes i interiors, 1,5 bilions a terres de cultiu, 3,4 bilions a zones de pastura, 3,7 bilions a superfície forestal i 0,2 bilions d'hectàrees de sòl urbanitzat.

– metodologia de càlcul

El càlcul de la Petjada Ecològica es basa en l'estimació de la superfície (en gha) necessària per a satisfer els consums associats a l'alimentació, als productes forestals, a la despesa energètica i a l'ocupació directa del terreny.

Així, els territoris productius que es consideren per als càlculs són: cultius, zones de pastura, superfícies forestals –que es trobin en explotació-, zones pesqueres, assentaments humans i infraestructures –incloent plantes hidroelèctriques-, àrees d'absorció de CO₂ (*Energy Land*), i energia nuclear².

Per a calcular aquestes superfícies, la metodologia es basa en dos aspectes bàsics:

- Comptabilitzar el consum de les diferents categories en unitats físiques.
- Transformar aquests consums en superfície ecològicament productiva apropiada mitjançant índexs de productivitat.

Els valors de productivitat poden estar referits a escala global, o bé, es poden calcular específicament per a un determinat territori tenint en compte la tecnologia utilitzada i el rendiment del sòl.

Tot i ser l'índex mediambiental més complet que hi ha a dia d'avui, encara té algunes mancances. Hi ha certs consums que no queden comptabilitzats en l'anàlisi de la PE; d'una banda aquells materials per als quals la biosfera no té una capacitat d'assimilació significativa –plutoni, PCB, dioxines, i altres contaminants persistents- o processos que danyen les capacitats futures de la biosfera -espècies en extinció, salinització i erosió de les terres de cultiu³-. De forma similar, no té en compte l'ús d'aigua dolça ni la seva disponibilitat, car no és per si mateixa un bé o un servei produït biològicament –tot i que la pèrdua de biocapacitat associada al consum d'aigua es veu reflectida en el decreixement de la biocapacitat global-, així com tampoc contempla altres gasos d'efecte hivernacle (GEH) que no siguin el diòxid de carboni, ja

² La demanda sobre la biocapacitat associada a l'ús de l'energia nuclear és difícil de quantificar, en part perquè les preguntes d'investigació que sustenten la Petjada no consideren molts dels seus impactes. En vista de la manca d'informació concloent, se suposa que la petjada de l'electricitat nuclear sigui la mateixa que la quantitat equivalent d'electricitat provinent de combustibles fòssils. Actualment, la petjada de l'electricitat nuclear representa menys del 4% de la Petjada Ecològica global. (Hails, 2006).

³ Tot i que les conseqüències d'aquestes activitats es veuran reflectides en càlculs futurs de la PE com a disminució de la biocapacitat.

que el coneixement científic de l'impacte d'aquests gasos encara és incomplet, ni altres impactes com la contaminació atmosfèrica, del sòl o de les aigües, l'erosió o la pèrdua de productivitat. (Global Footprint Network, 2006)

– PE i forma urbana

Quina relació pot tenir un indicador de l'impacte de l'espècie humana sobre el medi ambient, amb la forma que adopten les seves poblacions? En acabar l'apartat anterior hem fet una primera ullada a aquesta qüestió: a major densitat, més recursos i serveis es comparteixen. Òbviament, pel simple fet de viure més junts no ens alimentarem menys o farem servir menys aigua per rentar la roba, llavors quins són aquests recursos que, compartint, podem minimitzar? Bàsicament, el consum energètic i el sòl urbanitzat.

Segons diverses fonts consultades el transport representa entre el 20% i el 25% de les emissions totals de CO₂ –i és l'emissor principal d'altres gasos-, que tenen un pes decisiu en el valor resultant de la Petjada. L'any 2003 les emissions de diòxid de carboni representaven pràcticament la meitat del valor de la PE del món, i als països d'Amèrica del Nord –EEUU i Canadà- aquest percentatge gairebé assolía el 60%. La forma de les ciutats, doncs, és determinant en aquest sentit. Com també ho és la seva gestió; consumeixen molta menys energia –i emeten menys CO₂- cent persones que poden anar a la feina en tren, o en autobús, que cent que ho han de fer en cotxe.

