Projecte 6.1.3

Model Sòcio-Ecològic dels Espais Oberts. Factors estratègics pel planejament del territori.

- Fase I –

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB iermB CREAF

20/12/2018

Direcció i execució de l'informe:

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

Servei de Redacció del Pla Director Urbanístic, Àrea Metropolitana de Barcelona

Índex

Pàgina

1. Introducció

Justificació..... 5

Plantejament..... 5

2. Metodologia

Aproximació metodològica..... 8

Escenaris definits..... 9

3. Indicadors principals

Eficiència energètica..... 19

Integració energia-paisatge..... 23

Complexitat paisatgística..... 27

Emissions de gasos d'efecte hivernacle..... 31

Recirculació de nutrients..... 35

Embornal de carboni..... 39

Producció agrícola..... 43

Llocs de treball..... 47

4. Indicadors secundaris

Connectivitat ecològica..... 53

5. Anàlisi multicriteri..... 57

6. Conclusions..... 60

Annex I. Mapes detallats de connectivitat ecològica..... 69

1.Introducció

Justificació

L'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) està introduint en el seu planejament la noció fonamental de que els espais oberts constitueixen una infraestructura verda proveïdora de tot un seguit de serveis ecosistèmics dels quals en depèn tant la qualitat de vida de la gent que habita l'espai construït, com la possibilitat de desenvolupar una economia més circular i sostenible que el model econòmic actual. El procés de debat que s'ha dut a terme per concretar aquest nou enfocament de la interdependència entre l'espai construït i l'espai obert, també ha posat de manifest la necessitat de conèixer i avaluar les interaccions que es donen, o es podrien donar, entre els dos subsistemes. S'ha arribat a un clar consens que aquest repte requereix comptabilitzar els fluxos de matèria i energia que es mouen en ambdues direccions, i estudiar com aquest bescanvi sòcio-metabòlic configura unes determinades estructures d'usos del sòl que s'expressen en paisatges que han de proveir d'uns serveis ecosistèmics vitals per la xarxa de ciutats i que afecten el canvi global. Per afrontar el repte l'any 2018 es posa en marxa el Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona (LET).

Des del seu origen, el LET està desenvolupant un model sòcio-ecològic dels espais oberts per al sistema metropolità de Barcelona, en estreta col·laboració amb l'AMB. L'objectiu d'aquest model és avaluar diversos escenaris (actual, tendencial, alternatiu i potencial) amb els que està treballant actualment el Pla Director Urbanístic metropolità (PDU), en relació a la funcionalitat que hauria de tenir una veritable infraestructura verda metropolitana, identificant àrees crítiques i establint una priorització d'àrees estratègiques. Aquest informe recull les característiques fonamentals del model i la seva aplicació per tal de poder assessorar en l'elaboració del PDU, especialment en l'actual fase de redacció de l'Avanç del Pla. L'informe correspon a la primera fase de l'acord entre l'AMB i el LET en el qual s'analitza l'afectació sòcio-ecològica de diferents escenaris de canvis d'usos del sòl, mantenint el model metabòlic actual.

Plantejament

Des de l'àmbit de la ordenació territorial i urbanística cada cop prenen més rellevància les metodologies que aporta l'ecologia del paisatge per tal d'identificar els patrons dels usos del sòl i els processos ecològics associats, així com la seva relació amb el manteniment de la biodiversitat i els serveis ecosistèmics. Tanmateix, sovint manca incorporar la perspectiva de com l'activitat humana, més enllà de pertorbar els ecosistemes, permet l'existència de processos que poden ser beneficiosos des d'un punt de

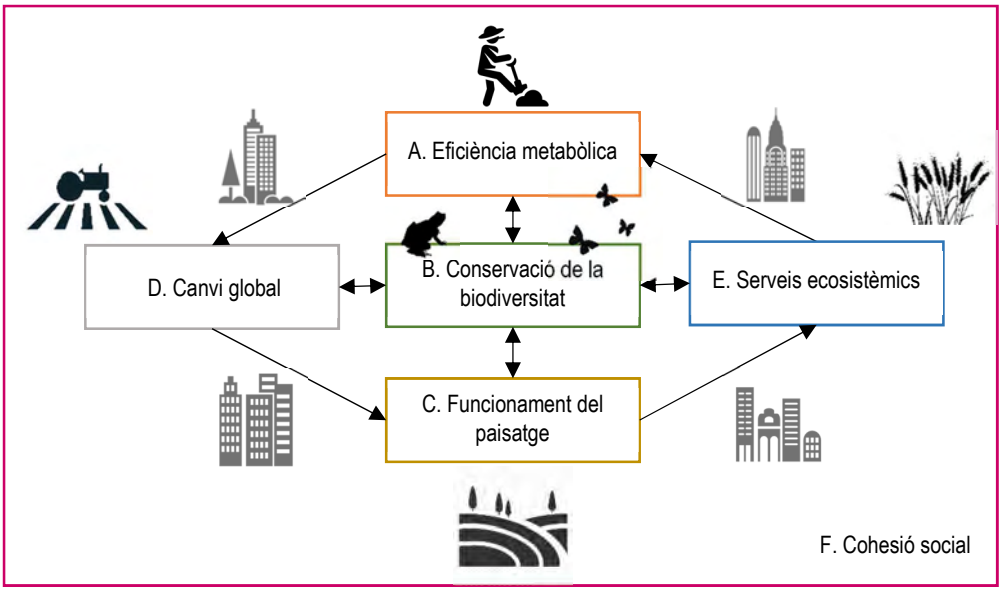
vista de sistema metropolità (proveïment d'aliments, generació de llocs de treball, reducció del risc d'incendis, reducció de la petjada energètica global, etc.).

En aquest sentit, el marc conceptual i metodològic de l'economia ecològica, i en especial l'enfoc del metabolisme social, permeten d'aproximar-nos a una visió complexa de les interaccions entre societat i naturalesa. La comptabilització de fluxos d'energia i matèria que es mouen de forma interna i externa als sistemes oberts, juntament amb altres avenços recents des de l'ecologia del paisatge, permeten una valoració multi-criteri de les contribucions dels espais oberts al conjunt del sistema metropolità i el disseny d'infraestructures verdes multifuncionals (figura 1).

El model conceptual de l'Anàlisi Sòcio-ecològica Integrada (ASI) parteix de l'integració entre les disciplines del metabolisme social i l'ecologia del paisatge, fet que permet estructurar les interaccions que s'estableixen entre diverses dimensions rellevants de la contribució dels espais oberts al sistema metropolità (considerant bàsicament els usos del sòl i el metabolisme associat) i avaluar els efectes de les polítiques públiques i el planejament territorial.

Com es pot veure a la figura 1, la columna vertebral del model és doncs aquesta interacció entre els fluxos d'energia (A. Eficiència metabòlica) i la seva impressió en la matriu territorial (C.Funcionament del paisatge). Aquests generen unes condicions que afecten els processos ecològics (B. Conservació de la biodiversitat). El model inclou altres tres dimensions interrelacionades, que són aquelles relatives al canvi climàtic (D. Canvi global), les múltiples funcions d'aprovisionament, de regulació, de suport i culturals d'aquests espais (E. Serveis ecosistèmics), així com les seves implicacions en el benestar de la població (F. Cohesió social).

Figura 1. *Esquema conceptual* de la contribució dels espais oberts en el sistema sòcio-ecològic metropolità. A. Eficiència metabòlica (energia, materials, etc.); B. Conservació de recursos (aigua, biodiversitat, etc.); C. Funcionament del paisatge (patrons, processos, etc.); D. Canvi global (usos del sòl, clima, etc.), E. Serveis ecosistèmics (regulació, provisió, etc.); F. Cohesió social (treball, equitat, etc.). Es destaca la importància de la infraestructura verda per estructurar funcionalment la xarxa de ciutats.



Font: Marull et al. 2018[1].

[1] Marull J, Cattaneo C, Tello E (2018) Transició sòcio-ecològica de l'agricultura metropolitan. Factors estratègics per al planejament territorial. *Anuari Metropolità de Barcelona 2017*, 239–280.

2. Metodologia

Aproximació metodològica

Partint de la conceptualització de la contribució dels espais oberts al sistema metropolità (figura 1), el model es caracteritza per una sèrie d'indicadors que avaluen quantitativament aquests efectes. L'esquema d'indicadors és jeràrquic, existint un indicador principal –transversal en totes les aplicacions del model-, uns indicadors específics –per a cada cas d'estudi on s'apliquin-, i uns indicadors per aprofundir en la relació entre l'espai obert i l'espai construït (taula 1). L'objecte d'aquest model desenvolupat pel LET, en col·laboració amb l'AMB, és el de poder assessorar en les polítiques públiques i el planejament del territori, no tant sols a nivell local i de paisatge, sinó també a escala metropolitana i regional.

Taula 1. Esquema metodològic multi-criteri per avaluar quantitativament la contribució multifuncional dels espais oberts en la qualitat de sistema sòcio-ecològic metropolità. Indicadors seleccionats per a l'estudi: ✓.

	Dimensió		Indicador principal	Indicadors específics	Indicador rural-urbà
Avaluació sòcio-ecològica integrada	A. Eficiència metabòlica		A1. Eficiència energètica ✓	A2. Energia reutilitzada A3. Energia redistribuïda	Au1. Reutilització de residus urbans en l'agricultura
	B. Conservació la biodiversitat		B1. Integració energia-paisatge ✓	B2. Biodiversitat	Bu1. Biodiversitat en els espais públics urbans
	C. Funcionament del paisatge		C1.Complexitat paisatgística ✓	C2. Heterogeneïtat paisatge C3. Connectivitat ecològica ✓	Cu1. Connectivitat dels espais públics urbans
	D. Canvi global		D1*. Emissions de gasos d'efecte hivernacle ✓	D2. Petjada energètica global	Du1. Petjada de la importació a la ciutat de productes agraris
	E. Serveis ecosistèmics	Suport	E1A. Recirculació de nutrients ✓	E2A. Eficiència en l'ús de l'aigua	Eu1A. Reutilització d'aigua depurada en espais oberts
		Regulació	E1B. Embornal de carboni ✓	E2B. Segrest de carboni	Eu1B. Contribució dels parcs urbans en la qualitat de l'aire
		Aprovisionament	E1C. Producció agrícola ✓	E2C. Producció de biomassa llenyosa	Eu1C. Sobirania alimentària a la metròpoli
		Cultural	E1D. Valor bio-cultural	E2D. Ús potencial dels espais oberts	Eu1D. Freqüentació urbana dels espais oberts
	F. Cohesió social		F1. Llocs de treball ✓	F2. Renda per explotació agrària	Fu1. Desigualtat social en la cadena alimentària

Per avaluar els indicadors emprem sobretot eines generades en el marc de l'economia ecològica i de l'ecologia del paisatge, així com de la seva interacció. A la vegada, els indicadors proposats tenen la característica de que poden ser territorialitzats, fet que permet l'ús d'eines cartogràfiques a l'hora d'estimar

i avaluar els processos sòcio-ecològics i encreuar-los amb altres variables d'interès. En relació als requeriments de dades per tal de poder aplicar el model, a nivell d'ecologia del paisatge es necessiten mapes de cobertes del sòl suficientment detallats. Per als estudis en economia ecològica, es requereixen estadístiques sobre els fluxos que mou el metabolisme social. Els indicadors seleccionats en aquesta primera fase del PDU es mostren a la taula 1 amb una ✓.

En aquesta primera aplicació s'avaluaran un total de 9 indicadors, 8 dels quals principals, que serviran per analitzar la contribució diferencial dels espais oberts en el sistema metropolità, segons els escenaris definits en el PDU, així com un indicador secundari donada la rellevància que té la connectivitat ecològica per a la planificació estratègica del territori. Per a l'indicador D1* (*emissions d'efecte hivernacle*), en aquesta aplicació preliminar no s'utilitzarà encara el valor directament d'emissions en unitats de CO_2, però es disposa d'una aproximació a aquests: els fluxos d'inputs externs no renovables en MJ.

Escenaris definits

Per tal d'identificar les possibles afectacions que pot suposar l'aplicació del PDU en la contribució dels espais oberts al sistema metropolità, i posar a prova l'Anàlisi Sòcio-ecològica Integrada (ASI), s'han definit diversos escenaris (actual, tendencial, alternatiu i potencial) de compliment en major o menor grau de les claus definides en el planejament urbanístic vigent, així com la aplicació o no de mesures de permeabilització d'infraestructures actuals i previstes.

Partint de la situació caracteritzada per a l'any 2015[2] (escenari actual), l'objectiu és comparar l'efecte que tindrien diferents escenaris teòrics considerats de forma preliminar per l'equip redactor del PDU. A la taula 2 es mostren els 4 escenaris avaluats. L'avaluació dels escenaris s'ha realitzat per a les cel·les 500 x 500 m corresponents a la malla que s'utilitza en els estudis de diagnosi del PDU i també ha inclòs una anàlisi a escala superior (municipal). Per al cas de C3 (*connectivitat ecològica*) també s'ha inclòs la seva representació en continu en tota l'AMB, donat el grau de detall del model utilitzat i el seu interès pel planejament territorial.

[2] L'any 2015 és el més proper temporalment per al que es disposen dades de cobertes del sòl gràcies al mapa desenvolupat pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) per encàrrec de l'AMB.

Taula 2. Escenaris del PDU considerats en el model sòcio-ecològic dels espais oberts.

Escenari	Descripció	Característiques principals	Mesures Permeables
E0. Actual	Mapa de cobertes del sòl 2015		No
E1. Tendencial	Planejament urbanístic vigent (revisat PDU)*	Planejament urbanístic vigent revisat.	No
E2. Alternatiu	Com E1 excepte per alguns sectors urbanístics de difícil desenvolupament i per reserves de dotacions i serveis tècnics en SNU	Aquests espais passen a usos agrícoles.	Si
E3. Potencial	Com E2 però a més recuperant el màxim d'usos agrícoles (segons estudi 1956)**	S'uneixen a les noves àrees agrícoles d'E2 la superfície agrícola de 1956 actualment agrària.	Si

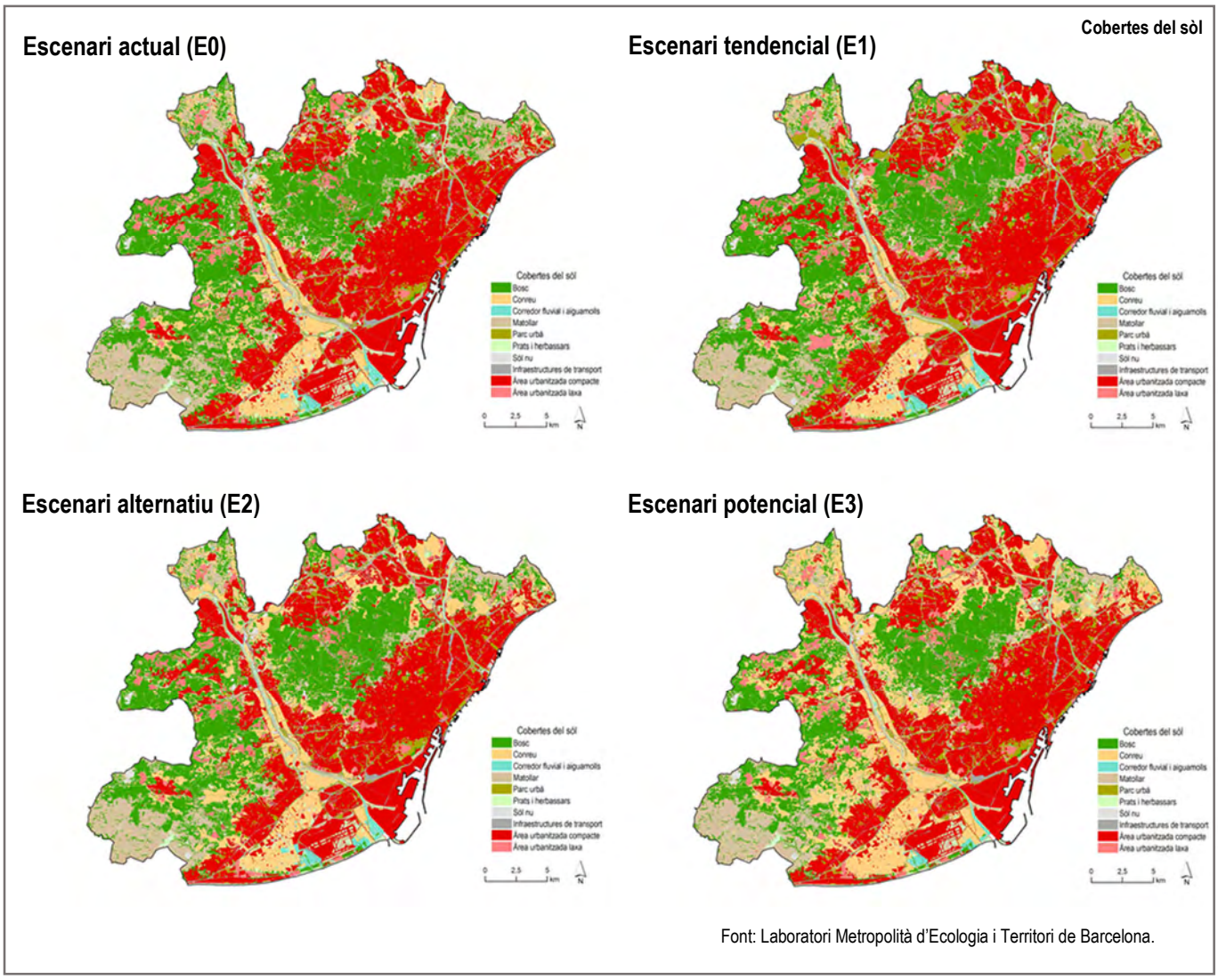
* En les claus d'espais oberts (26, 27, 28, EL, etc.) es consideren cobertes del sòl actuals (mapa cobertes 2015).
** Com E2 però és recuperen el màxim possible d'usos del sòl agrícola que hi havia el 1956 a l'àrea metropolitana de Barcelona (segons estudi PDU).

En aquesta primera aplicació es tenen en compte escenaris teòrics (actual, tendencial, alternatiu i potencial) per calibrar el model de forma que pugui ser aplicable en l'avaluació dels escenaris específics del PDU. Per a tots els escenaris considera el manteniment del model d'agricultura convencional.

En el cas dels escenaris alternatiu E2 i potencial E3 s'hi incrementa la superfície de conreu. Donat que es tracta d'escenaris teòrics, no es disposa d'informació de quin cultiu tindrien aquestes noves superfícies. Per tant, per tal de definir la tipologia més factible de cultiu dels polígons nous s'utilitza la informació territorialitzada del mapa de cobertes del sòl de 2015. Així, s'establirà un ús estimat per aquestes noves superfícies que serà el mateix que el polígon de conreu que tinguin més proper.

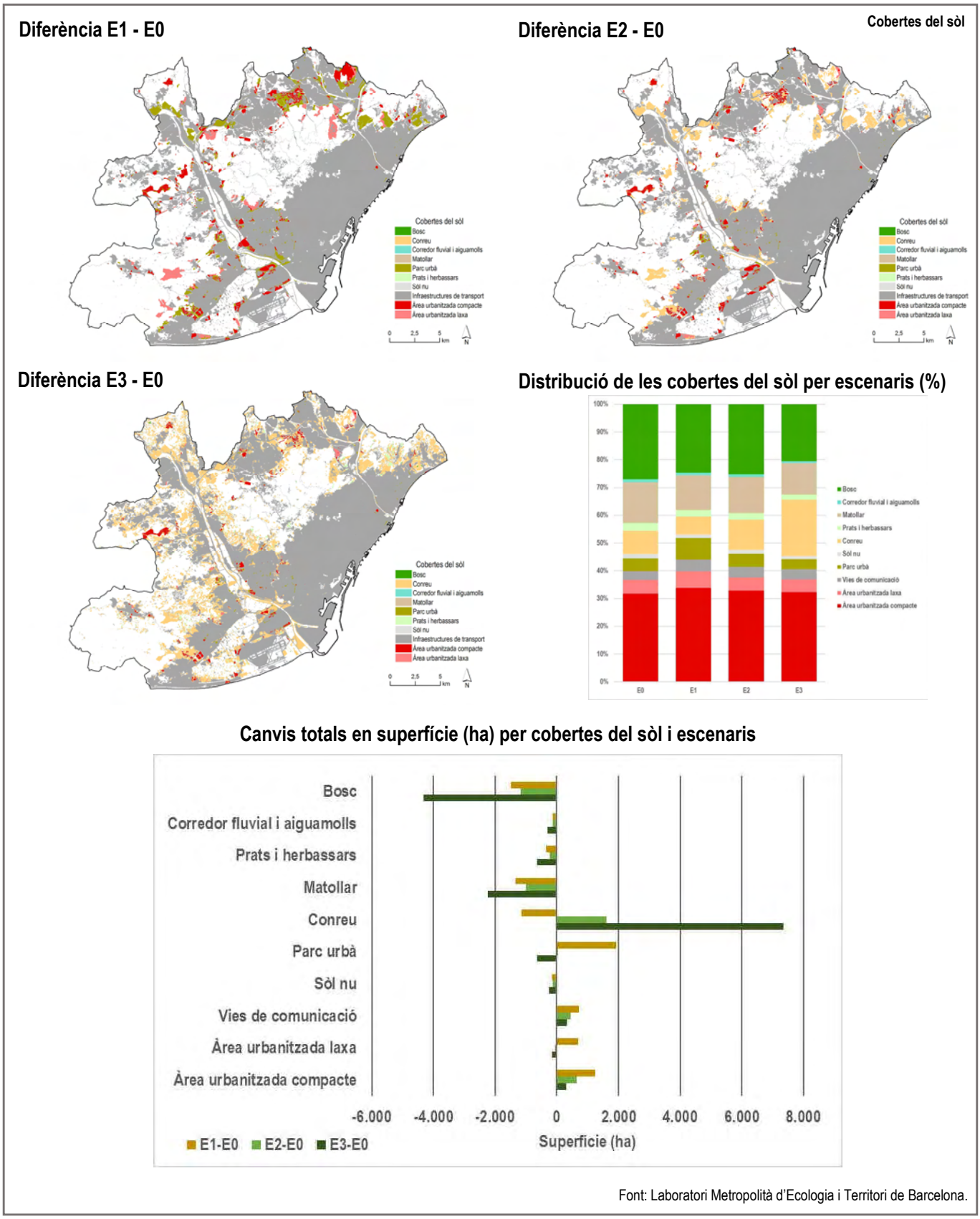
A continuació es mostren els mapes dels quatre escenaris i les seves diferències, així com les matrius de transformació, per tal d'analitzar quina és la possible afectació del planejament en termes de distribució de les cobertes del sòl.

Figura 2. Cobertes del sòl en els escenaris avaluats.



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Figura 3. Canvis en les cobertes del sòl en els escenaris avaluats.



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Taula 3. Matriu de transformació entre l'escenari E0 i l'escenari E1.

		Escenari 0										
		Àrea urbanitzada compacta	Àrea urbanitzada laxa	Bosc	Conreu	Corredor fluvial i aiguamolls	Matollar	Parc urbà	Prats i herbassars	Sòl nu	Infraestruc-tures de transport	Total
Escenari 1	Àrea urbanitzada compacta		213	268	446	60	396	38	128	59	30	**1.638**
	Àrea urbanitzada laxa	37		478	176	18	211	7	47	14	2	**989**
	Parc urbà	170	34	596	354	29	590		121	72	84	**2.052**
	Infraestructures de transport	169	42	156	177	22	136	74	45	19		**842**
	Total	**376**	**289**	**1.498**	**1.154**	**130**	**1.333**	**118**	**341**	**164**	**116**	**5.520**

Taula 4. Matriu de transformació entre l'escenari E1 i l'escenari E2.