Augmentar els nivells d'eficiència energètica sembla, per tant, imprescindible, i la millor solució –si va acompanyada d'altres mesures de reducció- per reduir la PE global. Alhora, una reducció de les emissions de CO₂ també reduiria els problemes de pol·lució de les grans ciutats, perjudicials per a la salut humana.

– Increment Petjada Ecològica: preocupacions futures

Segons dades de les Nacions Unides, la població humana mundial, que actualment és d'uns 6,7 milers de milions, podria arribar als 9 mil milions abans de l'any 2050. Això suposa una taxa de creixement alarmant en un món en què cada cop més es qüestiona la capacitat del planeta de mantenir els nostres ritmes de consum. A mida que augmenta la població mundial també ho fa en proporció la PE global, però la biocapacitat no augmenta al mateix ritme, es manté aproximadament constant.

Continuant en la mateixa trajectòria, inclús les projeccions més optimistes (increments moderats en la població, el consum d'aliments i les emissions de CO₂) suggereixen que l'any 2050 la humanitat demandarà recursos al doble de la taxa a la què la Terra els pot generar. Aquest grau d'excés posa en risc no tan sols la pèrdua de la biodiversitat, sinó que també danya els ecosistemes i la seva habilitat de proveir els recursos i els serveis dels quals depèn la humanitat. L'alternativa és eliminar l'excés de Petjada global, però això suposa –inclús disminuint la taxa de creixement de la població mundial- un canvi dràstic en els nivells de consum, principalment de combustibles fòssils, en els que es basa la nostra economia actual.

▪ El paper de les ciutats

L'any 1950 tan sols hi havia una megalòpolis al planeta, és a dir una ciutat amb una població superior als 10 milions d'habitants –Nova York-. Segons la divisió de població

de l'ONU, l'any 2015 hi haurà 21 megalòpolis, i el nombre d'àrees urbanes amb censos d'entre 5 i 10 milions es dispararà de 7 a 37. Aquest creixement es produirà sobretot en països en vies de desenvolupament, és a dir, els que estan pitjor equipats per a proporcionar als seus ciutadans transport, vivenda, aigua i clavegueram. Àsia i Àfrica, ara rurals en dues terceres parts, seran mig urbanes l'any 2025, i les majors ciutats del planeta seran, amb tota probabilitat, Tokyo (Japó), Dacca (Bangladesh), Bombay (Índia), Sao Paulo (Brasil) i Delhi (Índia). Mai s'han estès tan de pressa les poblacions metropolitanes.

D'una banda, això pot ser bo, en el sentit que a les àrees urbanes es genera entre el 50% i el 80% del Producte Interior Brut (PIB) de gairebé tots els països del món, i de cara a minimitzar el creixement de la PE sembla d'entrada la millor opció, però la qualitat de vida de la immensa majoria de gent del futur estarà determinada per la qualitat d'aquestes ciutats.

3. Procediment i metodologia

L'anàlisi de tots els factors relacionats amb la PE i la forma urbana és complex; no tan sols pel volum de dades a tractar, sinó per les imbricades relacions entre aquestes, molt més estretes del què hom pot pensar a primer cop d'ull. Per a poder-les tractar de manera que resultin el més clares i entenedores possible les estudiarem pas a pas, des de la simple comparació entre dos valors fins a l'anàlisi de matrius de correlació entre tots els factors.

Un cop presentades les dades, procedirem a relacionar-les amb la Petjada Ecològica *per càpita* (PEpc), una a una, elaborant gràfics de dispersió d'eixos x-y, i mitjançant el mètode dels mínims quadrats ordinaris obtindrem una corba de regressió que s'ajustarà al màxim a la tendència que tindran les dades comparades⁴. Aquest mètode ens permetrà obtenir una primera representació gràfica del comportament de cada factor amb la PEpc i ens ajudarà a veure quina influència hi té cada element per si sol, deixant de banda de moment la pressió dels altres components.

Posteriorment i seguint el mateix sistema, iterarem el procés comparant els diferents factors entre ells, a part de la PEpc, buscant així la forma com es relacionen mútuament. Trobar una influència clara entre dos o més d'aquests elements ens podria indicar quins d'ells afecten la PE de forma indirecta, i s'haurà de tenir molt en compte a l'hora d'extreure'n conclusions.

El següent pas del nostre estudi serà l'observació del comportament de diversos elements alhora, entre ells i amb la PEpc. Mitjançant estudis de regressions i les seves corresponents matrius de correlació creuarem totes o part de les dades, amb la finalitat d'obtenir una aproximació més realista al nostre objectiu d'estudi.

⁴ De totes les corbes que aproxima un conjunt donat de dades, la que té la propietat que la suma de desviacions de cada valor respecte la corba deduïda sigui mínima s'anomena corba d'ajust òptim, o *corba de mínims quadrats*.

	1	2	3	4	5
C	-1.403 (-1.22)	-4.606 (-16.63)	2.708 (3.04)	1.799 (2.13)	-1.353 (-1.68)
variable 1	-0.321 (-3.83)		-0.619 (-8.00)	-0.537 (-7.30)	-0.284 (-4.25)
variable 2	0.217 (1.98)		0.812 (8.20)	0.709 (7.54)	
variable 3	0.402 (5.61)	0.575 (15.26)			0.481 (11.73)
variable 4	0.108 (2.73)	0.116 (2.57)		0.218 (4.26)	0.204 (2.52)
R ²	0.800	0.812	0.708	0.757	0.843

estudi de regressió (exemple).

Hi ha un element determinant a l'hora d'explorar els resultats obtinguts en una taula d'aquestes característiques. No podem oblidar que estem parlant de dades socioeconòmiques, demogràfiques o físiques, i totes elles són mútuament dependents les unes de les altres. Per tant, si les tenim totes en consideració o si n'obviem alguna, els resultats variaran en major o menor mesura. Com que no estem segurs de quines són més depenents, aquelles que afectaran a la PE de manera més indirecta, realitzem matrius de correlació i podrem tenir una idea més clara de com es relacionen entre elles les variables

LOG	variable 1	variable 2	variable 3	variable 4
variable 1	1.000000	0.893421	0.707471	-0.699937
variable 2	0.893421	1.000000	0.744550	-0.620474
variable 3	0.707471	0.744550	1.000000	-0.398771
variable 4	-0.699937	-0.620474	-0.398771	1.000000

matriu de correlació (exemple).

Fins ara haurem analitzat valors corresponents a un any determinat, estàtics, que ens mostren una situació puntual o marginal. Però la renda, el percentatge de població urbana d'un país o la densitat urbana d'una ciutat són elements dinàmics, canviants amb el temps. Per això, per a comprendre millor com varien aquests valors i les seves interrelacions amb el pas dels anys, modificarem l'anàlisi de regressions substituint aquells valors que demostren diferències significatives en anys diferents. Això ens permetrà no tan sols estudiar com evoluciona el pes de cada factor en la PE_{pc}, sinó potser fins i tot ens permetrà formular hipòtesis del seu comportament futur.