		Escenari 1								
		Àrea urbanitzada compacta	Àrea urbanitzada laxa	Bosc	Matollar	Parc urbà	Prats i herbassars	Sòl nu	Infraestruc-tures de transport	Total
Escenari 2	Àrea urbanitzada compacta					24			15	**39**
	Àrea urbanitzada laxa					2			8	**10**
	Bosc	39	92			109			114	**354**
	Conreu	519	597	31	8	1.521	2	5	87	**2.770**
	Corredor fluvial i aiguamolls					2			1	**3**
	Matollar	63	69			145			58	**335**
	Parc urbà								20	**20**
	Prats i herbassars	22	19			52			13	**106**
	Sòl nu	7	1			22			7	**37**
	Infraestructures de transport					37				**37**
	Total	**651**	**777**	**31**	**8**	**1.913**	**2**	**5**	**323**	**3.711**

Taula 5. Matriu de transformació entre l'escenari E2 i l'escenari E3.

		Escenari 2										
		Àrea urbanitzada compacta	Àrea urbanitzada laxa	Bosc	Conreu	Corredor fluvial i aiguamolls	Matollar	Parc urbà	Prats i herbassars	Sòl nu	Infraestruc-tures de transport	Total
Escenari 3	Bosc				2							**2**
	Conreu	339	81	2.283		163	1.983	72	774	119	106	**5.921**
	Matollar	12	6	681	126	3		5	32	8	3	**876**
	Prats i herbassars	11	5	184	61	11	129	2		4	4	**410**
	Total	**363**	**91**	**3.148**	**190**	**177**	**2.112**	**78**	**805**	**131**	**113**	**7.209**

Tal i com es pot comprovar amb les dades de les matrius de transformació (taules 3, 4 i 5) i de les diferències entre escenaris (figures 2 i 3), l'escenari tendencial E1 (planejament urbanístic vigent) suposa un augment important de l'espai urbanitzat, que augmentaria unes 5.500 ha (comptant-hi la categoria dels parcs urbans que representen més d'una tercera part d'aquestes hectàrees). Les categories més afectades per aquests usos són el bosc i el matollar (que aporten 1.500 i 1.330 ha respectivament), però és de particular rellevància la pèrdua de 1.150 ha de conreu. Això suposaria aprofundir en la tendència actual de disminució de la superfície agrícola.

Aquest efecte es reverteix en l'escenari alternatiu E2, a on s'actua sobre la major part dels parcs urbans plantejats a l'escenari tendencial E1, la major part dels quals per transformar-se a conreu (més del 80%). Però també es transformen a conreu 520 ha més d'àrees urbanes compactes i 600 ha d'àrees urbanes laxes, fent així que la superfície total de conreu augmenti de forma significativa respecte l'escenari inicial. En total, el conreu cau de les 5.300 ha inicials (E0) a 4.200 ha a l'escenari E1 per pujar després a 6.950 ha i finalment més de 12.600 ha en els escenaris E2 i E3, respectivament. En aquest darrer escenari potencial E3 l'augment és molt important doncs es recupera la superfície agrícola que hi havia l'any 1956 allà a on actualment no hi ha espai construït. En relació a les noves infraestructures de transport, amb un impacte potencial en la fragmentació dels espais oberts, la tendència és a augmentar en més de 720 ha la seva superfície en l'escenari E1, 430 ha en l'escenari alternatiu E2 i a poc més de 320 en l'escenari potencial E3.

En aquesta fase s'ha calibrat el model sòcio-ecològic dels espais oberts a través de diversos escenaris dissenyats a tal efecte, incloent-hi canvis d'usos del sòl que fixen límits potencials tant en relació al desenvolupament de l'espai construït com al de l'espai agrícola. Així doncs, enguany l'optimització del model s'ha realitzat des de la perspectiva de canvis en la matriu territorial, mantenint el model metabòlic dominant d'agricultura convencional. En la continuació d'aquest projecte per a l'any vinent l'objectiu serà acabar d'adequar la capacitat integrada d'avaluació del model metabòlic - territorial, així com incorporar-hi també l'anàlisi dels efectes potencials de canvis en l'eficiència metabòlica, en una transició cap a models més agroecològics. D'aquesta manera, el model sòcio-ecològic dels espais oberts desenvolupat pel LET i l'AMB podrà estar a punt per a l'avaluació dels escenaris específics del PDU en múltiples dimensions i supòsits a l'hora de satisfer els objectius potencials i factibles que es plantegin.

A continuació es presenten els resultats de la primera fase d'anàlisi dels escenaris teòrics considerats (E0, E1, E2, E3). Els indicadors principals analitzats son: A1 *eficiència energètica*; B1 *integració energia-paisatge*; C1 *complexitat paisatgística*; D1 *emissions d'efecte hivernacle* (provisional); E1A *recirculació de nutrients*; E1B *embornal de* carboni; E1C *producció agrícola*; i F1 *llocs de treball*. També s'inclou una anàlisi en detall de l'indicador secundari C3 *connectivitat ecològica*, degut a la seva importància en relació a l'afectació potencial del PDU.

3. Indicadors principals

A1 Eficiència Energètica

Descripció

La dimensió eficiència metabòlica es representa amb l'indicador principal A1 que mesura l'eficiència energètica de l'agricultura metropolitana. Aquest indicador, que és l'External Final Energy Return On Investment (EFEROI)[1] determina quina és la quantitat d'energia obtinguda en els espais agrícoles segons la quantitat d'energia externa invertida. Així, els valors més elevats indiquen cultius que tenen un major retorn per unitat d'inversió.

Metodologia

El balanç metabòlic i l'anàlisi energètica defineixen els fluxos d'entrada i sortida de cada cultiu a escala municipal i s'apliquen a les unitats d'anàlisi (cel·les 500 x 500 m). Això permet veure les interdependències entre els diferents elements de l'agroecosistema, sobretot entre ramaderia i agricultura, i les dependències que es tenen amb l'exterior per tal de poder mantenir la producció satisfent les necessitats de fertilització, alimentació animal i treball humà. La fórmula a partir de la qual es determina el valor d'A1 per cel·les és la següent:

$$A1 = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} \text{Final Produce}_i}{\sum_{i=1}^{i=k} \text{External Inputs}_i} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} \text{FP}_i}{\sum_{i=1}^{i=k} \text{EI}_i}$$

Essent FP la quantitat de producció agrícola en termes energètics (MJ) de tots els usos agrícoles de la cel·la (i), independentment del seu destí (consum humà o alimentació per a animals) i EI tota la inversió d'inputs externs corresponents a l'activitat agrícola (fertilitzants minerals, herbicides i pesticides, maquinària agrícola, hivernacles, bombeig d'aigua, llavors i treball), també de cada ús agrícola de la cel·la (i), i basant el seu càlcul en el balanç metabòlic energètic. Per als inputs externs es considera tota l'energia incorporada en els seus respectius processos de producció (*embodied energy*) així com l'energia útil que aporten (entalpia), seguint els criteris de Tello et al. (2016).

Fonts

Elaboració pròpia a partir del mapa de cobertes del sòl del CREAF (2015) i les bases de dades agràries sobre agricultura, ramaderia, silvicultura i comerç. Del DARPA s'usen les superfícies, rendiments i produccions dels conreus municipals per 2015 obtinguts de la DUN i del SIGPAC, l'enquesta de nombre d'explotacions i places ramaderes i la informació anual del mateix any sobre incendis forestals. Del MAPAMA s'empren les dades de l'enquesta de sacrificis de ramaderia, del sector lacti i de la producció d'ous, mel i llana a escala provincial per a 2015, l'anuari d'estadística de superfícies i produccions anuals de cultius, i les estadístiques anuals de fertilitzants, mitjans de producció i la quinquennal de productes fitosanitaris (2013) així com l'anuari d'estadística forestal i els balanços anuals de gestió de cereals i estadístiques pesqueres. En relació a l'IDESCAT, les bases utilitzades són les dades de maquinària segons la seva propietat de l'any 2013. Finalment, també s'usen les dades de comerç de DATACOMEX per obtenir l'origen de les importacions externes.

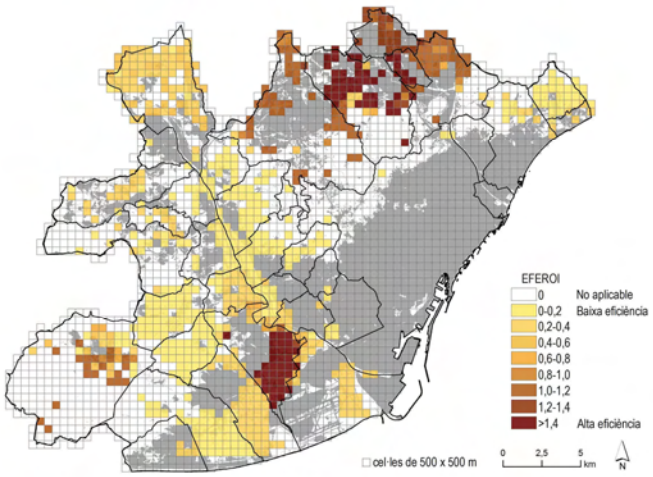
Bibliografia

1. Tello, E., Galán, E., Sacristán, V., et al. 2016. "Opening the Black Box of Energy Throughputs in Farm Systems: A Decomposition Analysis between the Energy Returns to External Inputs, Internal Biomass Reuses and Total Inputs Consumed (the Vallès County, Catalonia, c.1860 and 1999)." *Ecological Economics* 121: 160–74. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.11.012.

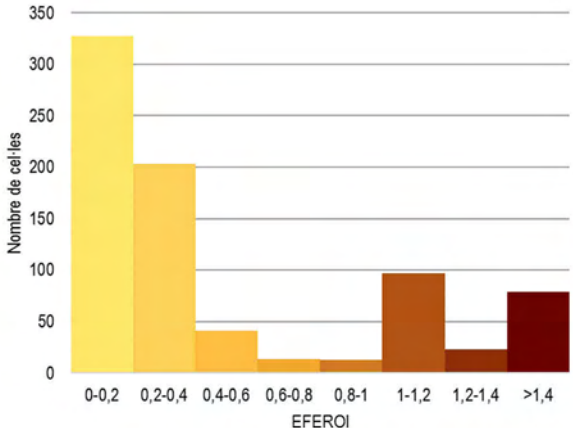
Resultats de l'escenari actual

A1. Eficiència energètica

Escenari actual (E0)



Distribució de les cel·les

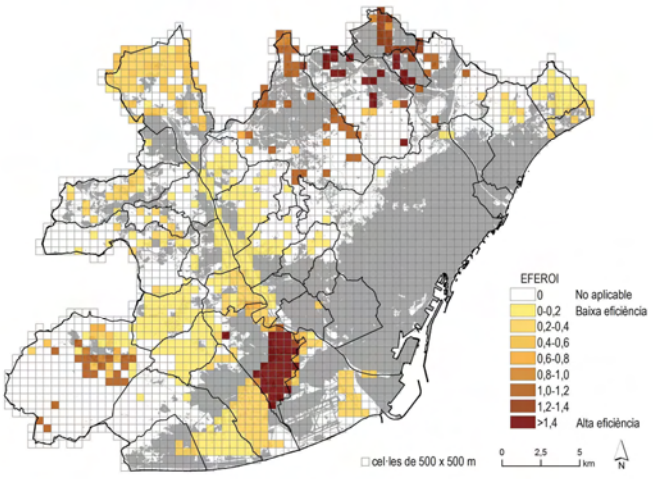


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

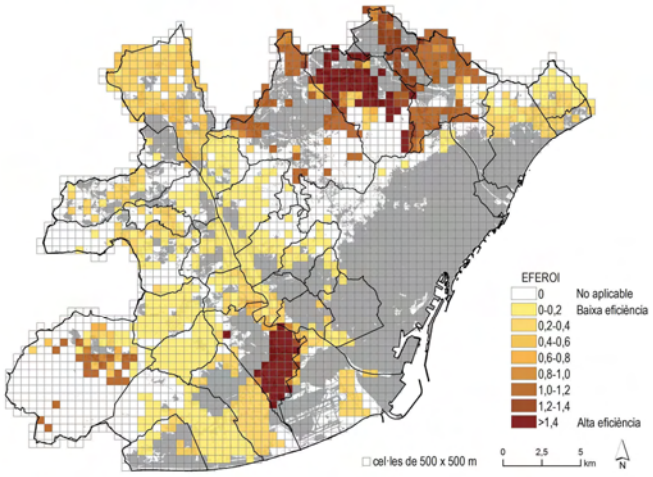
Resultats dels escenaris de planejament

A1. Eficiència energètica

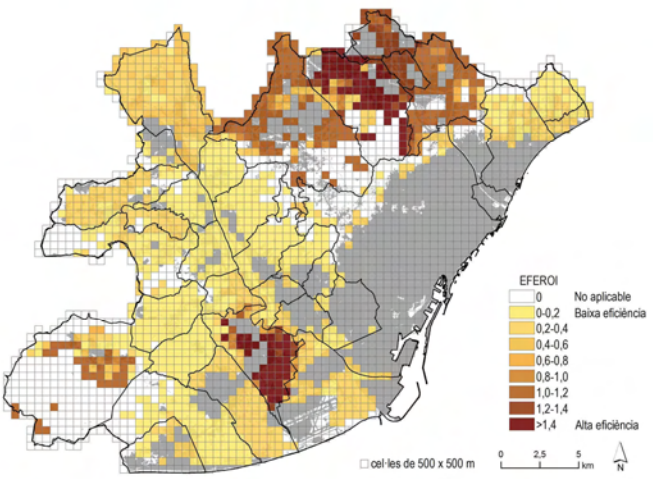
Escenari tendencial (E1)



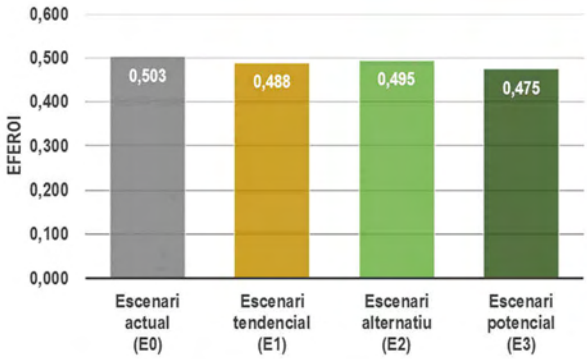
Escenari alternatiu (E2)



Escenari potencial (E3)



Valor mitjà d'eficiència energètica de l'agricultura pels escenaris avaluats

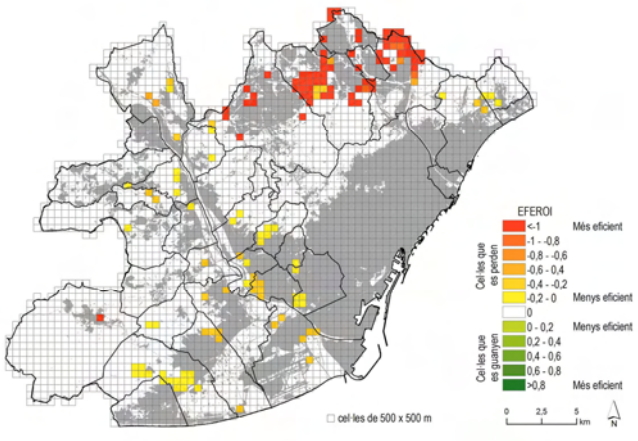


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

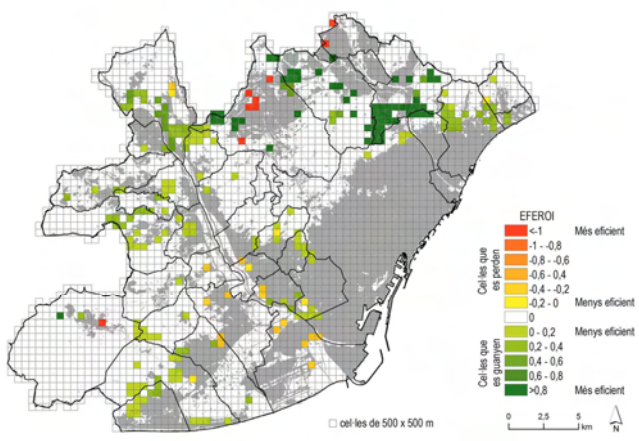
Resultats de les diferències entre escenaris*

A1. Eficiència energètica

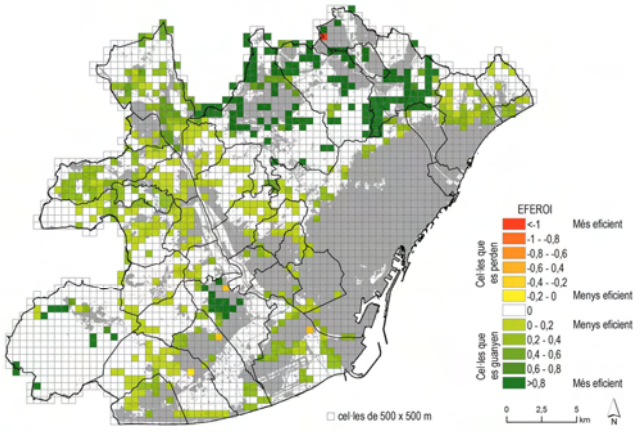
Diferència E1 - E0



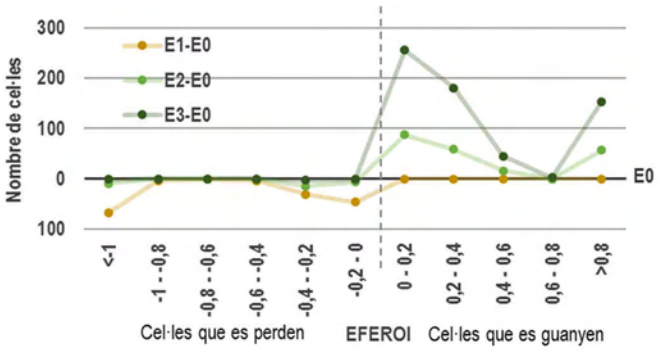
Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Canvis en la distribució dels valors d'eficiència energètica de l'agricultura respecte l'escenari E0



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

* Només es representen aquelles cel·les que passen de tenir agricultura a no tenir-ne (taronges-vermells) o viceversa (verds).

Discussió

Del context actual se'n desprèn que la major part d'usos agrícoles tenen unes eficiències molt baixes. Dues terceres parts de totes les cel·les tenen valors per sota de 0.4 d'EFEROI, el què indica que s'obtenen tant sols 0.4 MJ de producte agrícola principal per cada 1 MJ que s'inverteix. Algunes cel·les presenten valors propers o superiors a 1 als municipis que formen part del Vallès Occidental així com a Sant Boi de Llobregat, donada la presència de cultius herbacis eficients en termes energètics com ho és l'alfals. Per contra, en la major part de l'eix del Llobregat, així com a la resta de municipis costaners, les eficiències són reduïdes degut a cultius molt intensius en entrades externes i treball com l'horta o el cultiu de flor.

A nivell d'àrea metropolitana de Barcelona no s'observen canvis importants en l'eficiència pels escenaris, doncs la mitjana oscil·la molt poc al voltant del valor mig de 0.5, amb una tendència a la baixa, sobretot en l'escenari potencial E3. Malgrat els augments de superfície agrícola, aquests es donen tant d'aquells cultius amb major eficiència com en aquells més intensius, de tal forma que queda compensat l'efecte.

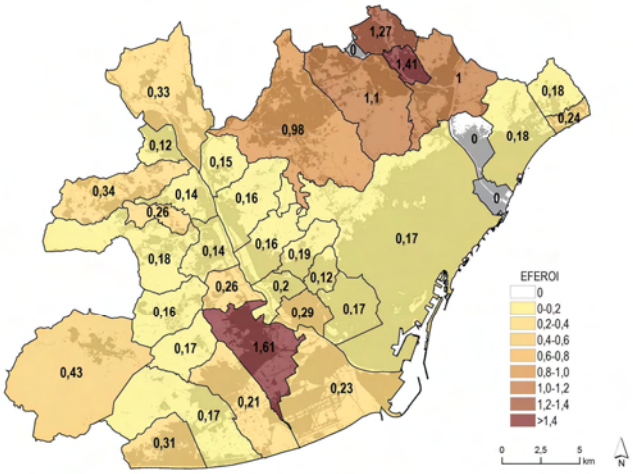
Així, com es pot veure a les diferències entre escenaris, en l'escenari tendencial sí que es perd una major superfície d'àrees de major eficiència a la part nord-est de l'àrea metropolitana, que acaba repercutint en el valor mitjà que cau en un 3%. Posteriorment amb l'augment de superfície agrícola dels escenaris alternatiu E2 i potencial E3 incrementen tant els cultius eficients de la zona nord-est, com de forma molt més distribuïda, sobretot en el potencial, cultius menys eficients a tot l'eix del Llobregat i les zones de vessant.

A nivell municipal, si bé els canvis en els escenaris són menors en valor absolut, si que poden suposar aprofundiments o reduccions en aquesta eficiència. Deixant de banda municipis com Badia del Vallès o Santa Coloma de Gramenet, on les diferències entre escenaris es deuen per l'aparició de cultius quan actualment no n'hi ha o són anecdòtics, el marge d'afectació sobre l'EFEROI oscil·la entre -0.25 i +0.05. Les millores observades en l'E1 es deuen a una major integració entre agricultura i ramaderia (són municipis amb poca ramaderia i on reduir la superfície agrària fa que s'aproximi més la quantitat d'excreta animal a les necessitats de fertilització), mentre que les millores en els escenaris E2 i E3 corresponen més a l'augment de superfície agrícola just essent l'efecte contrari.

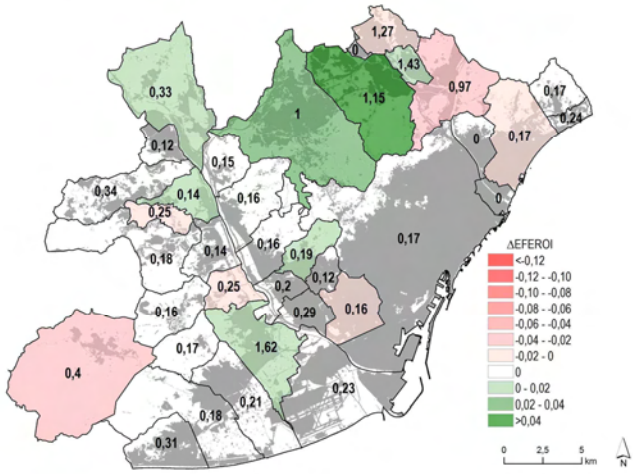
Resultats per municipis

A1. Eficiència energètica

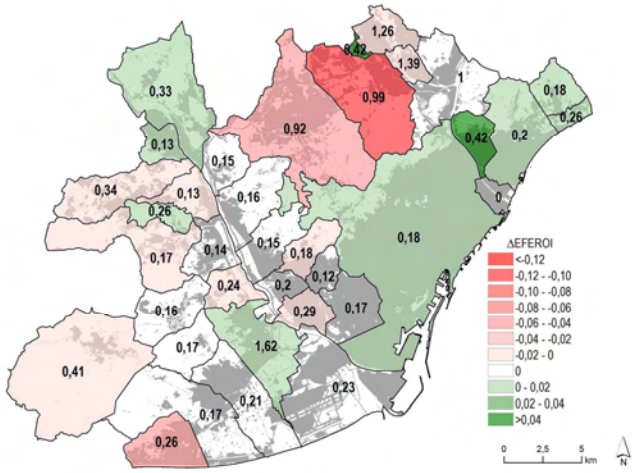
Escenari actual (E0)



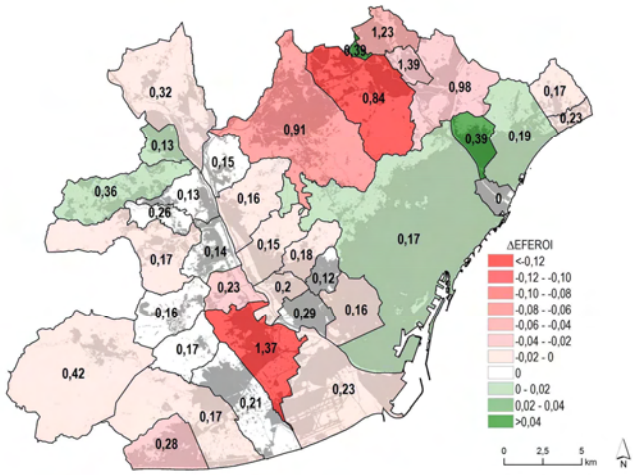
Diferència E1 - E0



Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Les etiquetes mostren el valor mig d'EFEROI als municipis per als escenaris 0 al 3.

Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Conclusions

En termes generals s'observa com el model d'agricultura intensiva actual presenta uns nivells d'eficiència energètica molt baixos, sobretot en aquelles àrees de cultiu en zones de regadiu a les planes però també en els vessants de l'eix del Llobregat. Es manté el model d'agricultura depenent en grans importacions d'inputs externs. Els canvis en el nivell d'eficiència mitjana reflecteixen bàsicament les diferències en la distribució d'àrees de major eficiència i les de menor i no tant la capacitat del sistema per disminuir les dependències externes. Tot i això, inclús mantenint el model basat en inputs externs es poden observar certs efectes que sí que provenen d'aquesta major integració entre ramaderia i agricultura que implica una reducció en les dependències externes. Així doncs, en una transició cap a un model d'agricultura ecològica o agroecològica, aquests valors es veurien incrementats notablement seguint estratègies tecnològiques de major recirculació de fluxos d'energia i materials dins el sistema metropolità i, fins i tot, regional.

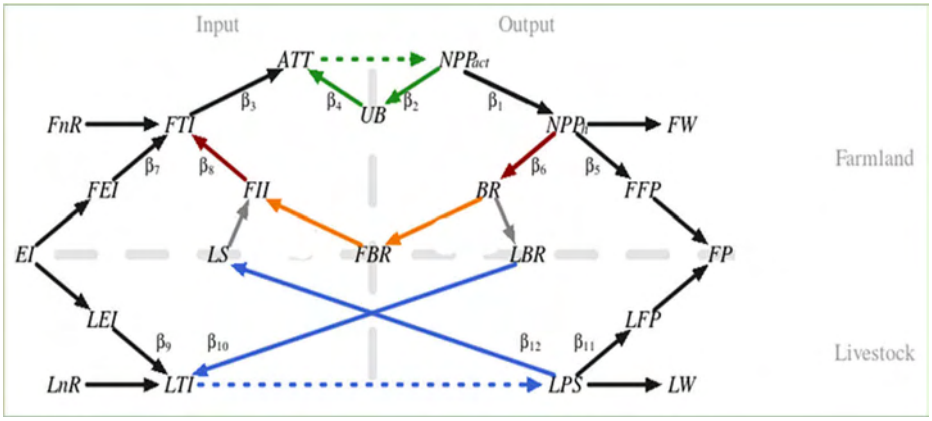
B1 Integració energia - paisatge

Descripció

La dimensió conservació de la biodiversitat es representa amb l'indicador principal B1 que correspon al valor de l'*Energy-Landscape Integrated Analysis*[1]. Aquest avalua les condicions sòcio-ecològiques per a l'establiment de la biodiversitat associada a partir dels patrons i processos del paisatge (complexitat paisatgística) i els fluxos de metabolisme agrari (energia redistribuïda i energia acumulada). Valors elevats indiquen doncs condicions adequades per a la biodiversitat associada.

Metodologia

Aquest valor resulta de l'estructura funcional del paisatge (indicador C1) i de dos indicadors específics procedents del balanç metabòlic que reprodueixen les característiques de la xarxa de fluxos dins de cada cel·la 500 x 500 m (A2 o energia reutilitzada i A3 o energia redistribuïda). Per a l'indicador C1 consultar la seva fitxa corresponent. Per als valors d'A2 i A3 es reprodueix en cada cel·la els valors dels fluxos mostrats a la figura adjunta.



A través del càlcul de les betes (relacions input-output dels fluxos d'energia) es calcula la fracció de biomassa que queda dins dels subcicles metabòlics de l'agroecosistema i per tant queda disponible per a les cadenes tròfiques (A2). Posteriorment, es calcula també els motius de distribució d'aquesta biomassa, o equidistribució de fluxos (A3).

Un cop obtinguts aquests indicadors secundaris, es procedeix al càlcul de B1 per a cada cel·la (i): $B1_i = \sqrt[3]{\frac{A2_i \cdot A3_i}{k}} \cdot C1_i$

On *k* permet escalar el factor A2·A3 al valor teòric màxim. L'arrel cúbica fa que el valor de B1 estigui comprès entre el 0 i l'1.

Fonts

Elaboració pròpia a partir del mapa de cobertes del sòl del CREAF (2015) i les bases de dades agràries sobre agricultura, ramaderia, silvicultura i comerç. Del DARPA s'usen les superfícies, rendiments i produccions dels conreus municipals per 2015 obtinguts de la DUN i del SIGPAC, l'enquesta de nombre d'explotacions i places ramaderes i la informació anual del mateix any sobre incendis forestals. Del MAPAMA s'empren les dades de l'enquesta de sacrificis de ramaderia, del sector lacti i de la producció d'ous, mel i llana a escala provincial per a 2015, l'anuari d'estadística de superfícies i produccions anuals de cultius, i les estadístiques anuals de fertilitzants, mitjans de producció i la quinquennal de productes fitosanitaris (2013) així com l'anuari d'estadística forestal i els balanços anuals de gestió de cereals i estadístiques pesqueres. En relació a l'IDESCAT, les bases utilitzades són les dades de maquinària segons la seva propietat de l'any 2013. Finalment, també s'usen les dades de comerç de DATACOMEX per obtenir l'origen de les importacions externes.

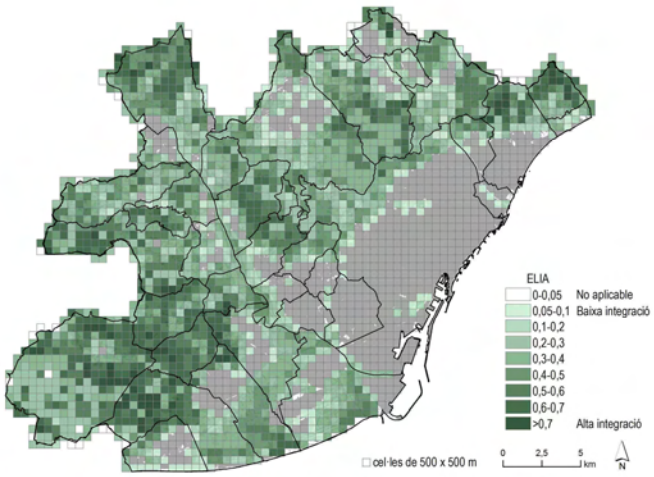
Bibliografia

1. Marull, J., Font, C., Padró, R., et al. 2016. "Energy–Landscape Integrated Analysis: A Proposal for Measuring Complexity in Internal Agroecosystem Processes (Barcelona Metropolitan Region, 1860–2000)." *Ecological Indicators* 66: 30–46. https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2.

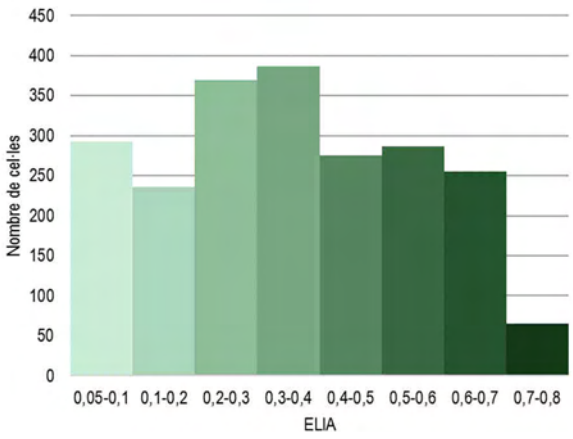
Resultats de l'escenari actual

B1. Integració energia - paisatge

Escenari actual (E0)



Distribució de les cel·les

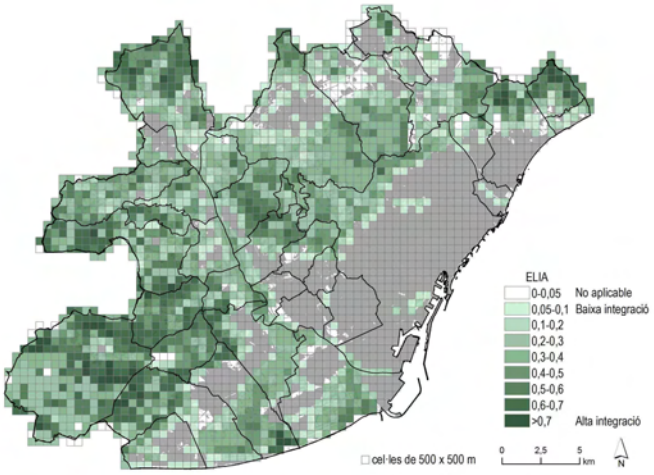


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

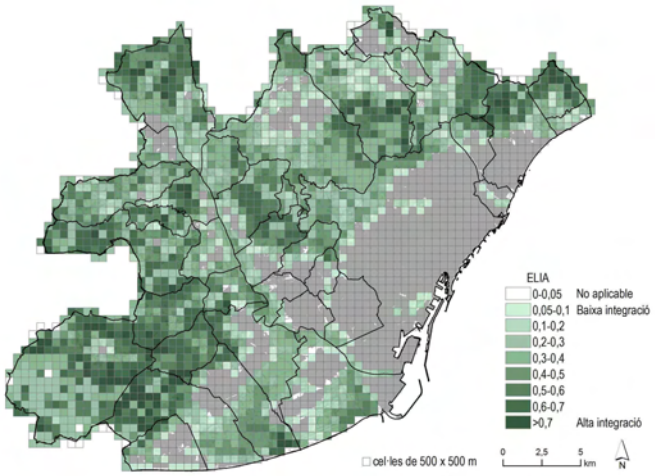
Resultats dels escenaris de planejament

B1. Integració energia - paisatge

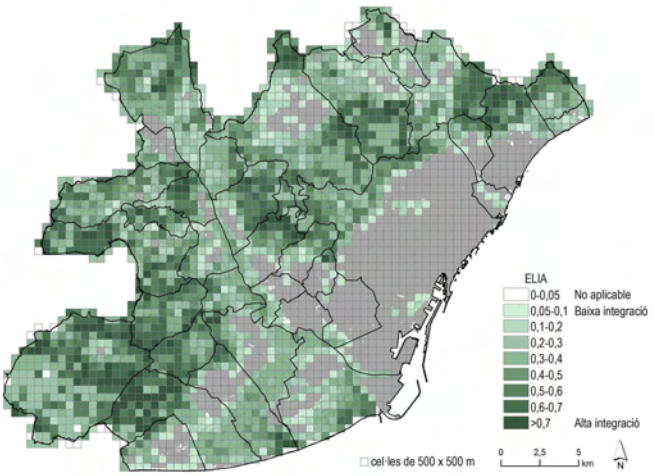
Escenari tendencial (E1)



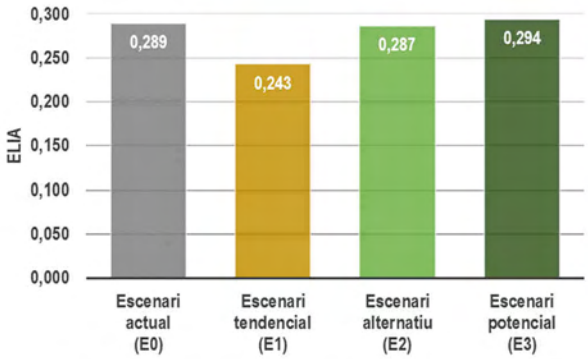
Escenari alternatiu (E2)



Escenari potencial (E3)



Valor mitjà d'integració energia-paisatge (ELIA) pels escenaris avaluats

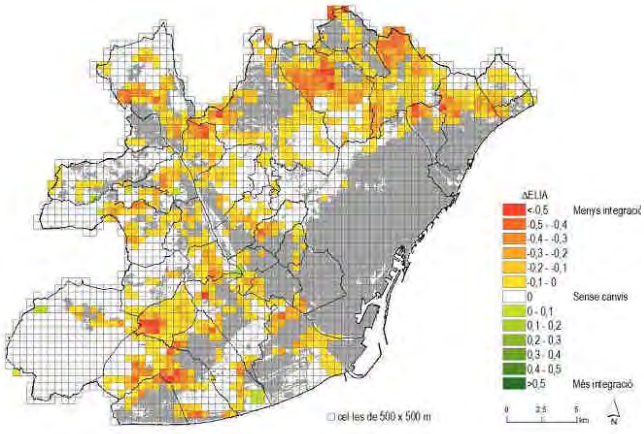


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

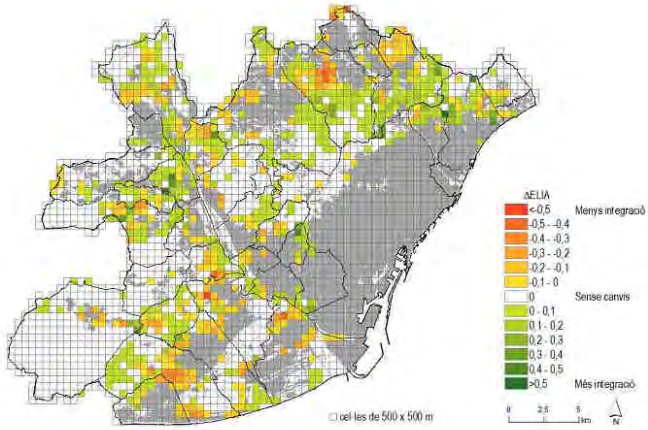
Resultats de les diferències entre escenaris

B1. Integració energia - paisatge

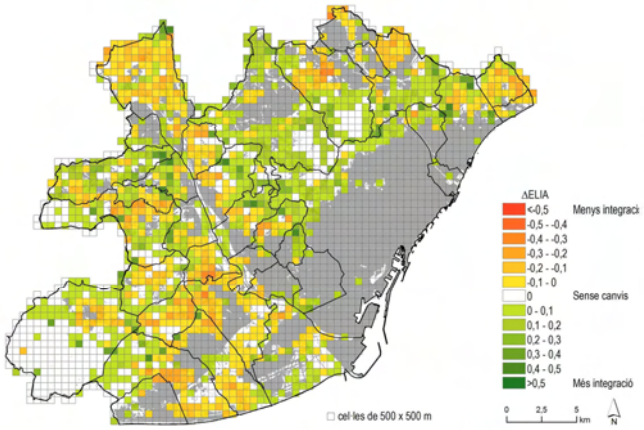
Diferència E1 - E0



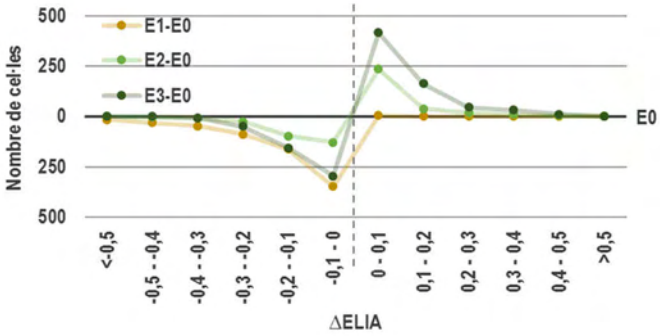
Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Distribució dels valors d'integració energia-paisatge (ELIA) en superfície (ha) respecte l'escenari E0



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Discussió

Analitzant la situació de partida s'observa com les millors condicions sòcio-ecològiques per a l'establiment de la biodiversitat associada es troben a la zona propera al Massís del Garraf, així com de manera menys extensa a la Serralada de Marina i la franja oest de la Serralada de Collserola. Així, inicialment la distribució dels valors d'ELIA és força homogènia en quant a la presència de totes les categories, a excepció dels valors superiors a 0,7, que només ocupen un 3% de la superfície.

Si comparem la situació inicial amb els escenaris plantejats, s'observa com el valor mitjà d'ELIA en la situació tendencial, escenari E1, cau un 16%, que posteriorment es recupera en l'escenari alternatiu E2 i inclús millora en un 2% en l'escenari potencial E3 respecte la situació inicial.

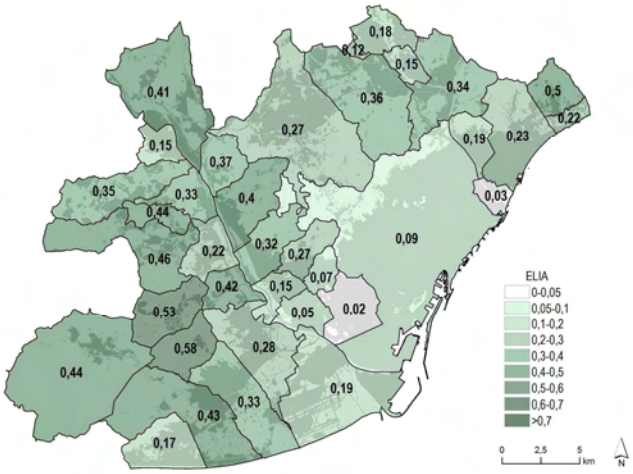
Tanmateix a les diferències entre escenaris s'observen les zones més afectades per l'escenari tendencial, les quals per extensió i intensitat es troben a la plana del Vallès i al vessant litoral d'aproximació al Massís del Garraf, i en el qual tots els valors són negatius. Així mateix, es pot veure com en l'escenari alternatiu E2 hi ha una compensació entre les àrees amb pèrdues majors d'integració energia-paisatge, que ocupen poca superfície, i uns canvis de menor dimensió però amb molta més extensió en els que hi ha millores. Finalment aquest efecte extensiu aconsegueix més que compensar l'efecte negatiu en l'escenari potencial E3, sobretot gràcies als valors elevats a les zones de mosaic entre l'agricultura i els espais forestals, malgrat l'efecte general de disminució d'aquest indicador allà a on augmenten de forma més intensiva els cultius.

A escala municipal, els municipis que més afectats per l'escenari tendencial E1 són Sant Climent de Llobregat, Cerdanyola del Vallès, Montcada i Reixac i el Papiol on l'indicador ELIA cau més de 0.11 punts i fins a 0.14 en el cas de Sant Climent. Seguit d'aquests venen els municipis de Santa Coloma de Gramenet, Gavà i Santa Coloma de Cervelló. Aquest empitjorament de les condicions sòcio-ecològiques per a l'establiment de la biodiversitat té un efecte general amb una caiguda de més de 0.05 punts en un total de 13 municipis, que representen aproximadament un 30% de la superfície total de l'AMB. En l'escenari alternatiu E2 ja s'observen millores respecte la situació inicial als vessants del Llobregat i també a l'àrea proximal a la Serralada de Marina. Un efecte que encara es veu més reforçat en l'escenari potencial E3, on diversos municipis de la franja nord-oest tenen increments per sobre dels 0.04 punts, arribant als 0.07 a Esplugues de Llobregat i Pallejà.

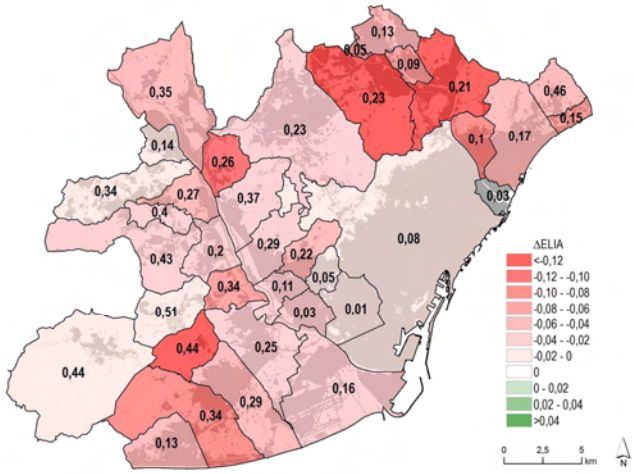
Resultats per municipis

B1. Integració energia - paisatge

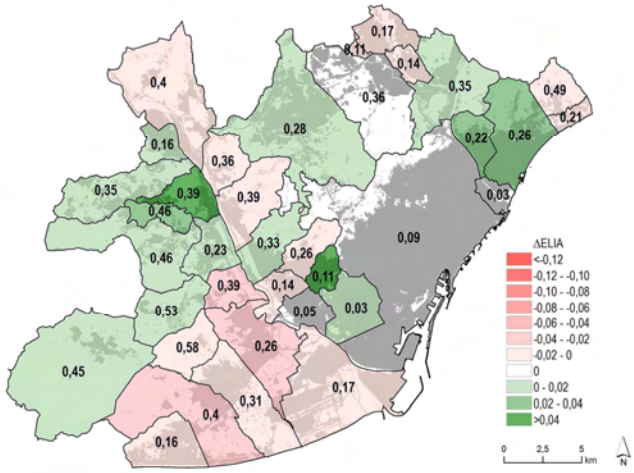
Escenari actual (E0)



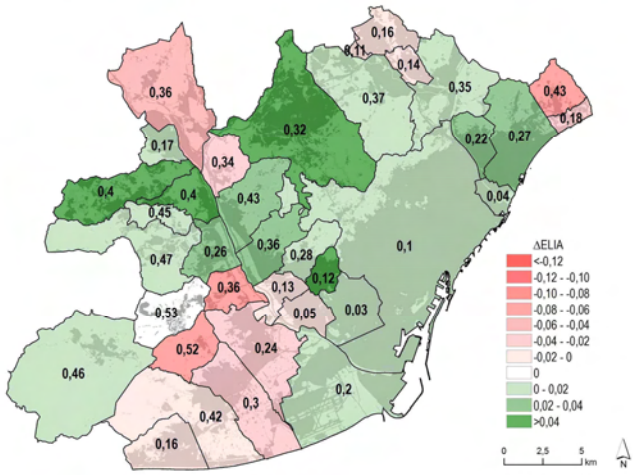
Diferència E1 - E0



Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Les etiquetes mostren el valor mig d'ELIA als municipis per als escenaris 0 al 3.

Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Conclusions

Estudis recents demostren que la dimensió de conservació de la biodiversitat en paisatges culturals en regions mediterrànies es pot calcular mitjançant la interacció entre l'energia disponible per les cadenes tròfiques i la complexitat del paisatge (mosaics heterogenis i ben connectats). Una proposta d'espais oberts metropolitana hauria d'incloure doncs les unitats del paisatge que recullen aquestes característiques.

En la situació actual destaquen les bones condicions d'alguns paisatges culturals encara presents a les proximitats del Massís del Garraf, com de manera menys extensa en la zona proximal a la Serralada de Marina o la franja oest de la Serralada de Collserola, a on encara persisteix un cert patró d'usos en forma de mosaics agro-forestals.

Així mateix, l'indicador mostra una sensibilitat important als diferents escenaris de planejament analitzats. En l'escenari tendencial E1 les àrees més afectades es concentren a la regió de l'àrea metropolitana del Vallès Occidental i els vessants d'aproximació al Massís del Garraf. S'observen punts crítics a Gavà i la franja sud de Castellbisbal i el municipi del Papiol. Per altra banda, un augment de la superfície agrícola com la plantejada als escenaris E2 i E3 podria compensar aquest efecte negatiu del planejament urbanístic vigent en zones puntuals, amb unes millores modestes de l'indicador però que tindrien una extensió molt elevada. Aquest efecte és especialment important en els municipis de la serra de l'Ordal i la Serra de Collserola per a l'escenari potencial E3.

Aquestes millores encara podrien ser molt superiors amb una substitució dels inputs no renovables per inputs renovables, fomentant un funcionament més circular dels fluxos als espais agraris i incrementant així l'efecte positiu dels mosaics agro-forestals.

C1 Complexitat paisatgística

Descripció

La dimensió de funcionament del paisatge es representa amb l'indicador principal C1 que és la complexitat paisatgística. Aquesta, valora l'estructura funcional del paisatge (patrons i processos) a partir de la conjunció entre la connectivitat ecològica i l'heterogeneïtat de les cobertes. Valors alts d'aquest indicador impliquen una major complexitat del paisatge.

Metodologia

L'indicador de complexitat paisatgística parteix de la necessitat d'avaluar els patrons i els processos del paisatge conjuntament i obtenir indicis d'aquelles cel·les (500 x 500 m) que s'associen a un millor funcionament del paisatge. L'indicador és una composició entre dos indicadors secundaris: la connectivitat ecològica[1] (C3, veure fitxa corresponent) i l'heterogeneïtat de les cobertes (C2), calculant-se el seu valor per cel·la (i) segons es mostra a l'equació següent[2].

$$C1_i = \left(C2_i + \frac{C3_i}{10} \right) /2$$

El valor de C3 es divideix per 10 ja que és el valor màxim que pot prendre la connectivitat ecològica, mentre que C2 (heterogeneïtat de les cobertes) oscil·la entre 0 i 1. Dividint aquesta suma entre dos obtenim un valor de l'indicador en un rang de 0 a 1.

Pel què fa al càlcul de l'heterogeneïtat del paisatge (C2), el què s'obté és l'equidistribució de les cobertes (j) que actuen com a hàbitats. La seva fórmula s'indica a continuació i es tracta d'una adaptació de la fórmula de Shannon[3] aplicada per cel·la (i).

$$C2_i = - \left(\sum_{j=1}^{j=k} p_{i,j} \cdot \log_k p_{i,j} \right) \cdot \left(1 - p_{i,u} \right)$$

Com es pot comprovar, s'hi aplica un factor de correcció per tal de penalitzar de la presència de cobertes urbanes (p_u). Es consideren hàbitats (k) els usos de bosc, matollar, cultius (agrupant així conreus herbacis, llenyosos i vinyes) i els corredors fluvials i les masses d'aigua (també agrupats per la seva menor presència en l'àmbit de l'AMB).

Fonts

Elaboració pròpia a partir del mapa de cobertes del sòl del CREAF (2015) i l'indicador C3 (veure fitxa corresponent).

Bibliografia

1. Marull, J., and Mallarach, JM. 2005. "A GIS Methodology for Assessing Ecological Connectivity: Application to the Barcelona Metropolitan Area." Landscape and Urban Planning 71 (2–4): 243–62. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.03.007.

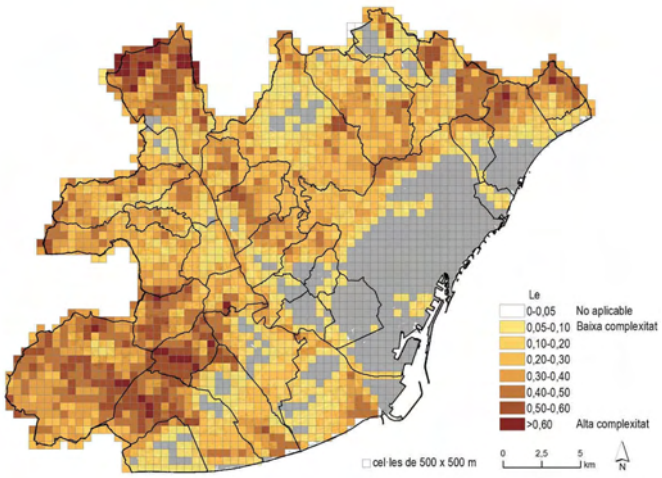
2. Marull, J., Font, C., Padró, R., et al. 2016. "Energy–Landscape Integrated Analysis: A Proposal for Measuring Complexity in Internal Agroecosystem Processes (Barcelona Metropolitan Region, 1860–2000)." Ecological Indicators 66. Elsevier Ltd: 30–46. https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2.

3. Shannon, CE., and Weaver, W. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Illinois: University of Illinois Press.

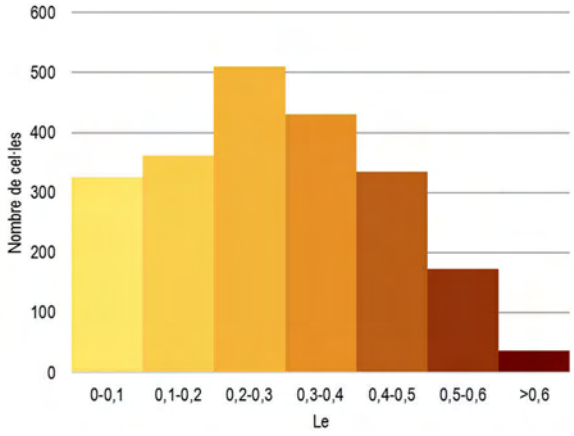
Resultats de l'escenari actual

C1. Complexitat paisatgística

Escenari actual (E0)



Distribució de les cel·les

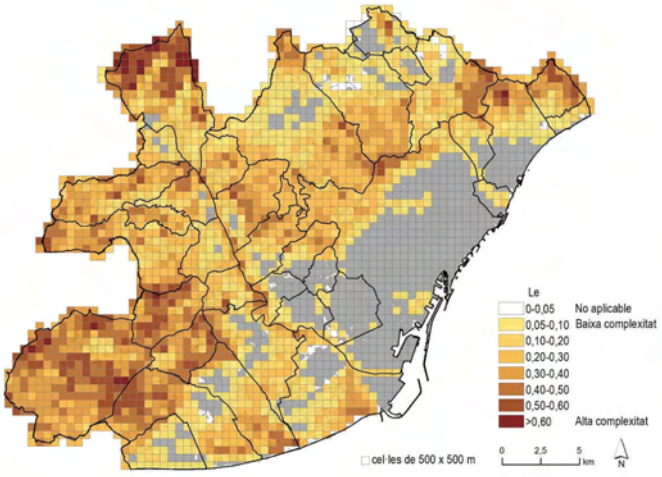


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

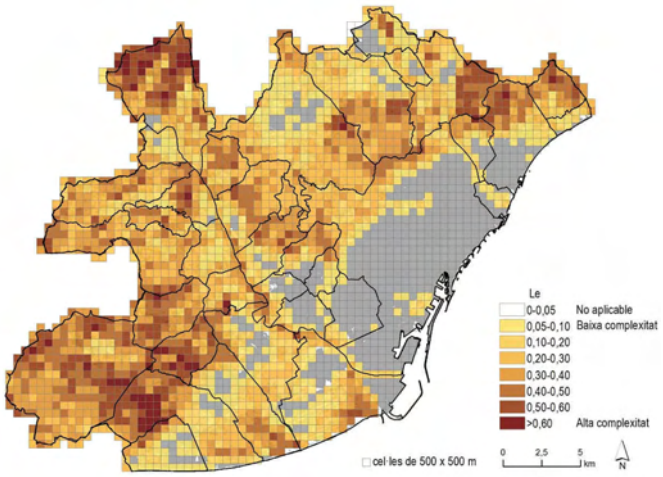
Resultats dels escenaris de planejament

C1. Complexitat paisatgística

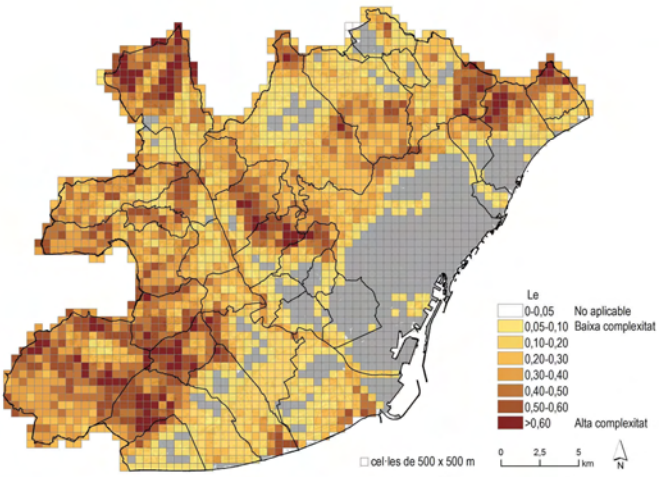
Escenari tendencial (E1)



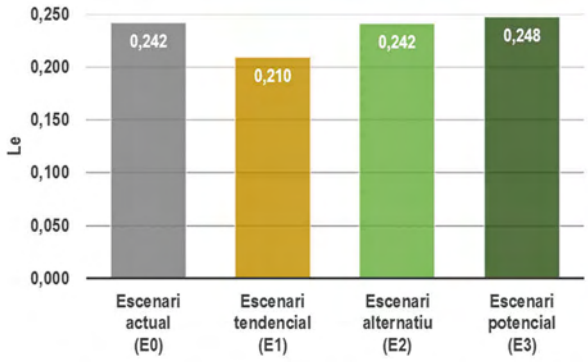
Escenari alternatiu (E2)



Escenari potencial (E3)



Valor mitjà de complexitat paisatgística pels escenaris avaluats

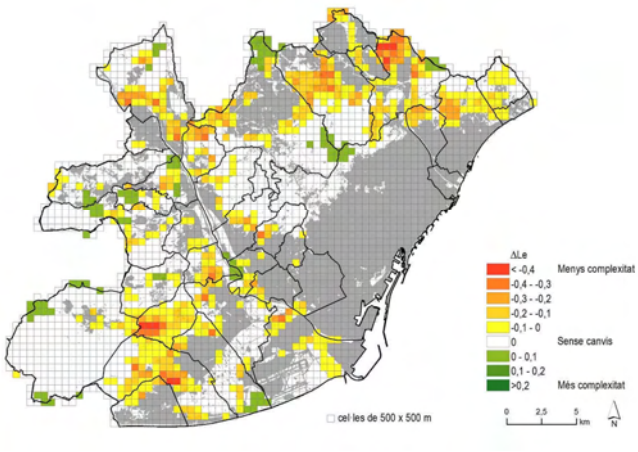


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

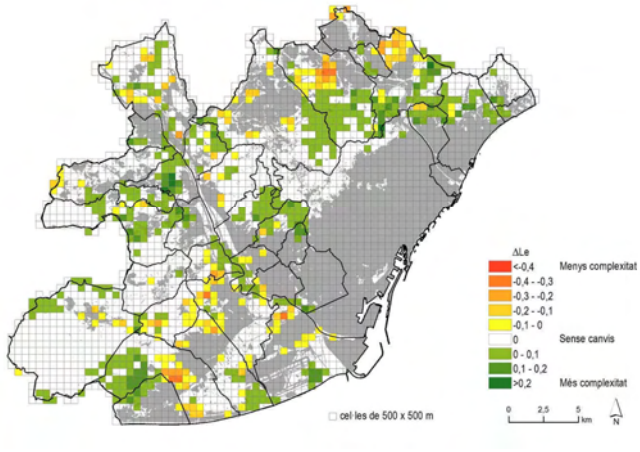
Resultats de les diferències entre escenaris

C1. Complexitat paisatgística

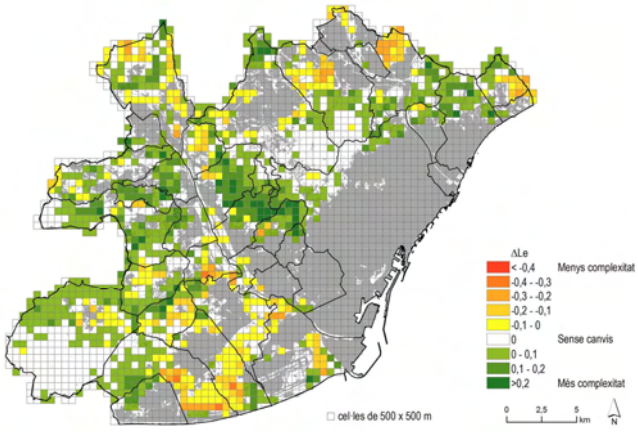
Diferència E1 - E0



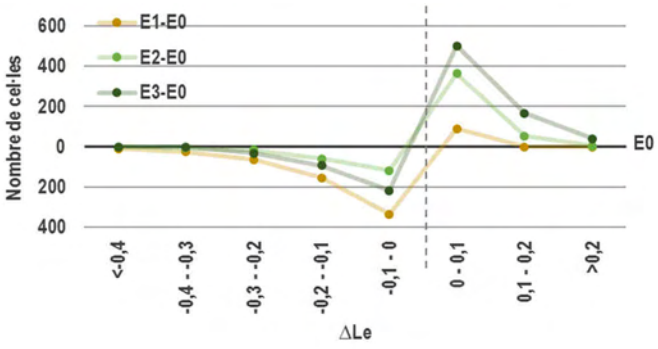
Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Distribució dels valors de complexitat paisatgística en superfície (ha) respecte l'escenari E0



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Discussió

A partir de la distribució de les cel·les segons les categories de valor de la situació actual s'observa com existeix un patró de distribució normal en la complexitat paisatgística a l'àrea metropolitana però a on el valor mig es troba en un nivell relativament baix d'aquesta (0,242). Menys d'un 10% de les cel·les prenen en l'actualitat valors superiors a 0,5 punts, i aquestes zones de major complexitat paisatgística es troben sobretot en la zona proximal al Massís del Garraf però també properes a la Serralada de Marina i al nord de Castellbisbal.

Els canvis que es succeeixen amb els escenaris sí que són perceptibles en els mapes a on en l'escenari tendencial E1 hi ha una disminució de la complexitat general que fa caure la mitjana de l'àrea metropolitana en un 13% i suavitza les diferències entre les àrees de major complexitat i les de menys. L'escenari alternatiu E2 reverteix la situació i permet una recuperació del valor mig al nivell inicial així com s'observa un lleuger increment del 2,5% amb l'escenari potencial E3.

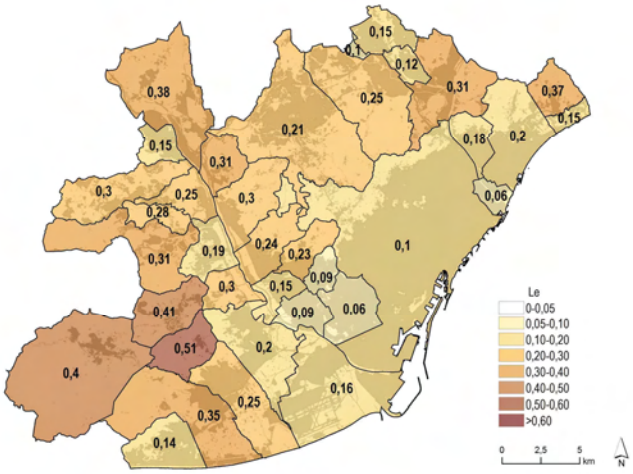
Les diferències mostren com l'escenari tendencial té 3 punts crítics d'ampli efecte a Montcada i Reixac, Sant Climent de Llobregat i Gavà l'efecte dels quals es manté entre l'escenari alternatiu E2 i el potencial E3. Tanmateix, aquest efecte es veuria compensat amb la millora de la complexitat en d'altres punts que sobretot es donarien als vessants est i oest del riu Llobregat en la seva entrada a l'àrea metropolitana i fins a l'arribada al Delta del Llobregat. Aquest efecte positiu també s'observa a municipis més allunyats de l'eix del Llobregat com Begues, però també a la franja litoral que uneix la Serralada de Collserola amb la Serralada de Marina. Tanmateix, la recuperació de la superfície cultivada l'any 1956 en l'escenari E3 suposaria també una certa homogeneïtzació de cobertes que redueix la complexitat paisatgística, com es pot observar sobretot a la zona del delta del Llobregat.

Finalment, a escala municipal destaquen 17 municipis que inicialment tenen valors per sobre de 0.3, representant un 50% de tota la superfície de l'àrea. Uns valors que només mantenen 11 municipis en l'escenari tendencial E1. Aquest escenari afecta a tots els municipis però les caigudes més rellevants són a Sant Climent de Llobregat, Montcada i Reixac i el Papiol. Per contra, una recuperació de la superfície cultivada com E2 o E3 podria millorar la situació de partida, amb especial incidència a La Palma de Cervelló, Sant Feliu de Llobregat, Pallejà, Cervelló i Sant Just Desvern.

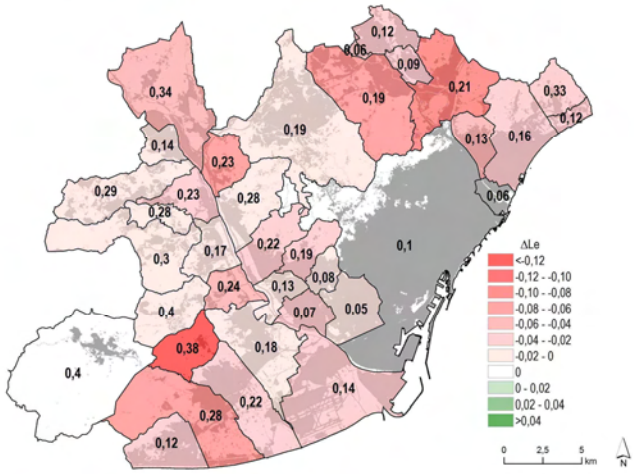
Resultats per municipis

C1. Complexitat paisatgística

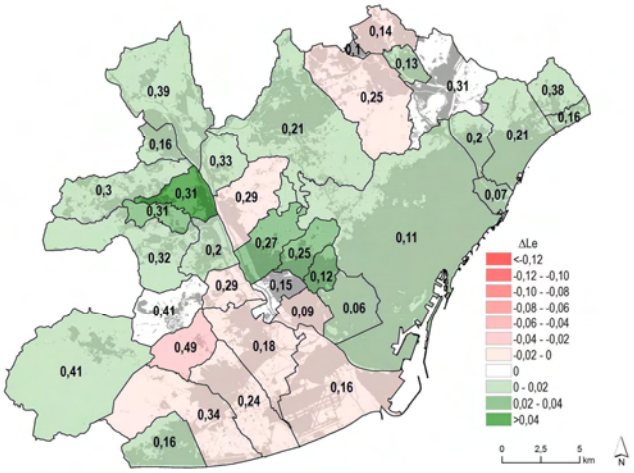
Escenari actual (E0)



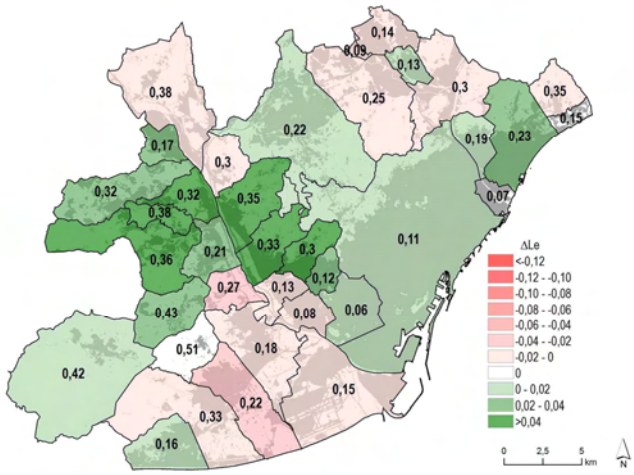
Diferència E1 - E0



Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Les etiquetes mostren el valor mig d'Le als municipis per als escenaris 0 al 3.

Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Conclusions

L'indicador de complexitat paisatgística mostra com a l'àrea metropolitana de Barcelona encara es poden trobar paisatges en mosaic que cal preservar i fins i tot reforçar degut a la seva contribució en el manteniment de la biodiversitat i serveis ecosistèmics associats, el què demanaria la seva delimitació i consideració en el planejament metropolità.

Entre aquestes àrees destaca la franja situada en la zona proximal al Massís del Garraf així com la del nord de Castellbisbal i una petita franja situada prop de la Serralada de Marina. Totes tres es veurien afectades per l'escenari tendencial E1, que suposaria una caiguda general de la complexitat paisatgística a l'àrea, que es reflexa en un 13% de baixada de l'indicador.

Aquest efecte generalitzat però podria ser compensat amb una recuperació de la superfície agrícola imbricada als espais oberts en forma de mosaics agro-forestals que tenen un desenvolupament potencial important sobretot a la franja oest de la Serralada de Collserola, així com a l'altra banda del riu Llobregat, a la Serra de l'Ordal. Per contra, aquells municipis a on l'increment de superfície agrícola es dóna sobre zones que actualment ja tenen una part important de cultiu, especialment els del Delta del Llobregat, els nous cultius suposarien un cert efecte d'homogeneïtzació de les cobertes presents i per tant de reducció de la complexitat paisatgística. Existeix doncs un compromís entre l'augment de superfície agrícola i l'heterogeneïtat dels paisatges resultants, que cal tenir en compte a l'hora de prendre decisions sobre el planejament dels espais oberts.

D1 Emissions de gasos d'efecte hivernacle*

Descripció

La dimensió de canvi global es representa amb l'indicador principal D1 que són les emissions de gasos d'efecte hivernacle. En aquest cas es fa una primera aproximació calculant la quantitat d'entrades externes totals no renovables per a mantenir la silvicultura, la ramaderia i l'agricultura a partir del seu valor energètic, que prové del balanç metabòlic[1] calculat per l'AMB. Un valor més elevat d'aquest indicador doncs, s'associaria a processos més intensius i dependents d'importacions i per tant a una probable major intensitat d'emissions totals.

Metodologia

La primera aproximació que realitzem a aquest indicador D1 és doncs el càlcul dels fluxos d'inputs externs no renovables (EInR en la figura metodològica de l'indicador B1) per cel·la de 500 x 500 m. En el cas d'aquells que provenen de l'agricultura o la silvicultura la seva territorialització simplement consisteix en calcular per a cada ús quin és el seu valor (maquinària, fertilitzants, construccions d'hivernacles, herbicides i pesticides i consum d'energia per bombejar aigua). En canvi, per a la ramaderia s'utilitza el procés de territorialització per via serveis ramaders (LS) dels costos energètics del transport de pinsos i de l'energia destinada als estables. Així en aquelles cobertes a on s'estima que es disposa l'excreta animal, ja sigui amb l'objectiu de fertilitzar o bé com a gestió de residu, s'hi sumen aquests costos ramaders. Les unitats finals d'aquest indicador són en MJ/ha. En tant que aquest valor té sentit des d'un punt de vista absolut a l'hora de comparar els diferents municipis es sumen tots els valors i es representen en unitats de GJ.

Fonts

Elaboració pròpia a partir del mapa de cobertes del sòl del CREAF (2015) i les bases de dades agràries sobre agricultura, ramaderia, silvicultura i comerç. Del DARPA s'usen les superfícies, rendiments i produccions dels conreus municipals per 2015 obtinguts de la DUN i del SIGPAC, l'enquesta de nombre d'explotacions i places ramaderes i la informació anual del mateix any sobre incendis forestals. Del MAPAMA s'empren les dades de l'enquesta de sacrificis de ramaderia, del sector lacti i de la producció d'ous, mel i llana a escala provincial per a 2015, l'anuari d'estadística de superfícies i produccions anuals de cultius, i les estadístiques anuals de fertilitzants, mitjans de producció i la quinquennal de productes fitosanitaris (2013) així com l'anuari d'estadística forestal i els balanços anuals de gestió de cereals i estadístiques pesqueres. En relació a l'IDESCAT, les bases utilitzades són les dades de maquinària segons la seva propietat de l'any 2013. Finalment, també s'usen les dades de comerç de DATACOMEX per obtenir l'origen de les importacions externes.