4. Dades

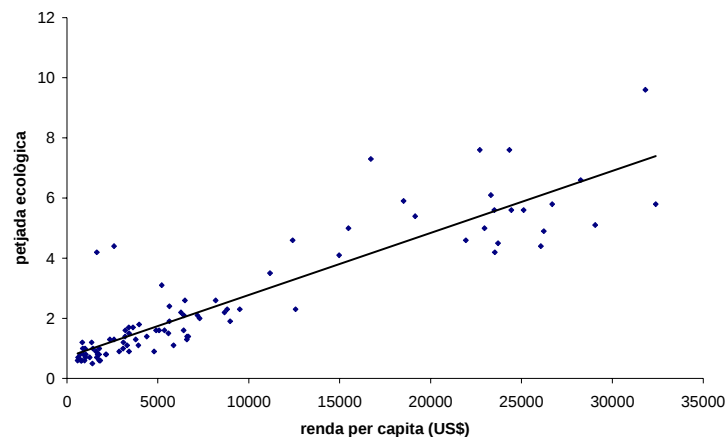
Els factors escollits per a la primera comparativa amb la PE_{pc} són la renda *pc*, la població urbana, la densitat mitjana de les ciutats principals, el preu de la gasolina i la

latitud mitjana de cada país. L'anàlisi dinàmic es basa en pràcticament les mateixes dades, amb la diferència que algunes són presentades en termes de variació. De nou, utilitzem la latitud, la renda *pc* i la població urbana, i com a elements dinàmics prenem els increments d'aquests dos últims valors -les variacions anuals del PIB i de la població urbana-. Aquestes dades tenen una tendència –a l'alta o a la baixa segons el cas- que ens permet observar com ha canviat en els últims 20 anys aproximadament el rol de les influències de cada variable amb la PE. Veurem si algunes han guanyat més pes en detriment d'unes altres, o si aquestes variacions no són prou significatives en el període estudiat.

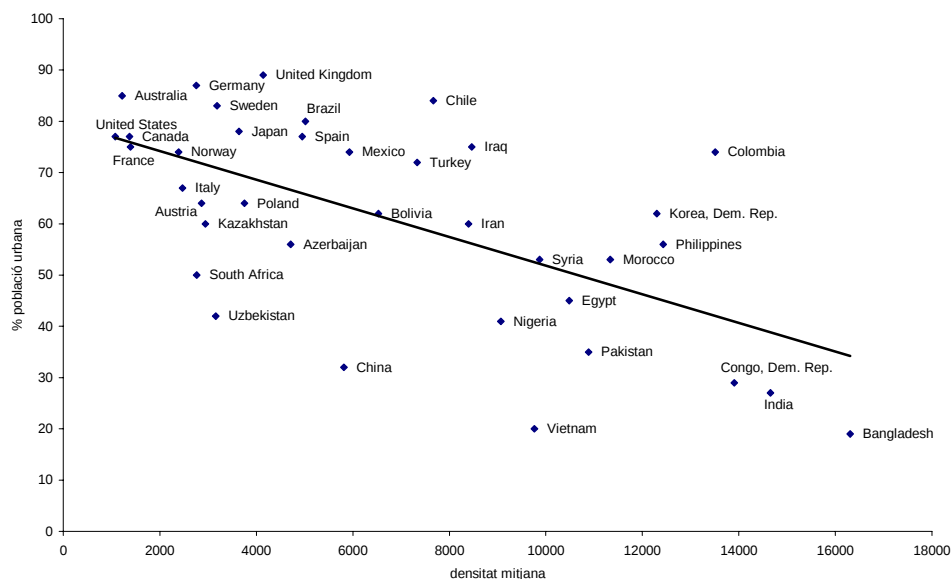
5. Resultats i anàlisi

– Dades d'estàtica

Els països amb una major renda, els més rics, són alhora els que més impacten sobre el medi ambient. Aquesta conclusió no sorprèn, per la mateixa definició de la PE ho podem sospitar: la PE és un càlcul de consum de recursos, per tant a major consum major impacte.



Observem també com es comporta la densitat urbana respecte el percentatge de població urbana.



D'aquestes dues representacions en podem obtenir una informació rellevant, clau en la nostra investigació; observant la disposició dels països veiem com aquells amb major petjada són també els que tenen una menor densitat urbana, i una major renda *per càpita*.

Quin paper hi juga la latitud? Als països més freds els consums energètics són majors –principalment per la calefacció a les llars-, incidint directament en els valors de PE. Per tant, els països amb una latitud mitjana més allunyada de l'equador terrestre tindran una PEpc més gran que els de les regions temperades o tropicals (Gràfic10).

Variable	1	2	3	4	5
C	-1.403 (-1.22)	-4.606 (-16.63)	2.708 (3.04)	1.799 (2.13)	-1.353 (-1.68)
LOG(DENS_CIUTATS)	-0.301 (-3.23)		-0.619 (-8.00)	-0.537 (-7.30)	-0.284 (-4.25)
LOG(POBURB_97)	0.217 (1.98)		0.812 (8.20)	0.709 (7.54)	
LOG(PIB_97)	0.402 (5.61)	0.575 (15.26)			0.481 (11.73)
LOG(LATITUD)	0.108 (2.73)	0.116 (2.57)		0.208 (4.26)	0.104 (2.52)
R²	0.851	0.812	0.708	0.757	0.843

Significativitat de les variables d'estudi (93 països)

El primer que ens crida l'atenció és l'alt valor de la R-quadrat. Un ajust tan bo –entre 0,7 i 0,85 per a totes les subanàlisi- indica que les dades delimiten força bé la tendència del conjunt. Així mateix, la distribució t-student (entre parèntesi) és per a totes les variables significativa.

Els valors més baixos els trobem en la latitud, probablement degut a què la seva influència sobre la PE és indirecte, incidint més sobre les altres variables. Això ho podrem comprovar en la matriu de correlació (Taula9).

Els alts valors del PIBpc confirmen les sospites que teníem sobre la seva forta influència, no tan sols sobre la PE, sinó sobre tots els altres factors relacionats amb la forma urbana. Observem que quan ignorem la renda (subanàlisi 3 i 4) els valors de les altres variables augmenten considerablement.

Fent un cop d'ull a la matriu de correlació corresponent a aquest anàlisi de regressió corroborem, d'una banda, l'alta influència del PIB sobre totes les variables –com ha quedat demostrat en les representacions gràfiques de les comparacions “u a u”-, i d'altra banda com els factors urbans –POBURB_97 i DENS_CIUTATS- tenen valors molt semblants entre ells i també molt alts en relació amb la PE i amb la renda.

(log)	PE_2003	PIB_1997	POBURB_97	DENS_CIUTATS	LATITUD
PE_2003	1.000000	0.893421	0.707471	-0.699937	0.570543
PIB_1997	0.893421	1.000000	0.744550	-0.620474	0.526775
POBURB_97	0.707471	0.744550	1.000000	-0.398771	0.367236
DENS_CIUTATS	-0.699937	-0.620474	-0.398771	1.000000	-0.370165
LATITUD	0.570543	0.526775	0.367236	-0.370165	1.000000

Taula9. Matriu de correlació (93 països)

Els factors PE i PIB estan tan associats entre ells que els seus valors de correlació amb les altres variables tenen valors molt semblants. Tot i no haver una gran diferència, sembla com si la Població Urbana es trobés més lligada al PIB, mentre que DENS_CIUTATS i LATITUD afecten més la PE.

Els baixos valors de DENS_CIUTATS amb POBURB_97 o amb LATITUD, així com els de POBURB amb LATITUD, es donen perquè l'evolució i les característiques d'una ciutat depenen en gran part d'altres fenòmens, el més clar dels quals és la geografia física. Això també corrobora la idea que el factor "original" és la renda, ja que els altres factors entre ells s'influeixen poc.

– Dades de dinàmica

Fent una anàlisi de regressió pr als valors dinàmics el primer que ens crida l'atenció és la baixa significativitat de totes les variables, en què tan sols els valors de renda *per càpita* tenen una distribució *t*-Student acceptable. Sent així, no podem assegurar cap resultat al respecte, però sembla ser que, tot i que de forma puntual –marginal- la renda i la població urbana són factors clau en la PE, la seva evolució amb el pas dels anys no està tan lligada, o potser depèn d'altres factors més complexos de valorar –polítics, socials...-.