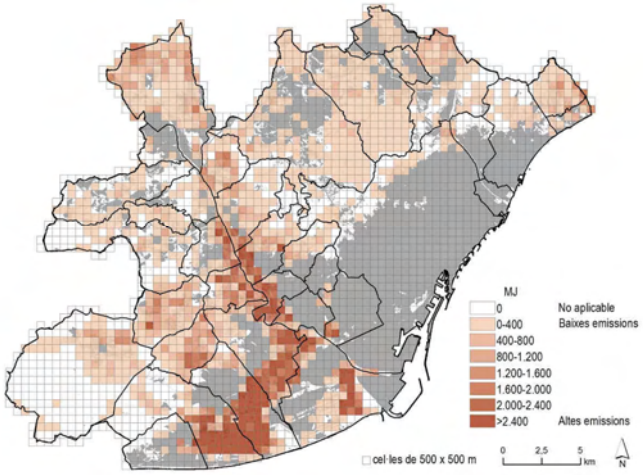
Bibliografia

1. Tello, E., Galán, E., Cunfer, G., Guzmán, G.I., González de Molina, M., Krausmann, F., Gingrich, G., et al. 2015. "A Proposal for a Workable Analysis of Energy Return On Investment (EROI) in Agroecosystems. Part I : Analytical Approach." 156. Social Ecology Working Papers.

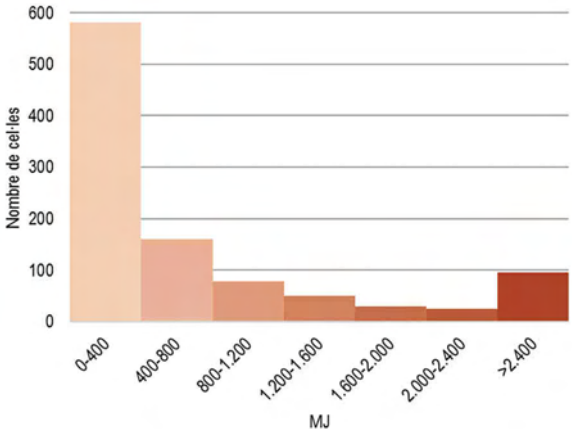
Resultats de l'escenari actual

D1. Emissions de gasos d'efecte hivernacle*

Escenari actual (E0)



Distribució de les cel·les

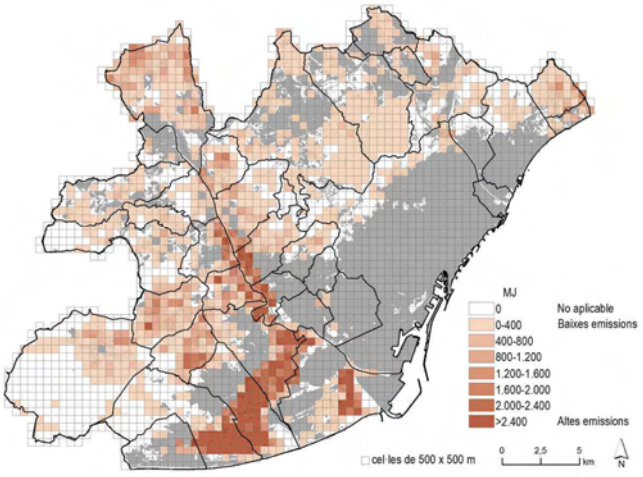


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

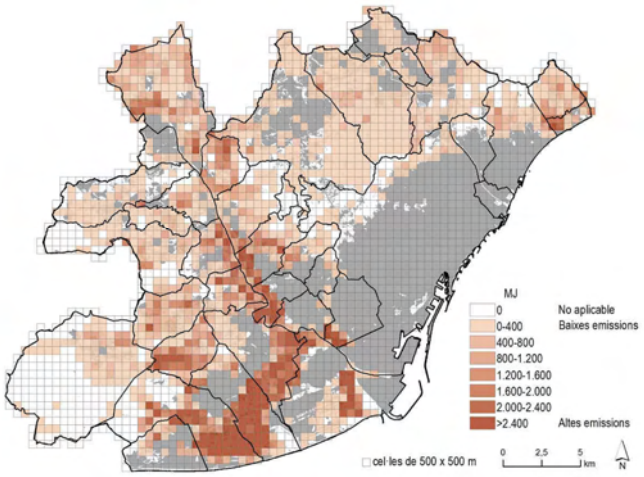
Resultats dels escenaris de planejament

D1. Emissions de gasos d'efecte hivernacle*

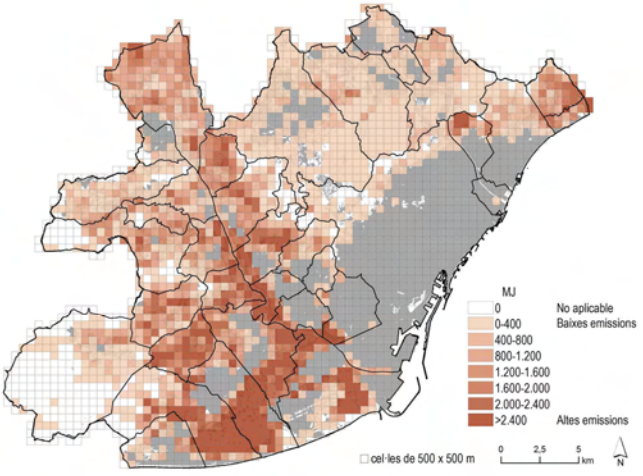
Escenari tendencial (E1)



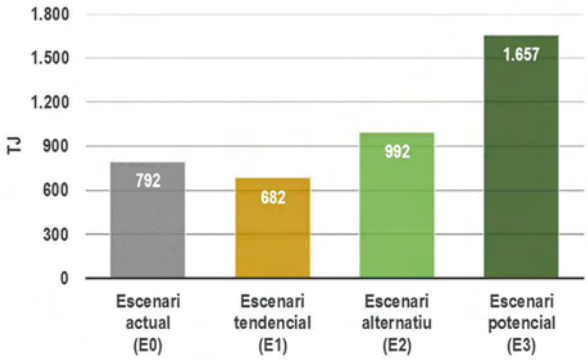
Escenari alternatiu (E2)



Escenari potencial (E3)



Valor total d'emissions de gasos d'efecte hivernacle* pels escenaris avaluats

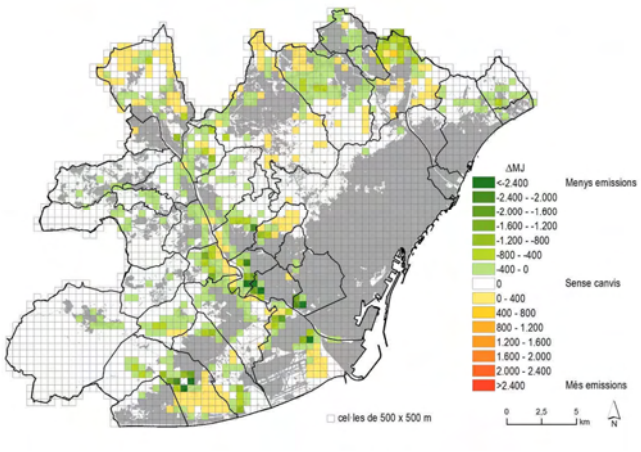


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

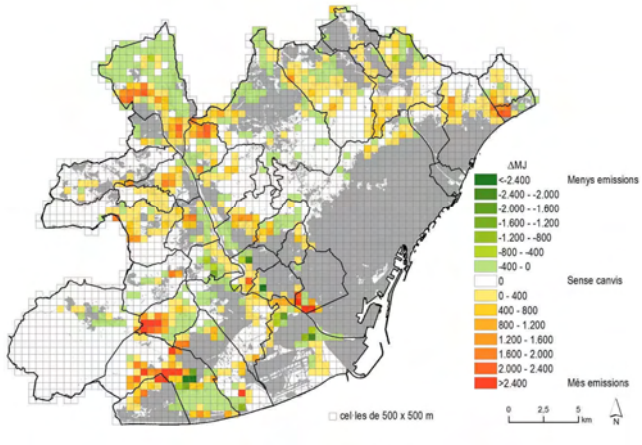
Resultats de les diferències entre escenaris

D1. Emissions de gasos d'efecte hivernacle*

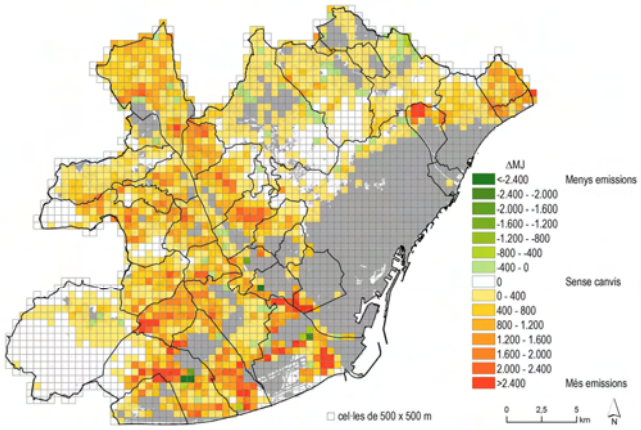
Diferència E1 - E0



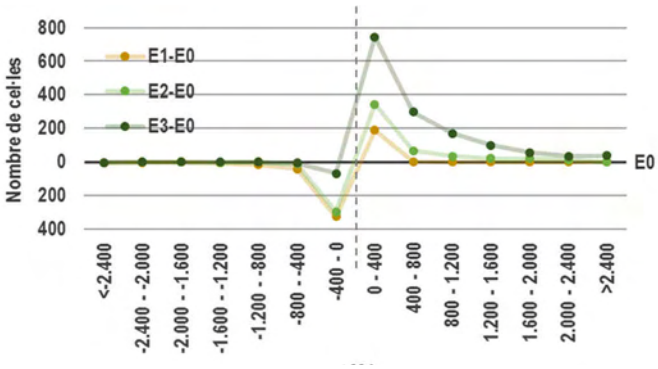
Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Distribució dels valors d'emissions de gasos d'efecte hivernacle* en superfície (ha) respecte l'escenari E0



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Discussió

L'indicador D1, que mostra la quantitat d'entrades externes procedents de fonts no renovables, i que és una primera aproximació a la quantitat d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, mostra com una gran part dels espais oberts presenten valors relativament baixos d'entrades d'energia externa i que els valors més elevats es concentren al Delta del Llobregat.

A la vista dels valors totals pels escenaris es pot comprovar com la disminució de la superfície agrícola de l'escenari tendencial E1 rebaixaria l'indicador en un 14%, i en canvi, els augments de la mateixa també anirien acompanyats d'uns increments parells del 25 i el 110% als escenaris alternatiu E2 i potencial E3 respectivament.

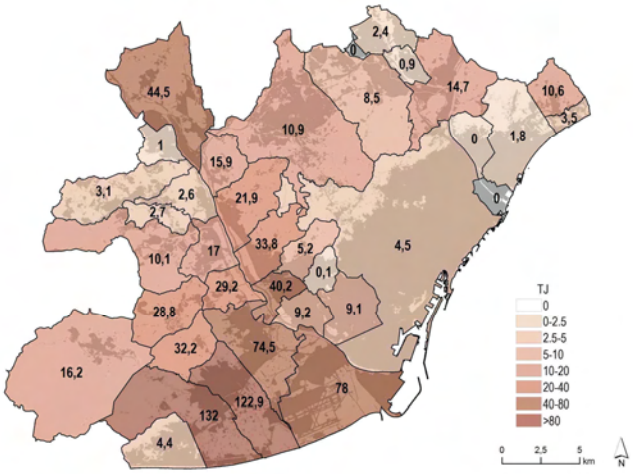
Si ens fixem en la distribució territorial d'aquests canvis, mentre a l'escenari tendencial E1 les baixades són moderades, hi ha un efecte de compensació amb un augment de les emissions en els cultius restants per la major necessitat d'importació d'inputs externs que, si bé no és molt elevada, és important i limita la caiguda d'emissions totals. Per contra, quan s'augmenta la superfície agrícola en l'escenari E2 també augmenten molt les emissions en alguns punts i s'observa un efecte de compensació en els cultius preexistents a on el major grau de tancament de cicles locals permet reduir-ne les emissions totals. Finalment, en l'escenari E3, l'augment de superfície és tant gran que acaba produint un augment generalitzat en totes les àrees, a excepció d'unes poques cel·les on hi ha disminució.

A nivell municipal, 4 municipis del Delta del Llobregat (Gavà, Viladecans, el Prat i Sant Boi de Llobregat) que representen sols el 16% de la superfície de l'àrea metropolitana, acumulen el 51% de les entrades externes no renovables (com a aproximació a les emissions de gasos d'efecte hivernacle). La caiguda de les emissions en l'escenari E1 és general però particularment rellevant a Gavà, Sant Joan Despí, el Prat, l'Hospitalet i Cornella de Llobregat. En canvi, amb l'augment de la superfície agrícola, augmenten les emissions estimades fins al punt en què a l'escenari potencial E3 tots els municipis augmenten les emissions, amb increments importants també en els 4 municipis que ja són els principals importadors d'entrades externes als espais oberts en l'actualitat.

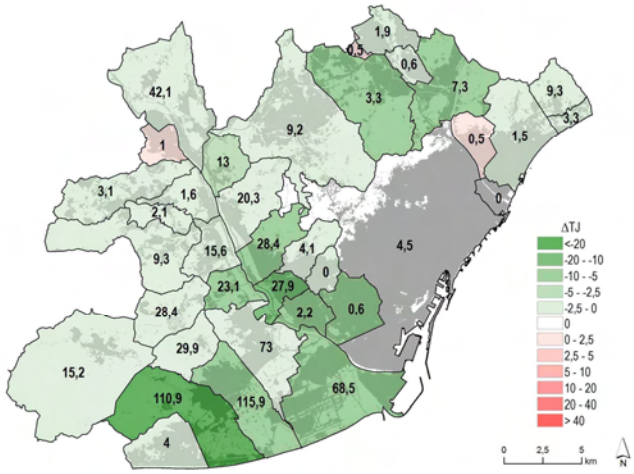
Resultats per municipis

D1. Emissions de gasos d'efecte hivernacle*

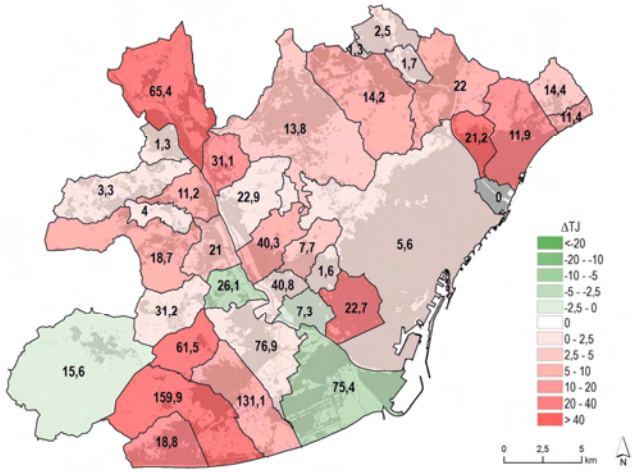
Escenari actual (E0)



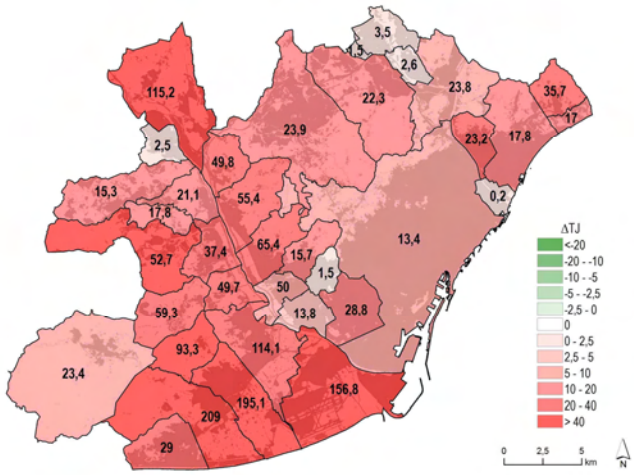
Diferència E1 - E0



Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Les etiquetes mostren el valor total de GJ als municipis per als escenaris 0 al 3.

Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Conclusions

Aquest indicador D1 és una primera aproximació a les emissions de gasos d'efecte hivernacle, que haurà de ser millorada en futurs desenvolupaments. Destaquen en l'actualitat Gavà i Castelldefels per tenir els sistemes agraris més intensius, que juntament amb El Prat i Sant Boi de Llobregat agrupen el 51% de les entrades externes de l'àrea metropolitana.

El model permet identificar com els augments puntuals de les emissions en noves zones agrícoles poden fer baixar les emissions totals en altres àrees del municipi per l'efecte compensador de tenir un major grau d'integració territorial dels fluxos metabòlics, doncs impliquen menor dependència en la importació d'entrades externes al sistema d'espais oberts. En aquest sentit, un planejament territorial que integrés l'activitat agrària i la ramadera de l'àrea metropolitana de Barcelona, permetria reduir la dependència als inputs externs i, de forma indirecta, les emissions derivades de gasos d'efecte hivernacle, contemplant tant els efectes locals com els globals.

Finalment, apuntar que aquests augments lògics en les emissions totals que es poden observar en els escenaris alternatiu E2 i potencial E3, si bé incrementarien el volum d'emissions dels sistemes productius metropolitans, podrien permetre la reducció del volum d'emissions si s'incorporés la perspectiva del consum metropolità (relació entre producció i consum), al disposar d'un major grau d'autosuficiència i satisfacció de necessitats metropolitanes, que reduiria les importacions des de l'exterior a aquesta.

E1A Recirculació de nutrients

Descripció

La dimensió de serveis ecosistèmics de suport es caracteritza amb l'indicador principal E1A de recirculació de nutrients. Així, E1A avalua la quantitat de fòsfor que recircula dins del propi sistema agrícola entenent-lo en interacció amb la resta d'usos i la ramaderia. Per tant, valors elevats en l'indicador es refereixen a una alta capacitat del sistema metropolità per fer front de forma autosuficient al tancament de cicles de nutrients.

Metodologia

El valor de recirculació de nutrients (en percentatge), es calcula per a cada ús agrícola tenint en compte els fluxos calculats en el balanç metabòlic per cel·la 500 x 500 m. Així, es disposa d'un valor de circulació de nutrients en el cas de l'horta, els hivernacles, els cultius herbacis de secà i regadiu, fruiters de secà i regadiu, oliveres de secà i regadiu i la vinya a partir dels seus corresponents balanços de nutrients. Donat que s'han elaborat els balanços de nutrients per al nitrogen, fòsfor i potassi (els tres macronutrients principals), i per al càlcul és necessari disposar de dades homogènies per a poder agregar els valors, es selecciona aquell nutrient que s'observa com a més limitant, en aquest cas, el fòsfor. Les unitats d'aquest indicador són doncs en percentatge de fòsfor que té origen en el propi agroecosistema a escala municipal sobre el total circulant i per ús.

$$E1A_i = \frac{\text{fòsfor intern circulant}_i}{\text{fòsfor total circulant}_i} \cdot 100$$

A partir del balanç de nutrients[1] s'avalua l'origen de cada font de fertilització (enterrament de biomassa, fem animal o bé fertilitzant químic). Mentre en el cas de l'enterrament de biomassa i el fertilitzant químic el seu origen és clar (intern i extern a l'agroecosistema respectivament), aquest càlcul és particularment complex per a l'excreta animal. Així doncs es calcula quin és el grau estimat de satisfacció d'aliments per als animals en cada municipi que prové del propi agroecosistema, del qual se n'obté un factor, pel qual es multiplica la quantitat de fòsfor procedent de l'excreta animal.

Fonts

Elaboració pròpia a partir del mapa de cobertes del sòl del CREAF (2015) i les bases de dades agràries sobre agricultura, ramaderia, silvicultura i comerç. Del DARPA s'usen les superfícies, rendiments i produccions dels conreus municipals per 2015 obtinguts de la DUN i del SIGPAC, l'enquesta de nombre d'explotacions i places ramaderes i la informació anual del mateix any sobre incendis forestals. Del MAPAMA s'empren les dades de l'enquesta de sacrificis de ramaderia, del sector lacti i de la producció d'ous, mel i llana a escala provincial per a 2015, l'anuari d'estadística de superfícies i produccions anuals de cultius, i les estadístiques anuals de fertilitzants, mitjans de producció i la quinquennal de productes fitosanitaris (2013) així com l'anuari d'estadística forestal i els balanços anuals de gestió de cereals i estadístiques pesqueres. En relació a l'IDESCAT, les bases utilitzades són les dades de maquinària segons la seva propietat de l'any 2013. Finalment, també s'usen les dades de comerç de DATACOMEX per obtenir l'origen de les importacions externes.

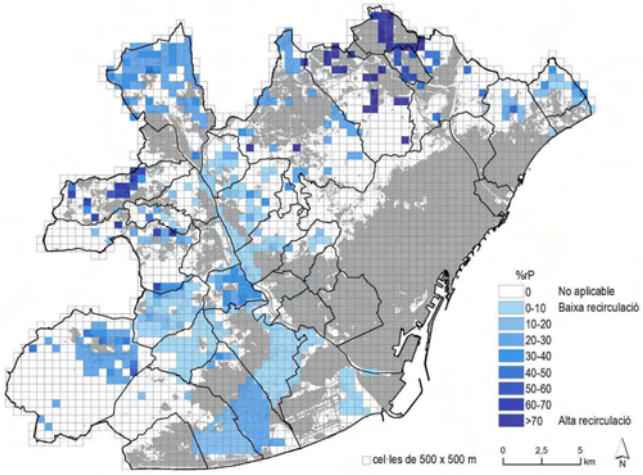
Bibliografia

1. Marco, I., Padró, R., Cattaneo, C., Caravaca, J., Tello, E.. 2017. "From Vineyards to Feedlots : A Fund-Flow Scanning of Sociometabolic Transitions in the Vallès County (Catalonia) 1860-1956-1999." *Regional Environmental Change*. Regional Environmental Change, 1–13. https://doi.org/10.1007/s10113-017-1172-y.