Variable	1	2	3
C	0.327 (0.94)	0.493 (1.52)	0.638 (3.09)
LATITUD	-0.017 (-1.46)	-0.002 (-0.18)	
PIB_1980	0.000 (3.01)	0.000 (2.29)	
POBURB_80	-0.008 (-0.89)	-0.010 (-1.18)	
VARPIB_ANUAL	0.206 (4.45)		0.170 (3.25)
VARPOBURB_ANUA	-0.007 (-0.19)		-0.070 (-1.15)

Significativitat de les variables; amb increments anuals (93 països)

Conclusions

El factor urbà és un element determinant en el càlcul de l'impacte que provoquen les activitats humanes sobre el medi que ens envolta. És indispensable que la planificació i la bona gestió de les noves megalòpolis, així com de qualsevol altra ciutat, sigui

primordial en les agendes de tots els països. Variables com la densitat urbana de les nostres ciutats o el percentatge de població urbana dels nostres països han de ser les claus de l'evolució social en el *segle de les ciutats*.

La base d'aquesta gestió ha de ser principalment econòmica, en augment de la riquesa però sobretot **reduint les desigualtats**, no tan sols entre països rics i pobres, entre els malnomenats Primer i Tercer Món, sinó també dins de les ciutats, el Quart Món. El repte més gran del segle de les ciutats és aconseguir una desenvolupar les urbs mantenint o millorant la qualitat de vida dels seus ciutadans.

Encara queda molt per fer, i el millor moment per fer-la és abans de veure com es fan realitat les prediccions, s'ha de planificar amb temps. S'ha d'aclarir i normalitzar el concepte de ciutat. Què entenem per ciutat, quants habitants ha de tenir o quina densitat mínima requereix per ser considerada com a tal. També s'ha de tenir en compte la relació entre espais habitats i altres elements –jardins, carrers, espais verds– que també tenen la seva importància, no hem de considerar que la seva única funció és d'esbarjo. Hem de gestionar millor el consum d'energia, reduint l'ús de vehicles automòbils o minimitzant-ne a la mínima expressió les emissions, alhora que augmentem l'eficiència energètica en general, a nivell d'energia final (de consum), intermèdia (electricitat i combustibles) i primària. També potenciar l'ús d'energies renovables, principalment la solar, font inesgotable, potent i poc valorada ara com ara –tot i que el seu futur és esperançador–, perquè el sistema energètic actual no és sostenible i no sembla que hagi de variar a curt termini.

Les ciutats necessiten tenir un projecte per saber com poden transformar-se, alliberant-se de la dependència i la saturació de cotxes cap a formes més ecològiques de transport. El món en procés d'urbanització ha de coexistir amb el món natural perquè ambdós puguin sobreviure. És evident ja l'amenaça que suposa malmetre irreversiblement els ecosistemes. Sorprenentment potser, el creixement urbà ens està conduint a redescobrir la natura i els serveis vitals que ens proporciona.

En quant a la Petjada Ecològica com a mètode d'anàlisi, ha de seguir millorant, ampliant el seu abast i fent més específics els seus càlculs, s'ha d'estandarditzar el procediment de càlcul per a regions menors que les nacions, i potser fer-ne un model exclusiu per a les ciutats.

No podem assegurar, ara com ara, que el procés en curs d'abandonament de les zones rurals i massificació de les urbanes sigui “bo” o “dolent” per al futur del planeta. El que sí podem afirmar és que no és un procés tan catastròfic com molta gent creu i que és més important la seva gestió que no la seva simple presència o mida.

L'augment de la densitat urbana podria ser una solució enlloc d'un problema, sempre i quan vingui recolzada per les mesures de gestió adequades.