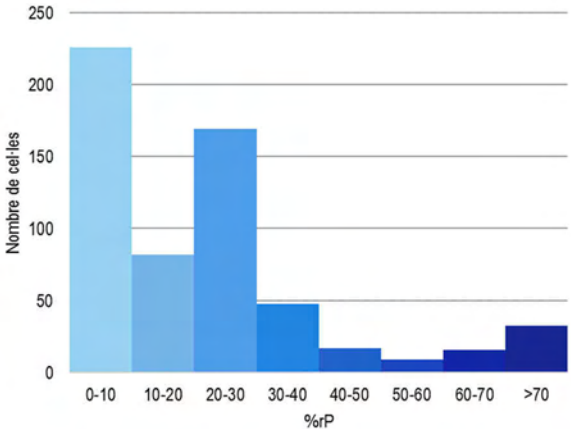
Resultats de l'escenari actual

E1A. Recirculació de nutrients

Escenari actual (E0)



Distribució de les cel·les

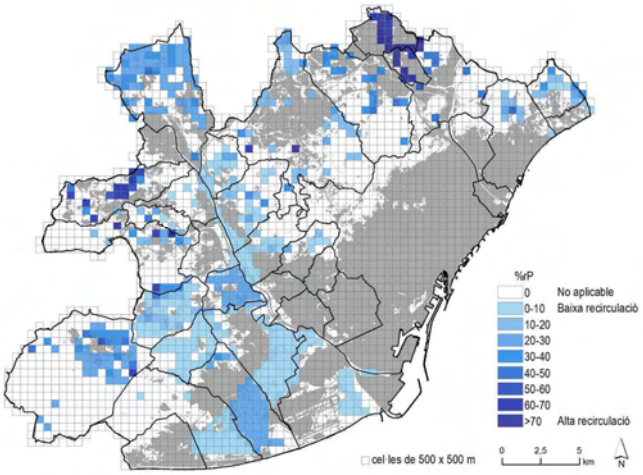


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

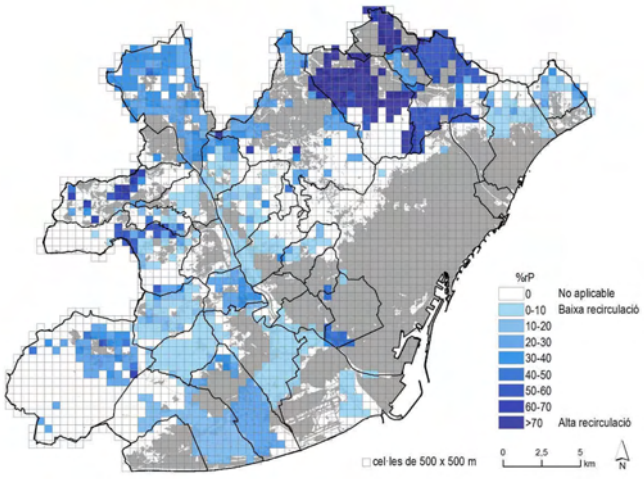
Resultats dels escenaris de planejament

E1A. Recirculació de nutrients

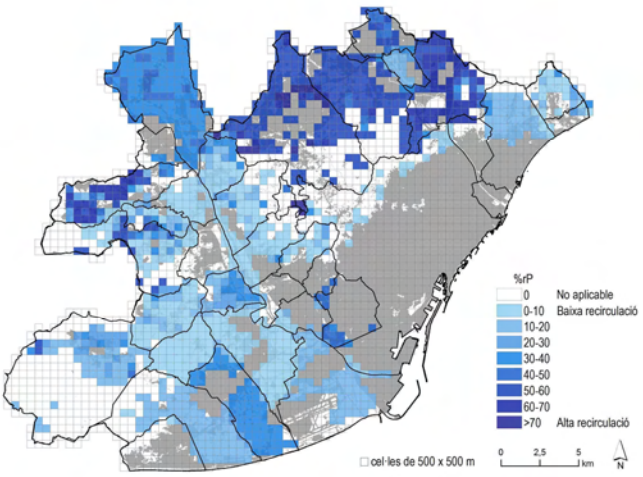
Escenari tendencial (E1)



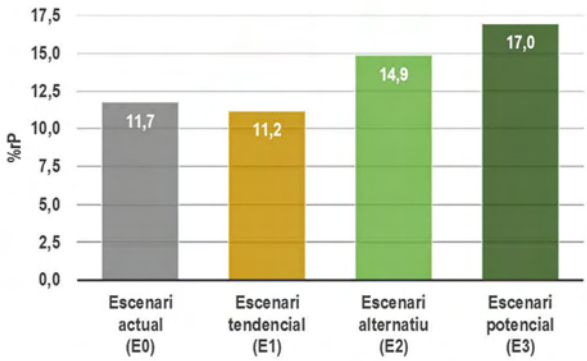
Escenari alternatiu (E2)



Escenari potencial (E3)



Valor mitjà de recirculació de nutrients pels escenaris avaluats

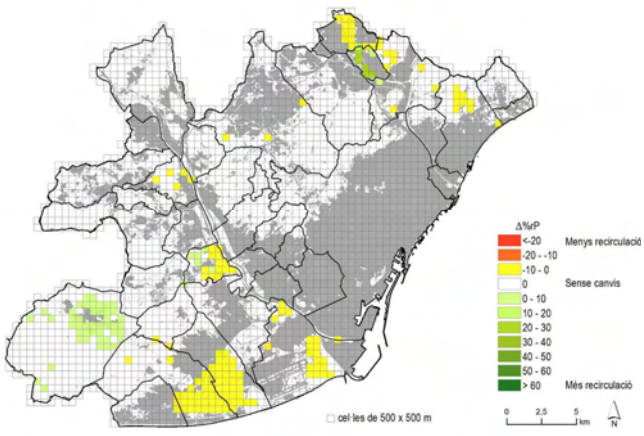


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

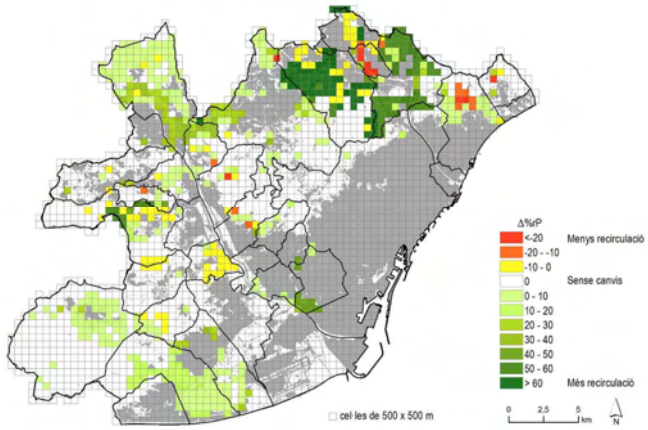
Resultats de les diferències entre escenaris

E1A. Recirculació de nutrients

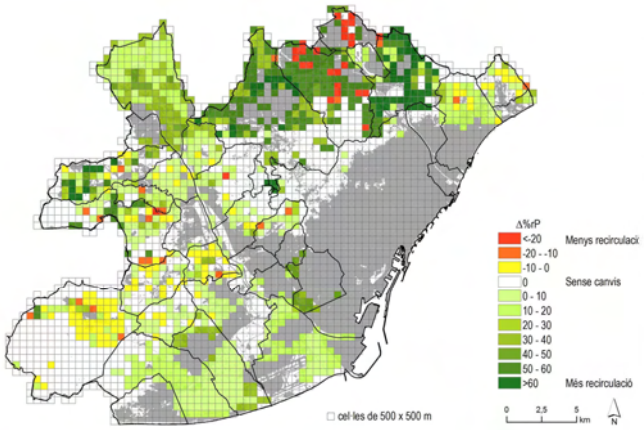
Diferència E1 - E0



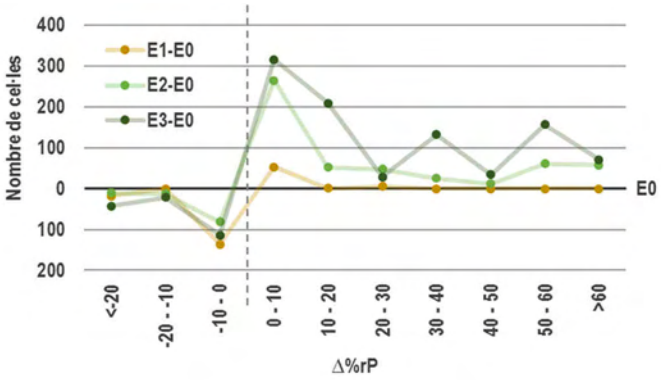
Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Distribució dels valors de recirculació de nutrients en superfície (ha) respecte l'escenari E0



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Discussió

Amb l'anàlisi de la situació actual de grau de recirculació de nutrients s'observa com aproximadament el 80% de les cel·les tenen uns valors de recirculació de fòsfor menors al 30%, el què vol dir doncs que almenys un 70% del fòsfor vindria de l'exterior en aquests casos. Tant sols destaquen unes petites àrees situades entre Barberà del Vallès i Cerdanyola i a la part alta de la Serra de l'Ordal, que tindrien nivells superiors al 60%.

Els efectes d'una caiguda de la superfície agrícola no serien especialment importants a nivell del grau de capacitat de recirculació de nutrients, doncs l'indicador agregat cauria tant sols en un 4%. En canvi, la potencial millora és molt gran en l'escenari alternatiu E2 i el potencial E3 a on el valor mitjà augmentaria entre un 25 i un 45% respectivament. Això es deuria a una presència creixent de superfície agrícola que permetria la sinèrgia en els fluxos de nutrients entre la cabana ramadera i l'agricultura.

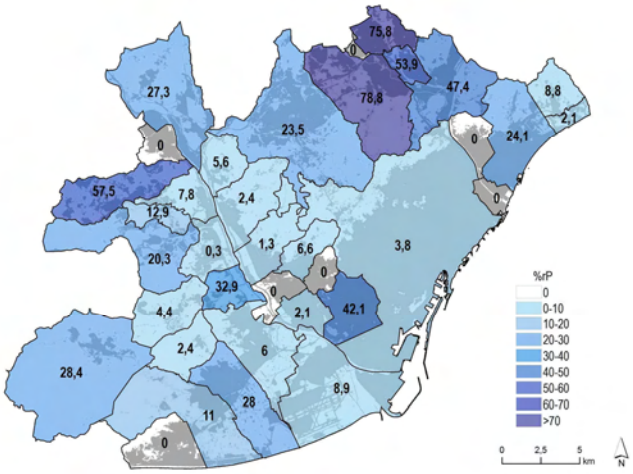
Com es pot veure en l'anàlisi de les diferències entre els indicadors, no tant sols es veuen afectades les àrees a on desapareix la superfície agrícola sinó que l'efecte s'estén també en aquelles àrees que es mantenen com a agrícoles. Així, inicialment la minva d'espais oberts a l'eix del Llobregat suposa majoritàriament un menor grau d'integració agricultura-ramaderia, que es reflexa en una davallada de l'autosuficiència en nutrients. En canvi, l'augment de superfície té efectes majoritàriament positius a nivell de cel·les, inclús havent-hi més de 200 cel·les en les que augmenta més d'un 60% l'autosuficiència i que sobretot estan focalitzades als municipis del Vallès Occidental.

Inicialment en 13 municipis la recirculació de fòsfor no supera el 10%. Amb l'escenari tendencial E1, els increments que s'observen a Ripollet i altres localitats es deuen a un millor equilibri entre superfície cultivada i ramadera, però no són suficients per compensar les extensives pèrdues en autosuficiència al Delta i corredor del Llboregat, Barberà, Montcada i Reixac i Badalona. En aquests, la menor superfície cultivada destinada a aliment animal fa augmentar la dependència en pinsos externs. Aquesta situació es veuria parcialment revertida, però no en tots els municipis, per l'augment de superfície agrícola, que milloraria els nivells de recirculació sobretot en municipis com Sant Cugat del Vallès, Montcada i Reixac o Castellbisbal.

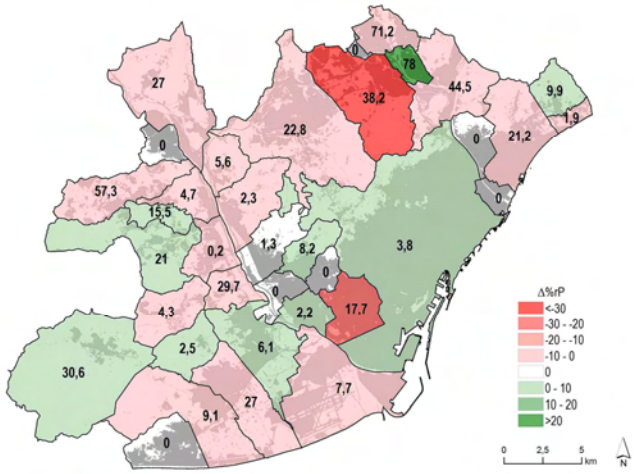
Resultats per municipis

E1A. Recirculació de nutrients

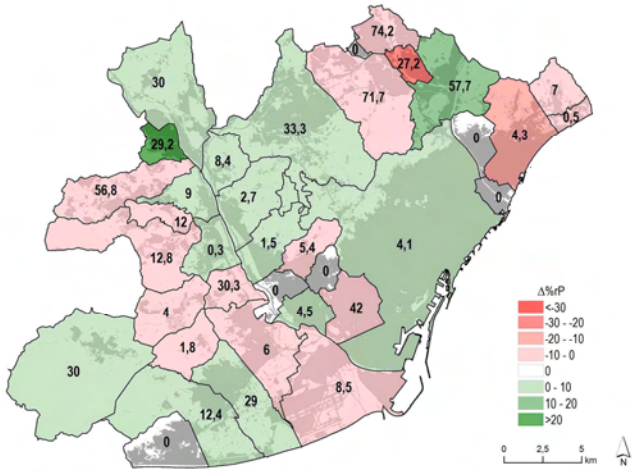
Escenari actual (E0)



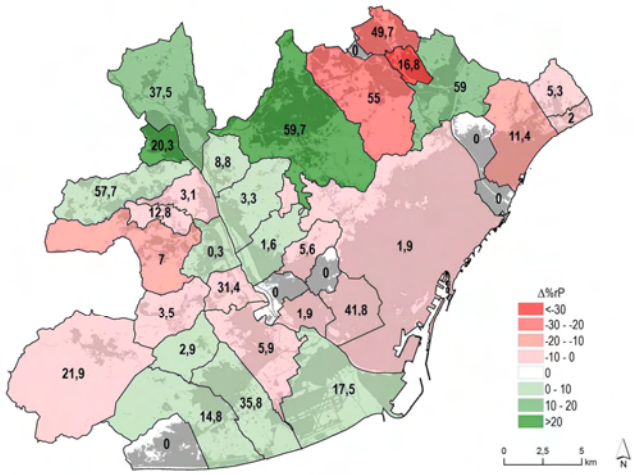
Diferència E1 - E0



Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Les etiquetes mostren el valor mig de recirculació de nutrients als municipis per als escenaris 0 al 3.

Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Conclusions

L'indicador E1A mesura, a través del balanç de nutrients, quina és la quantitat de fòsfor que prové de l'exterior de cada municipi i cultiu. Els resultats mostren una capacitat molt escassa de l'AMB per fer front al tancament d'aquest cicle de nutrients, fonamental al ser el més limitant de tots els macronutrients (nitrogen, fòsfor i potassi). El nivell mig d'autosuficiència és tant sols de 11.7% en l'actualitat. Una situació que es veuria poc afectada per l'escenari tendencial E1 però molt millorada en els escenaris alternatiu E2 i potencial E3.

L'element clau en aquest indicador és quin és el grau d'equilibri existent entre la ramaderia i l'agricultura així com quin és el model de gestió d'aquestes, ja que si es treballa per permetre el tancament dels cicles metabòlics a escala de paisatge, hi ha molt recorregut a fer. Aquest és doncs un indicador que es veuria molt afavorit amb un model de gestió dels espais agraris que prengui un caràcter ecològic o inclús agroecològic, doncs l'esquerda metabòlica a tancar amb els territoris externs és del 88,3% en l'actualitat, un 83% en l'escenari més favorable.

Una major racionalitat en l'ús dels nutrients i l'equilibri entre els diferents macronutrients així com les seves fonts d'origen és també fonamental no sols pel correcte desenvolupament vegetatiu de l'agricultura, sinó també per evitar processos de contaminació per nitrats o processos de degradació de la fertilitat física, biològica i química dels sòls.

E1B Embornal de carboni

Descripció

La dimensió dels serveis ecosistèmics de regulació es representa amb l'indicador E1B que és l'embornal de carboni i identifica quina és la quantitat total de carboni emmagatzemat al sistema d'espais oberts. Així només pren valor per a aquelles superfícies agràries a on existeixi un sòl mínimament desenvolupat (en termes edàfics), considerant tant el carboni al sòl com el carboni aeri. En aquest cas, el grau de detall de l'indicador permet una identificació molt més localitzada dels valors gràcies a la informació geo-referenciada disponible.

Metodologia

Per a obtenir l'indicador agregat, es calculen en primer lloc les diverses fraccions de l'embornal de carboni en els dos espais agraris diferenciats: activitat agrícola i resta d'usos agraris (forestal, matollar, pastures). Es consideren quatre fraccions: el carboni al sòl mineral, el carboni de la capa orgànica del sòl, el carboni de les arrels i en les estructures llenyoses aèries. No es considera en aquest cas el carboni acumulat en cultius herbacis per la seva poca persistència temporal. En el cas agrícola la profunditat mitja d'anàlisi són els 30 primers centímetres, mentre que en els sòls forestals s'arriba a una profunditat de 100 cm.

El valor carboni al sòl mineral s'obté a partir de la informació disponible de l'ICGC per als usos agrícoles. En canvi, per als sòls forestals es desenvolupa un model de regressió lineal que permet estimar l'embornal al sòl segons determinades característiques de la coberta (carboni aeri total) i del sòl (composició mineral, textura i elements grossos), seguint altres models proposats[1]. L'horitzó orgànic en els sistemes forestals s'estima a partir d'uns coeficients sobre l'embornal total al sòl mineral segons la coberta.

En relació al carboni aeri, per als usos no agrícoles es disposa d'un mapa elaborat pel CREAF, així com per a les arrels s'empren relacions entre la fracció aèria i la subterrània obtinguts d'una revisió bibliogràfica. En el cas dels usos agrícoles el què s'utilitza és informació a escala municipal que permet estimar el carboni aeri i a les arrels a través de certs factors emprats en altres estudis catalans sobre canvi climàtic que varien segons l'espècie, l'edat i el marc de plantació[2].

Fonts

Elaboració pròpia a partir del mapa de cobertes del sòl del CREAF (2015) utilitzant el grau de detall del nivell 5. A nivell de carboni orgànic als sòls, per als usos agrícoles s'utilitza el mapa desenvolupat per l'ICGC (2018). El model de carboni als sòls forestals s'obté a partir d'informació de perfils en sòls de l'AMB extreta de la base de dades de l'ICGC. Per a diferenciar determinades característiques dels sòls s'utilitza el mapa de sòls de Catalunya a escala 1:250.000 per a definir zones relativament homogènies (ICGC, 2018). La informació territorial disponible per a estimar el carboni aeri és el mapa desenvolupat pel CREAF (2015) a nivell forestal i per a l'agricultura el Registre de la Vinya de Catalunya (2012), el registre de la Fruita Dolça de Catalunya (2015), el SIGPAC (2013) i la Encuesta de Superfícies y Rendimientos de Cultivo de España (2013).

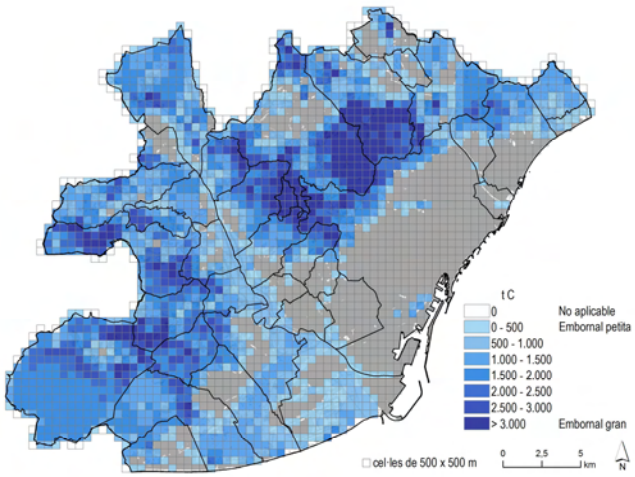
Bibliografia

1. Doblas-Miranda, E., P. Rovira, L. Brotons, J. Martínez-Vilalta, J. Retana, M. Pla, and J. Vayreda. 2013. "Soil Carbon Stocks and Their Variability across the Forests, Shrublands and Grasslands of Peninsular Spain." *Biogeosciences* 10 (12): 8353–61. https://doi.org/10.5194/bg-10-8353-2013.
2. Funes, Inmaculada, Robert Savé, Jordi Vayreda, X. Aranda, C. Batlles, Ll. Comas, M. Gracia, et al. 2015. "Evaluación de La Biomasa de Cultivos Leñosos Como Stock de Carbono En La Cuenca Mediterránea." In *V Workshop Remedia Sobre Mitigación de Gases de Efecto Invernadero Procedentes Del Sector Agroforestal*, 1. Madrid.

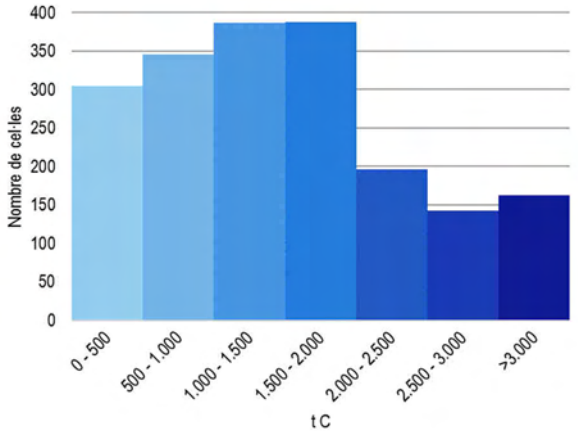
Resultats de l'escenari actual

E1B. Embornal de carboni

Escenari actual (E0)



Distribució de les cel·les

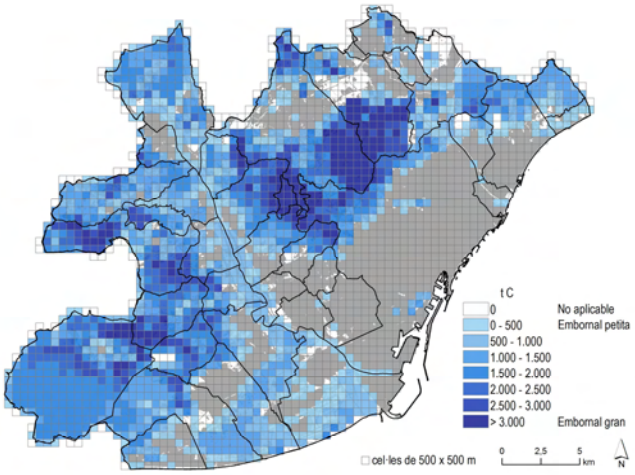


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

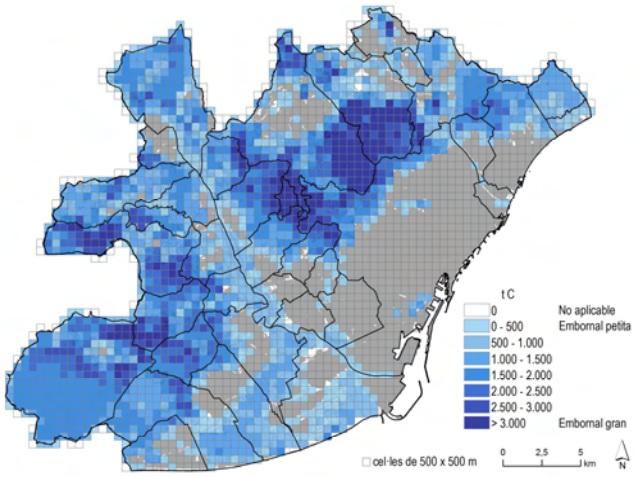
Resultats dels escenaris de planejament

E1B. Embornal de carboni

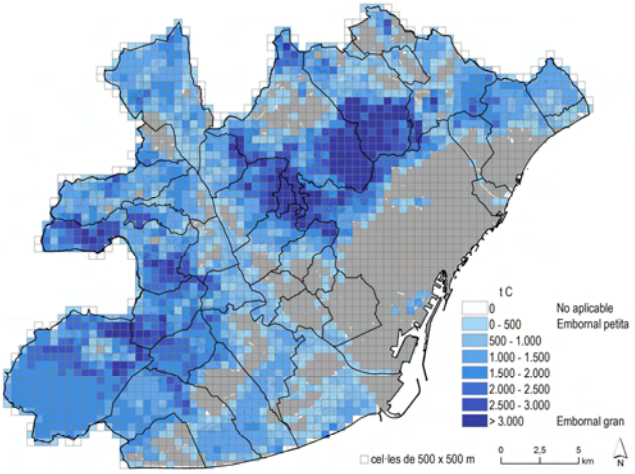
Escenari tendencial (E1)



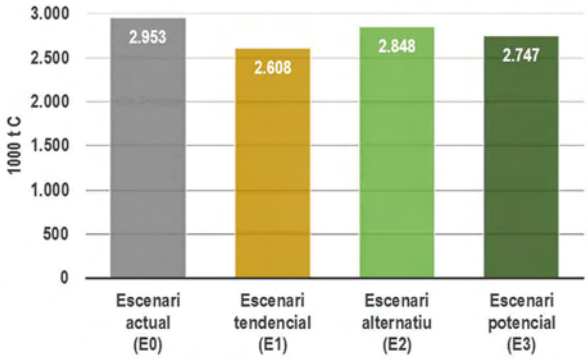
Escenari alternatiu (E2)