BIBLIOGRAFIA

- Bono, L., Castri, R., Tarzia, V., 2006. "The Urban Ecosystem Europe Report". Ambiente Italia – Research Institute (<http://www.ambienteitalia.it>).
- Borja, J., Nel-lo, O., Vallès, J.M^a., 1998. "La ciutat del futur, el futur de les ciutats". Fundació Rafael Campalans, Barcelona.
- Box, G.E., Hunter, W., Hunter, J.S., 1999. "Estadística para investigadores. Introducción al diseño de experimentos, análisis de datos y construcción de modelos". Reverté (ed.), México.
- Camagni, R., Gibelli, M.C., Rigamonti, P., 2002. "Urban Mobility and urban forms: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion". *Ecological Economics* 40/2, 199-216.
- Chambers, N., Child, R., Jenkin, N. (ed.), 2005. "Ecological Footprint Analysis and Sustainability Assessment". ([http:// www.bestfootforward.com](http://www.bestfootforward.com)).
- Chambers, N., Simmons, C., Wackernagel, M., 2000. "Sharing Nature's Interest. Ecological Footprints as an Indicator of Sustainability". Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA.
- Doms, F.P., 1989. "Initiation a la statistique". De Sikkel (ed.). Anvers, La Belgique.
- EEA, 2006. "Urban Sprawl in Europe. The ignored Challenge". European Environment Agency (EEA) Report, 10/2006, Copenhagen.
- European Commission, 2001a. "European Common Indicators. Towards a Local Sustainability Profile". Ambiente Italia, European Commision (<http://europa.eu.int>).
- European Commission, 2001b. "European Common Indicators. Towards a Local Sustainability Profile. Methodology Sheets". European Commision (<http://europa.eu.int>).
- Ferrer, M., Peláez, A., 1997 (2^a ed.). "Población, Ecología y Medio Ambiente". Universidad de Navarra (ed.), Barañáin, Navarra.
- Fischer, S., Dornbusch, R., Schmalensee, R., 1998 (2a ed.). "Economía". McGraw-Hill (ed.), Madrid.
- Gibbs, D., 1997. "Urban sustainability and economic development in the United Kingdom: exploring the contradictions". *Cities*, Vol. 14, No. 4, 203-208.
- Global Footprint Network, 2006. "Ecological Footprint and Biocapacity. Technical Notes: 2006 edition". Global Footprint Network (<http://www.footprintnetwork.org>).
- Global Footprint Network, 2006. "Ecological Footprint Standards. 2006". Global Footprint Network Standards Committees (<http://www.footprintstandards.org>).
- Hahn, E., 1994. "La reestructuración urbana ecológica". Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, CyTET II, 100-101, pp. 369-388.
- Hails, C., Loh, J., Goldfinger, S., 2006. "Living Planet Report 2006". World Wide Fund For Nature, Gland, Switzerland.
- Haughton, G., 1998. "Searching for the Sustainable City: Competing Philosophical Rationales and Processes of 'Ideological Capture' in Adelaide, South Australia". *Urban Studies*, Vol.36, No. 11, 1891-1906.
- Larivière, I., Lafrance, G., 1999. "Modelling the electricity consumption of cities: effect of urban density". *Energy Economics* 21, 53-66.
- Moffatt, I., Simmons, C., Lewis, K., Barrett, J., et al., 2000. Commentaries. Forum: The Ecological Footprint. *Ecological Economics* 32, 357 - 394.
- Monfreda, C., Wackernagel, M., Deumling, D., 2004. "Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments". *Land Use Policy* 21, 231-246.
- Muñiz, I., Galindo, A., 2005. "Urban form and the ecological footprint of commuting. The case of Barcelona". *Ecological Economics* 55, 499-514.
- Naredo, J.M., 1994. "El funcionamiento de las ciudades y su incidencia en el territorio". Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, CyTET II, 100-101, pp. 233-249.