Escenari potencial (E3)



Valor total d'embornal de carboni pels escenaris avaluats

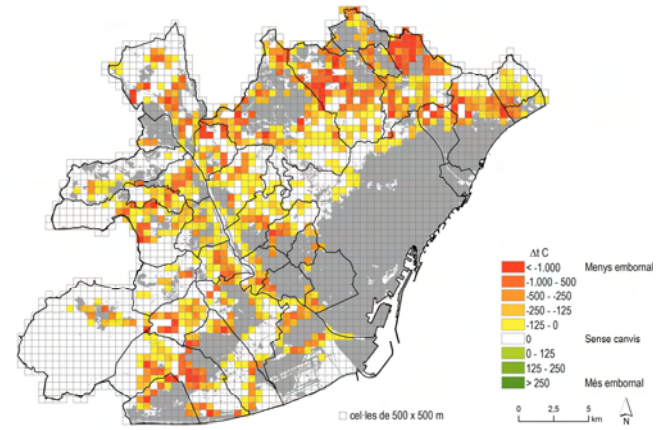


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

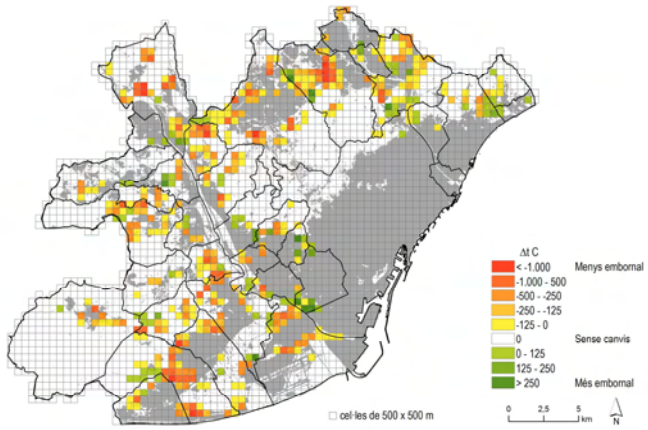
Resultats de les diferències entre escenaris

E1B. Embornal de carboni

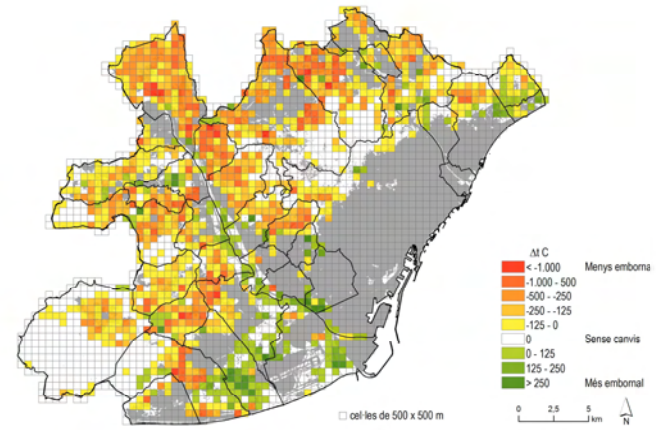
Diferència E1 - E0



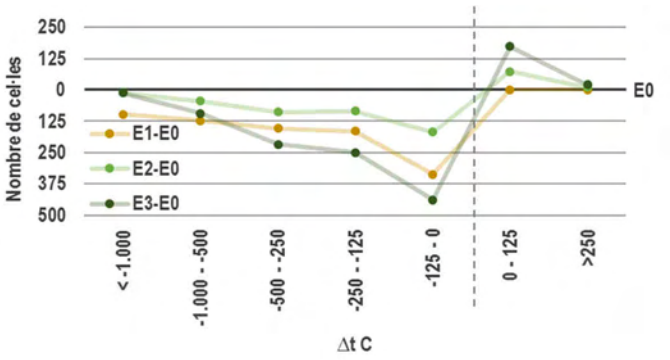
Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Distribució dels valors d'embornal de carboni per superfície (ha) respecte l'escenari E0



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Discussió

Com es pot veure a la figura inicial l'embornal total actual de l'àrea metropolitana es troba distribuïda per tota l'àrea metropolitana malgrat l'àrea de major acumulació és a la serra de Collserola, a on existeix un estoc total important. De totes maneres, cal apuntar que la contribució de les àrees de menor embornal (com ara sòls de cultius herbacis o l'embornal total en cultius llenyosos) té un paper significatiu en el conjunt, doncs les tres primeres categories (que corresponen a àrees predominantment agrícoles) acumulen un 29% del total de carboni en estoc.

Evidentment aquesta embornal es veuria afectada amb l'escenari tendencial E1 on, encara que les àrees de major estoc no es veurien gaire afectades, la quantitat de carboni total acumulat podria decaure fins un 12%. La situació es podria veure revertida, si més no parcialment, amb els escenaris alternatiu E2 i potencial E3, malgrat en aquest cas, l'escenari E3 també suposaria una caiguda important de més d'un 7%. Això es deu al fet que augmentant la superfície agrícola es pot esperar una certa millora de l'embornal però només en els casos en els que l'ús anterior tingués una embornal menor (com és el cas de certs matollars, herbassars o zones nues).

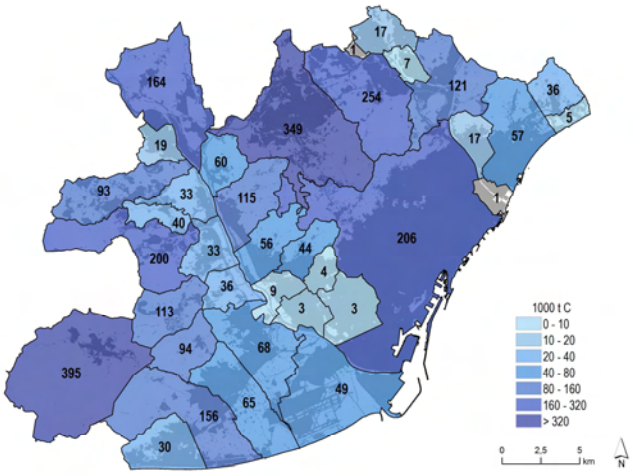
Les diferències entre escenaris mostren aquest augment dels punts amb major embornal als escenaris E2 i E3 que podria compensar parcialment l'efecte de pèrdua d'aquelles àrees també de baixa embornal. Tanmateix, a través de l'expansió de la superfície agrícola, i sota el supòsit d'una gestió convencional com l'actual, les cel·les en les que es supera el llindar d'increment de 125 t de carboni són anecdòtiques.

Finalment, a nivell municipal, destaquen els municipis de Begues i Sant Cugat del Vallès, que tenen l'embornal més gran. L'anàlisi de les diferències mostra com la reducció de l'impacte respecte l'E1 que podria suposar l'escenari alternatiu E2, no permetria retornar a la situació inicial, però si revertir en part el fort impacte que s'observa inicialment als municipis de Montcada i Reixac, Cerdanyola del Vallès i en menor mesura de Gavà, Castellbisbal, Sant Cugat del Vallès, Sant Climent de Llobregat i Badalona. Tanmateix, 10 municipis en l'escenari E3 empitjoren la situació respecte E1, sobretot en casos com Castellbisbal, on augmenta molt el cultiu.

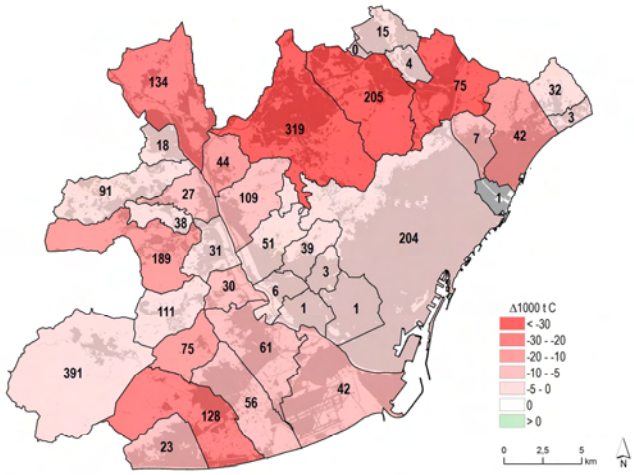
Resultats per municipis

E1B. Embornal de carboni

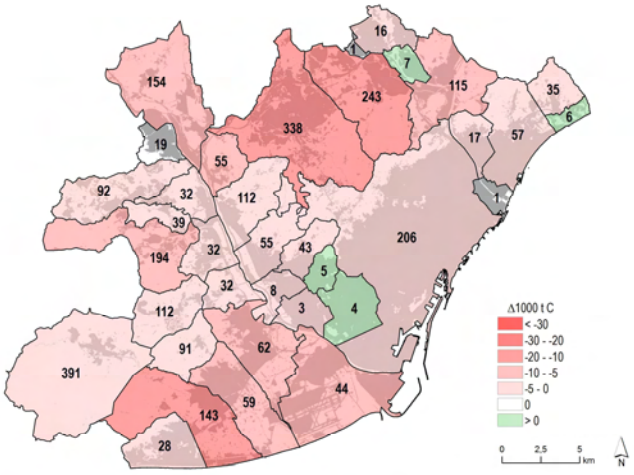
Escenari actual (E0)



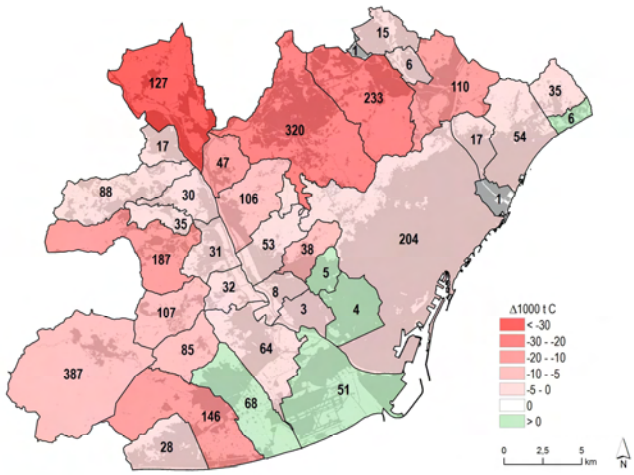
Diferència E1 - E0



Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Les etiquetes mostren el valor mig d'embornal de carboni total als municipis per als escenaris 0 al 3.

Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Conclusions

L'embornal de carboni mesura la quantitat de carboni orgànic que es troba emmagatzemat als espais oberts. Aquest indicador pretén mostrar l'impacte que tindrien, en forma d'emissions degut al canvi d'usos del sòl, els diferents escenaris de planejament. Així, cal remarcar el paper que la Serra de Collserola, i específicament les zones més forestals, juguen en l'embornal total de l'àrea metropolitana.

Un nou planejament que suposi la intervenció sobre àrees forestals, a mig termini suposarà la pèrdua de part d'aquesta embornal. Tanmateix, això pot ser compensat parcialment també amb un canvi en el maneig dels sòls en els espais oberts que es fa a l'àrea metropolitana de Barcelona. Cal comptar que si bé els boscos són claus en aquesta embornal per la seva coberta, més del 55% del carboni total a l'àrea metropolitana s'estima que es troba als sòls. I que la diferència mitjana entre els sòls forestals i els sòls agrícoles no és tant gran (essent el rang màxim existent entre les 40 t de C/ha en els sòls de certs cultius i les 68 t de C/ha en els boscs d'alzina). Es tracta doncs de desenvolupar activitats agrícoles més integrades amb la ramaderia, d'una forma racional i incrementant progressivament el contingut en carboni dels sòls. Cal establir un equilibri entre aquest servei ecosistèmic clau a mantenir i els costos d'oportunitat que suposaria la no intervenció i recuperació d'espais agrícoles per a la resta de funcions dels espais oberts en el sistema metropolità.

E1C Producció agrícola

Descripció

La dimensió dels serveis ecosistèmics d'aprovisionament es representa amb l'indicador principal E1C que és la producció agrícola. Es calcula doncs aquest valor donada la seva predominança respecte a la resta de produccions (silvícola, ramadera) i el seu efecte territorial. Valors elevats mostraran aquelles zones més productives en termes agrícoles d'aprovisionament de tota l'àrea.

Metodologia

Aquesta dada, que es calcula en kg de matèria seca per cel·la 500 x 500 m, és un indicador de valor absolut, i deriva del càlcul de les produccions mitjanes de cada municipi i coberta agrícola (horta, hivernacles, herbaci de secà i regadiu, fruiters de secà i regadiu, oliveres de secà i regadiu i vinya) segons la seva composició interna de cultius i a partir de les dades municipals de producció. A les dades originals de producció se'ls descompta la quantitat d'aigua per obtenir valors comparables entre sí donada l'alta variabilitat dels continguts en humitat entre productes.

Fonts

Elaboració pròpia a partir del mapa de cobertes del sòl del CREAF (2015) i les bases de dades agràries sobre agricultura. Del DARPA s'usen les superfícies, rendiments i produccions dels conreus municipals per 2015 obtinguts de la DUN i del SIGPAC.

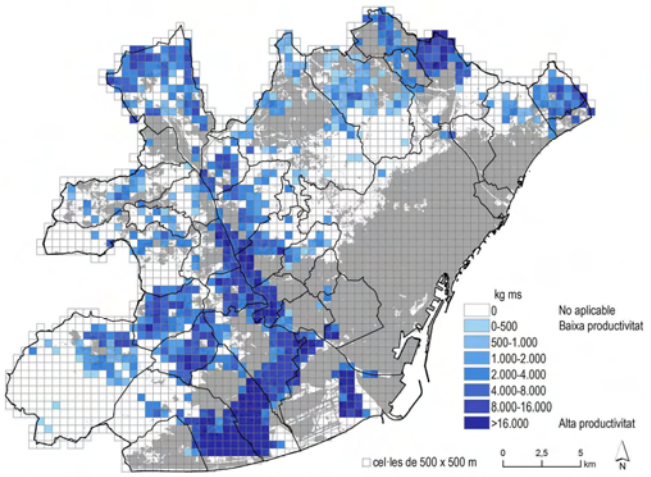
Bibliografia

1. Marco, I., Padró, R., Cattaneo, C., Caravaca, J., Tello, E.. 2017. "From Vineyards to Feedlots : A Fund-Flow Scanning of Sociometabolic Transitions in the Vallès County (Catalonia) 1860-1956-1999." *Regional Environmental Change*. Regional Environmental Change, 1–13. https://doi.org/10.1007/s10113-017-1172-y.

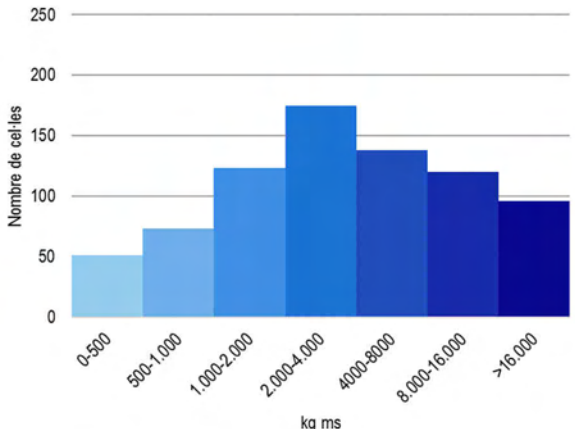
Resultats de l'escenari actual

E1C. Producció agrícola

Escenari actual (E0)



Distribució de les cel·les

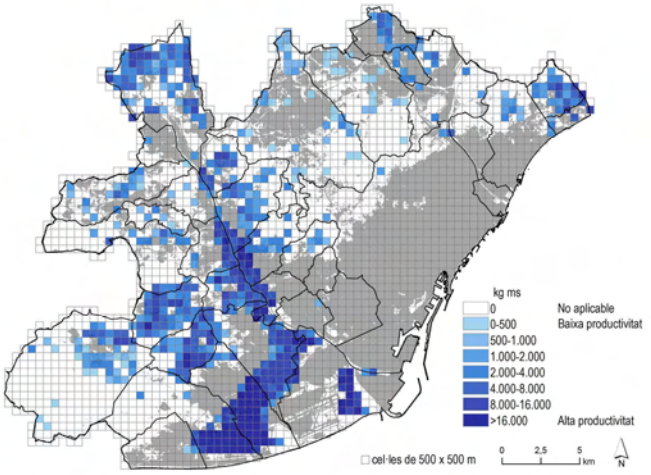


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

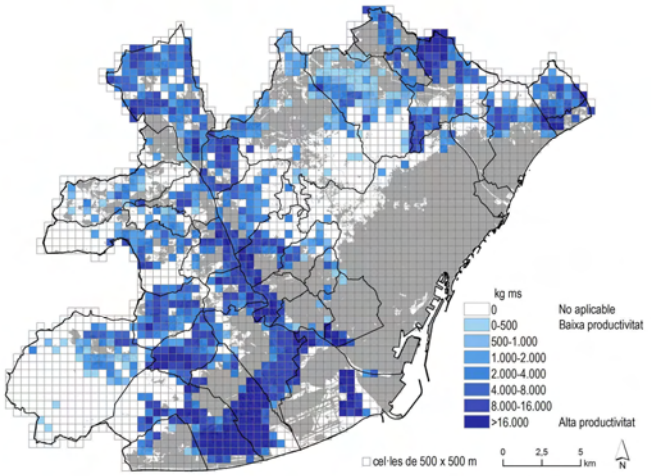
Resultats dels escenaris de planejament

E1C. Producció agrícola

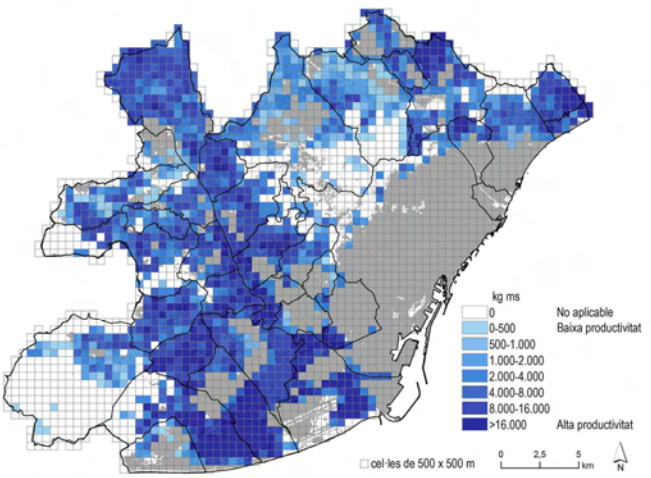
Escenari tendencial (E1)



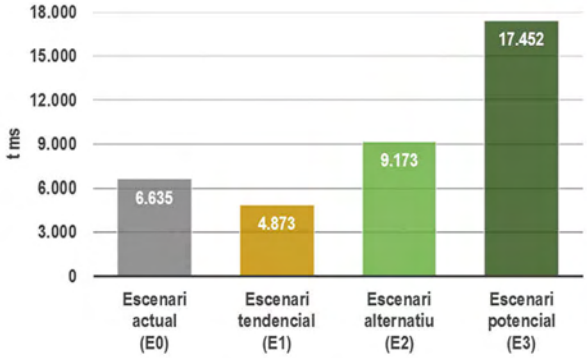
Escenari alternatiu (E2)



Escenari potencial (E3)



Valor total de producció agrícola pels escenaris avaluats

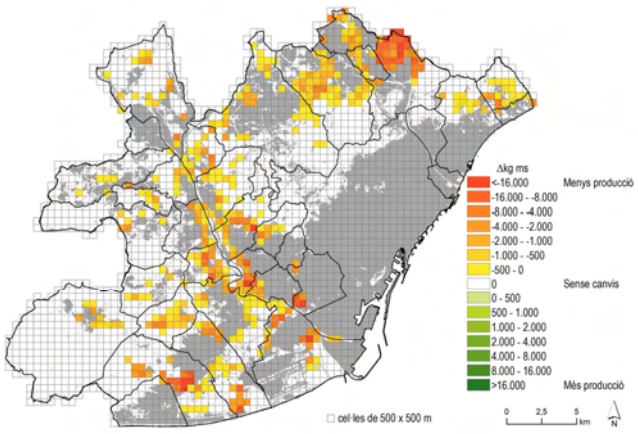


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

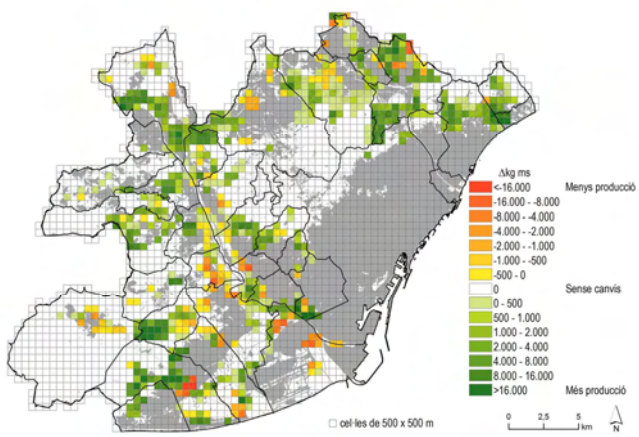
Resultats de les diferències entre escenaris

E1C. Producció agrícola

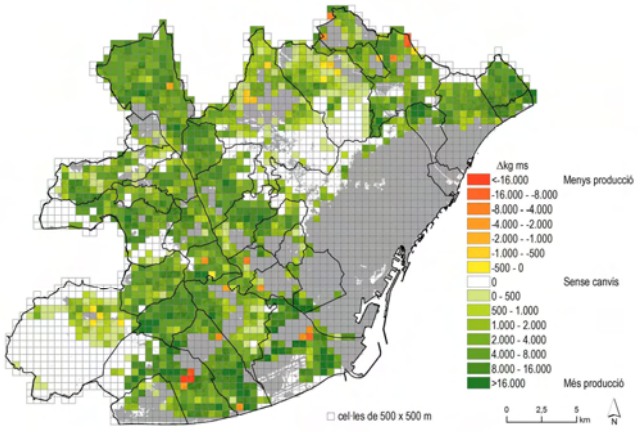
Diferència E1 - E0



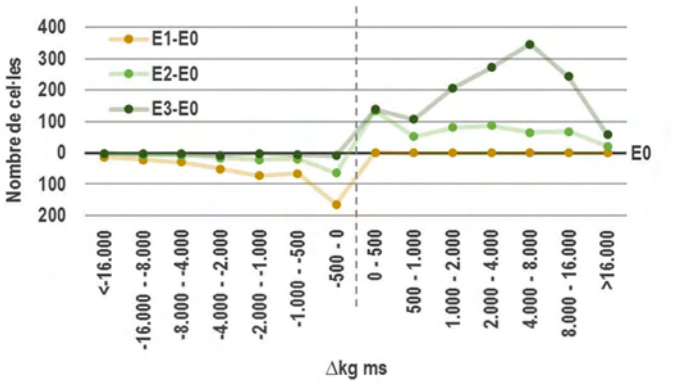
Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Distribució dels valors de producció agrícola en superfície (ha) respecte l'escenari E0



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Discussió

L'escenari actual de producció agrícola indica que hi ha un repartiment de les cel·les seguint una distribució bastant normal, amb uns valors mitjans entre 2.000 i 4.000 kg de matèria seca per hectàrea. En el mapa es pot comprovar com les zones amb major producció es troben al corredor i delta del Llobregat, malgrat existeixen altres focus rellevants de producció en altres àrees relativament planes com Montcada i Reixac però sobretot també en vessants com és el cas de Sant Climent i Torrelles de Llobregat o Castellbisbal.