- OECD/IEA, 2006. "Energy Prices & Taxes. Quarterly Statistics. Fourth Quarter". International Energy Agency, Paris.
- Puig, J., Corominas, J., 1990. "La ruta de la energía". Anthropos (ed.), Barcelona.
- Rees, W., 1992. "Ecological Footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out". *Environment and Urbanization*, Vol. 4, No. 2, 121-130.
- Rees, W., 1999. "The Built Environment and the Ecosphere: A Global Perspective". *Building Research and Information* 27, 4/5, 206-220.
- Rees, W., Wackernagel, M., 1996. "Urban Ecological Footprints: Why cities cannot be sustainable - and why they are a key to sustainability". *Environment Impact Assessment Review* 16, 225 - 248.
- Roseland, M., 1997. "Dimensions of the eco-city". *Cities*, Vol. 14, No. 4, 197-202.
- Rueda, S., 1997. "Metabolismo y complejidad del sistema urbano a la luz de la ecología". (<http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a008.html>)
- Satterthwaite, D., 1997. "Sustainable Cities or Cities that Contribute to Sustainable Development?". *Urban Studies*, Vol.34, No. 10, 1667-1691.
- Sauvy, A., 1991. "La population". Presses Universitaires de France (ed.), Paris.
- The Climate Group, 2005. "Carbon Down, Profits Up. Second Edition 2005". The Climate Group, UK (<http://www.theclimategroup.org>).
- The Climate Group, 2005. "Low Carbon Leader: Cities Oct. 2005". The Climate Group, UK (<http://www.theclimategroup.org>).
- UNU/IAS Report, 2003. "Urban Ecosystem Analysis. Identifying Tools and Methods". United Nations University, Institute of Advanced Studies (<http://www.ias.unu.edu>).
- Venetoulis, J., Chazan, D., Gaudet, C., 2005. "Ecological Footprint of Nations. 2004". Sustainability Indicators Program. Redefining Progress (<http://www.redefiningprogress.org>).
- Venetoulis, J., Talberth, J., 2005. "Ecological Footprint of Nations. 2005 update". Sustainability Indicators Program. Redefining Progress (<http://www.redefiningprogress.org>).
- Wackernagel, M., 1996. "¿Ciudades Sostenibles?". *Ecología Política* 12, 43-50.
- World Bank, 2004. "World Development Report 2005. A Better Investment Climate for Everyone". A copublication of the World Bank and Oxford University Press (<http://www.worldbank.org>).
- Zwingle, E., 2002. "Ciudades". *Revista Oficial de National Geographic Society*, Vol. 11, No. 6.
- Starke, L. (ed.), 2007. "La situación del Mundo 2007. Nuestro futuro urbano". Informe Anual del Worldwatch Institute sobre el Progreso hacia una Sociedad Sostenible.
- Rousseau, J. J., 1997. "Discurso sobre el origen de la desigualdad entre los hombres". Fondo de Cultura Económica, México.
- Mayor, X., Quintana, V., Belmonte, R., 2005. "Aproximació a la Petjada Ecològica de Catalunya". Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de Catalunya (CADS), Generalitat de Catalunya.

Adreces d'Internet:

- <http://www.iclei.org> (local governments for sustainability)
- <http://www.theclimategroup.org>
- <http://www.footprintnetwork.org>
- <http://www.ecologicalfootprint.org>
- <http://www.redefiningprogress.org>
- <http://www.bestfootforward.com>
- <http://www.panda.org>
- <http://www.gdrc.org> (Global Development Research Center)

<http://www.unfpa.org> (United Nations Population Fund)
<http://europa.eu.int>
<http://www.worldbank.org> (World Development Report 2005)
<http://www.legambiente.com>
<http://www.osservatorioambienteitalia.it>
<http://www.eea.europa.eu> (European Environment Agency)
<http://www.un.org/esa> (United Nations - Economic and Social Development)
<http://www.demographia.com> (World Urban Areas)
<http://www.eukn.org> (European Urban Knowledge Network)
<http://www.sei.se/> (Stockholm Environment Institute)
<http://www.stepsforward.org.uk>