Òbviament, en el primer escenari, el tendencial o E1, amb la reducció de superfície agrícola hi ha una disminució de la producció total, que decau en un 18% respecte la situació inicial, malgrat el canvi es troba força repartit territorialment, a excepció de la pèrdua del focus productiu a Montcada i Reixac i Cerdanyola. En canvi, l'augment posterior en els següents escenaris sí que s'observa amb força en els mapes dels resultats per cel·les dels escenaris, i a on hi ha un important increment de la producció agrícola d'un 32 i de fins a un 163% per als escenaris alternatiu E2 i potencial E3 respectivament.

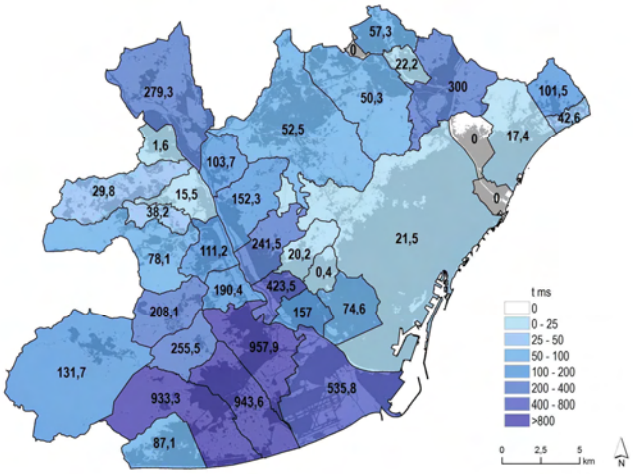
Si observem els mapes de diferències es pot comprovar com l'efecte de l'escenari tendencial E1 és estrictament negatiu per a la producció agrícola a on, més enllà dels focus ja anomenats, hi ha una caiguda rellevant de la producció en tot el corredor i Delta del Llobregat. Aquestes pèrdues es redueixen molt en els escenaris E2 i E3, revertint la tendència i augmentant molt la capacitat productiva sobretot en zones de vessant i de forma molt distribuïda en els espais oberts, a excepció de la zona més proximal al Massís del Garraf a Begues i una part central de la Serralada de Collserola.

A escala municipal, la contribució de Sant Boi de Llobregat, Viladecans, Gavà i el Prat de Llobregat, que ocupen tant sols el 17% de la superfície total, és d'un 51% de tota la producció. En l'escenari tendencial, Montcada i Reixac, que també és un dels principals aportadors de producció actuals, quedaria reduïda fins a tant sols el 9% de l'actual. En canvi, per a l'escenari E3, si bé són els mateixos municipis els que augmentarien una gran part de la producció, destaca especialment l'augment productiu de municipis com Castellbisbal, Montcada i Reixac i en general tots els municipis de l'eix del Llobregat.

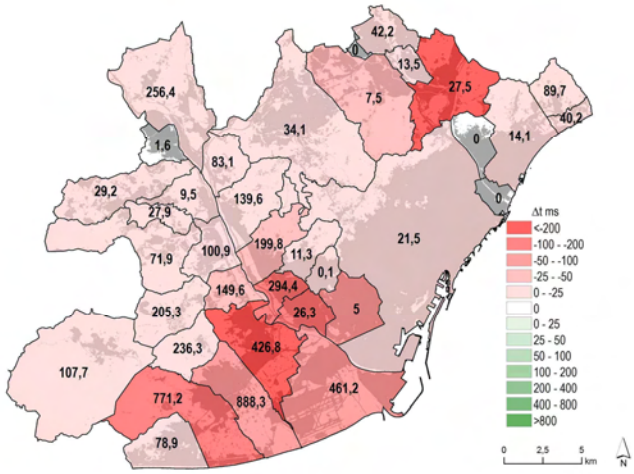
Resultats per municipis

E1C. Producció agrícola

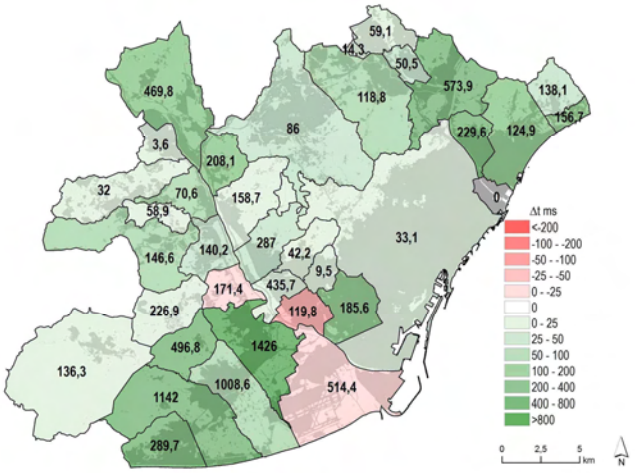
Escenari actual (E0)



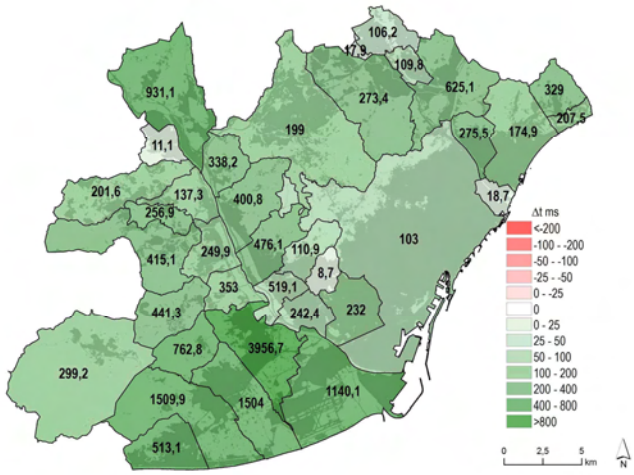
Diferència E1 - E0



Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Les etiquetes mostren el valor total de producció agrícola als municipis per als escenaris 0 al 3.

Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Conclusions

Dins del nou paradigma de la planificació territorial les funcions d'aprovisionament d'aliments són una de les múltiples contribucions dels espais oberts al conjunt del sistema metropolità. Malgrat la disminució de l'activitat agrícola a la metròpoli, aquestes funcions no deixen de ser rellevants. En total, a l'àrea metropolitana de Barcelona es produeixen unes 6.630 t de productes agrícoles calculats en termes de matèria seca. Això suposa poc més del 2% de les necessitats d'aliments a la metròpoli. Destaca que es produeixen més d'un 10% de les necessitats de verdura fresca, i es supera l'1% d'auto-abastament en la fruita i el vi. És clar que la funció d'aprovisionament no podrà ser satisfeta a nivell intern, tampoc amb els escenaris més ambiciosos com seria l'escenari potencial E3. Tanmateix, prioritzar aquells cultius i activitats agràries (a l'àrea però també a la regió metropolitanes) que, més enllà de servir d'aliment, maximitzen altres funcions i serveis dels espais oberts en el sistema metropolità seria doncs clau per a posar-los en valor.

L'escenari tendencial suposaria una caiguda del 27% de la producció agrícola a l'àrea metropolitana de Barcelona, dificultant encara més una interacció equilibrada entre els fluxos biofísics necessaris a la metròpoli i la contribució dels espais oberts per cobrir aquesta necessitat. En canvi, escenaris de recuperació agrícola com l'escenari alternatiu o el potencial, podrien inclús augmentar en més d'un 163% la producció total, amb alguns increments sobre les àrees ja especialitzades però sobretot recuperant certa agricultura de vessant que reforçaria els mosaics agro-forestals a l'àrea, amb tot el seu valor pels serveis ecosistèmics associats amb els que poden contribuir.

F1 Llocs de treball

Descripció

La dimensió de cohesió social es representa amb l'indicador principal F1 que són els llocs de treball. Caracteritza el potencial d'Unitats de Treball Agrari (UTA) completes que es requeririen als espais oberts de l'àrea metropolitana, el qual es pot aproximar a una mesura dels llocs de treball potencials en aquests. Així, els cultius i activitats agràries més intensives en llocs de treball s'identifiquen amb valors majors d'F1 mentre que aquelles activitats més extensives en treball (o més mecanitzades) tindran valors més baixos.

Metodologia

A través del seguiment de les comptabilitats realitzades per la Xarxa de Comptabilitat Agrària de Catalunya, s'estimen les jornades de treball requerides per unitat de superfície dels diversos cultius existents, així com de la ramaderia i de la silvicultura. Tanmateix, a nivell de les cel·les de 500 x 500 m només es calculen les UTA d'activitat agrícola, mentre que a nivell municipal si que s'inclouen també les activitats ramaderes i silvícoles estimades. És per això que s'observen diferències entre la intensitat dels valors de les cel·les i els valors mitjos municipals.

Fonts

Elaboració pròpia a partir del mapa de cobertes del sòl del CREAF (2015) i les bases de dades agràries sobre agricultura. Del DARPA s'usen les superfícies, rendiments i produccions dels conreus municipals per 2015 obtinguts de la DUN i del SIGPAC així com es fa ús del seguiment anual que es realitza d'explotacions agràries a nivell de Catalunya per part de l'AXAC.

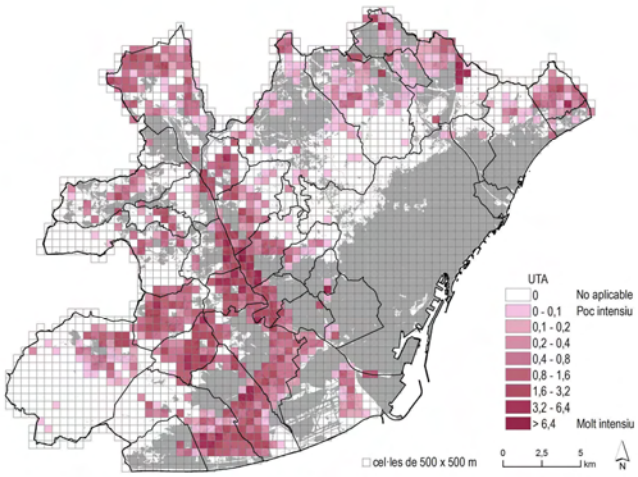
Bibliografia

1. Padró, R., Marco, I., Cattaneo, C., Caravaca, J., Tello, E. 2017. "Does Your Landscape Mirror What You Eat? Long-Term Socio-Metabolic Analysis of a Local Food System in the Vallès County (Spain, 1860-1956-2000)." In In Search of Sustainable Local Food Systems: Socio-Metabolic Perspectives, edited by Franková, E., Haas, W., and Singh, S.J. New York: Springer.

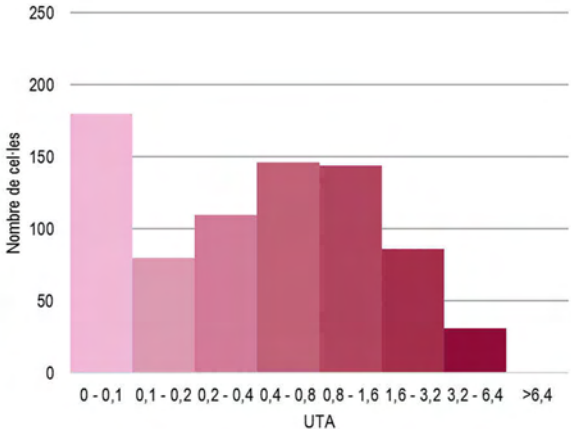
Resultats de l'escenari actual

F1. Llocs de treball

Escenari actual (E0)



Distribució de les cel·les

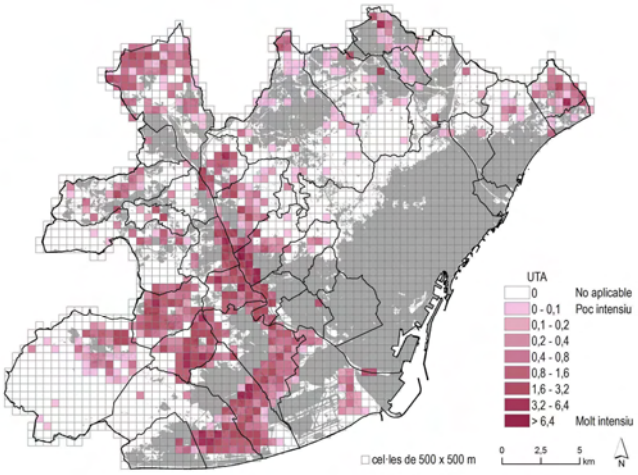


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

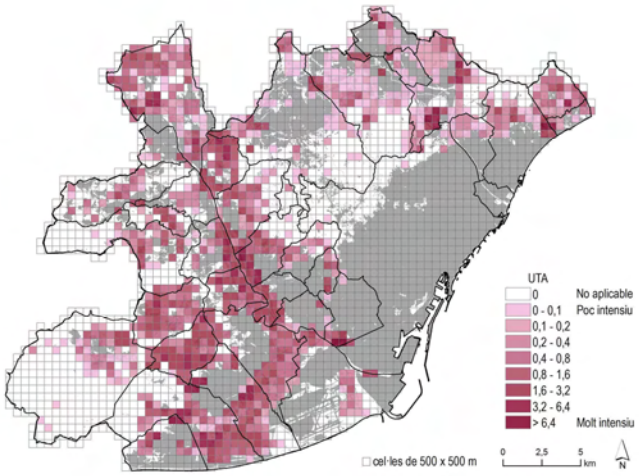
Resultats dels escenaris de planejament

F1. Llocs de treball

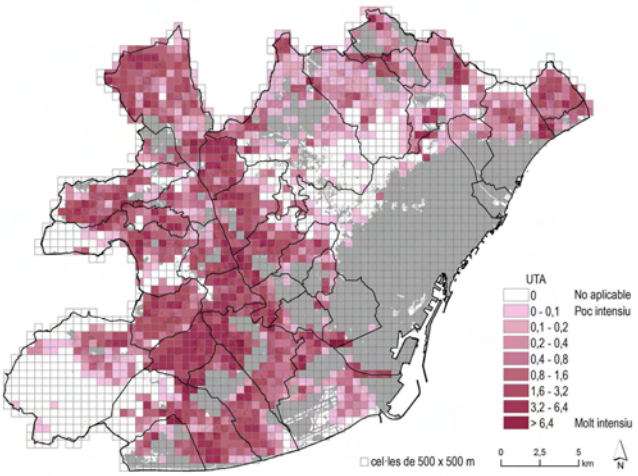
Escenari tendencial (E1)



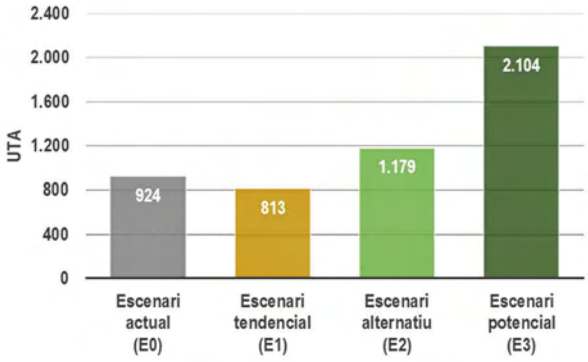
Escenari alternatiu (E2)



Escenari potencial (E3)



Llocs treball totals agraris associats (UTA) pels escenaris avaluats

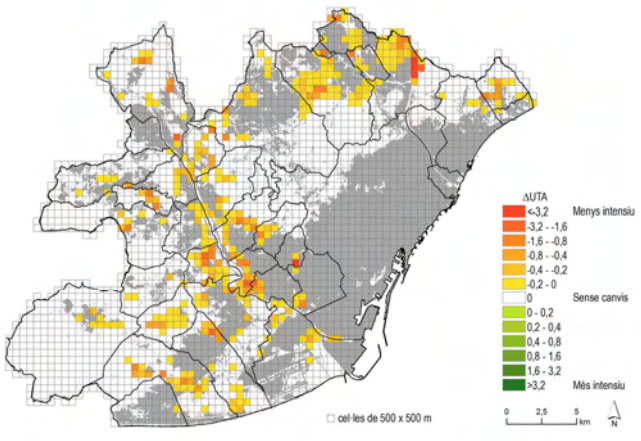


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

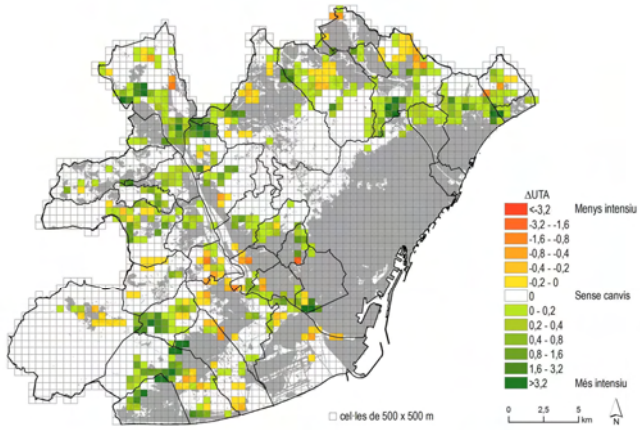
Resultats de les diferències entre escenaris

F1. Llocs de treball

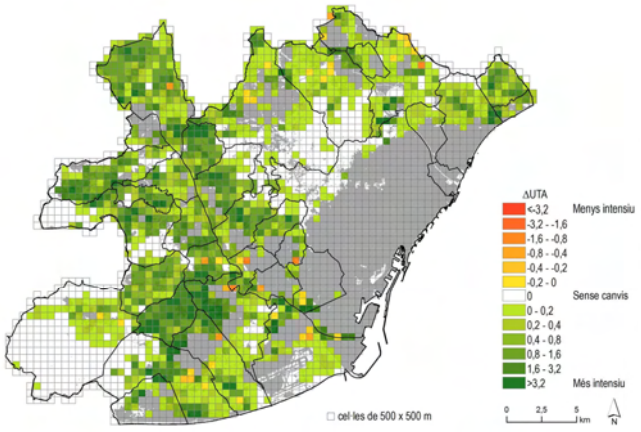
Diferència E1 - E0



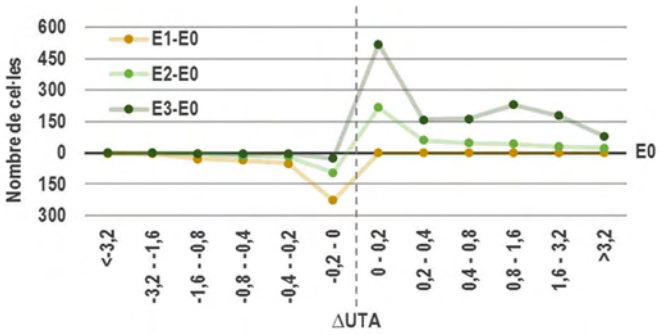
Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Distribució dels llocs de treball agrícoles en superfície (ha) respecte l'escenari E0



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Discussió

La situació de partida en quant a la distribució dels llocs de treball (estimats en UTA) del model actual d'agricultura mostra com les zones més intensives en treball són clarament les concentrades al Delta del Llobregat, però no és gens menyspreable el paper que Sant Climent i Torrelles de Llobregat juguen gràcies a la presència de cultius llenyosos fructícoles, així com també passa amb Castellbisbal. Malgrat existeix una superfície significativa de cultius poc intensius en treball, la mitjana per cel·la és de 0,9 UTAs.

Els canvis en l'escenari tendencial mostren la caiguda potencial de llocs de treball en les activitats agràries sobre un 12% respecte la situació actual (incloent-hi la ramaderia i la silvicultura). En canvi, malgrat s'observa un fort increment del 28 i fins al 127% del treball total requerit en els escenaris alternatiu E2 i potencial E3 respectivament, aquests increments estan per sota del 41 i 143% d'augment de la superfície de conreu entre l'escenari E0 i aquests.

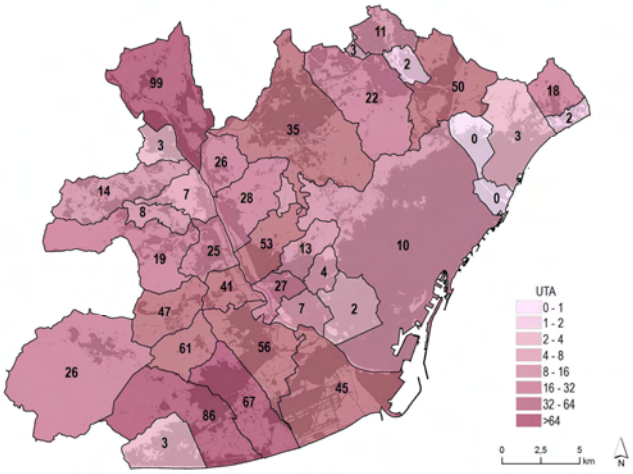
Si s'observen doncs les diferències entre escenaris a nivell de cel·la, es pot veure com la major part d'increments de la superfície agrícola és en aquelles categories d'intensitat de treball més baixes, amb l'excepció de municipis com Sant Climent i Sant Boi de Llobregat sobretot. El mateix efecte s'observa però en l'escenari tendencial E1 respecte la situació actual, i és que malgrat disminueixi la superfície agrícola en un 22%, els canvis sobre la quantitat total de treball és d'un 12%.

Agregant els resultats a escala municipal, destaca el municipi de Castellbisbal. En aquest però, el 53% del treball estimat actual radica en la ramaderia, i no l'agricultura. Malgrat això, s'observa com continuaria essent el municipi amb una major contribució de tota l'àrea metropolitana, ascendint fins als 211 llocs de treball incrementant la seva superfície agrícola. De l'escenari tendencial destaquen els impactes negatius sobre Montcada i Reixac però també a Gavà i de forma menys pronunciada a tots els municipis de l'àrea. Les millores potencials de l'escenari alternatiu E2 es concentren inicialment als municipis del quadrant sud-oest del Delta i a la franja superior entre Castellbisbal i Badalona. I finalment es pot veure com tots els municipis sense excepció podrien millorar l'oferta de treball agrari en un escenari com el potencial E3.

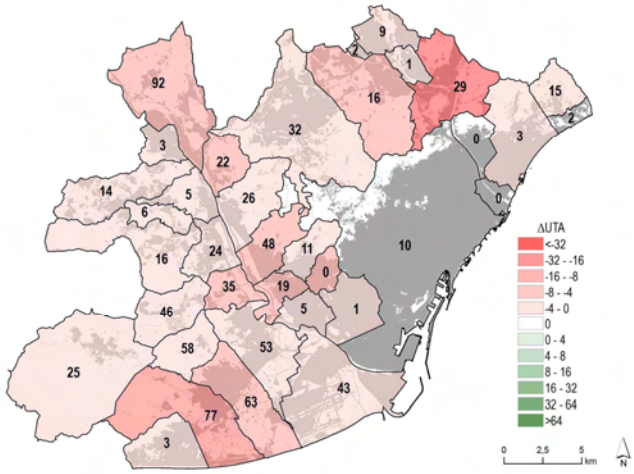
Resultats per municipis

F1. Llocs de treball

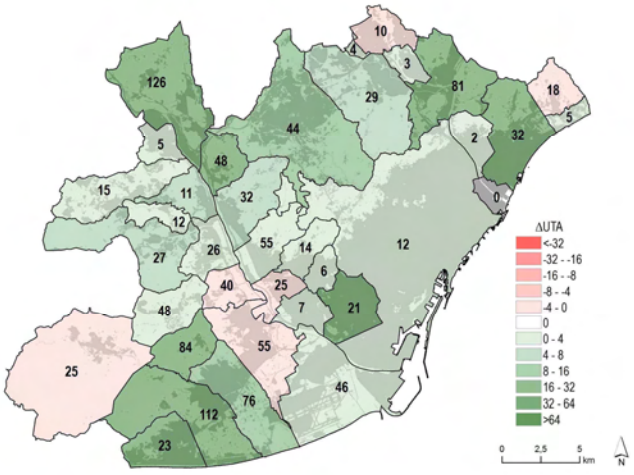
Escenari actual (E0)



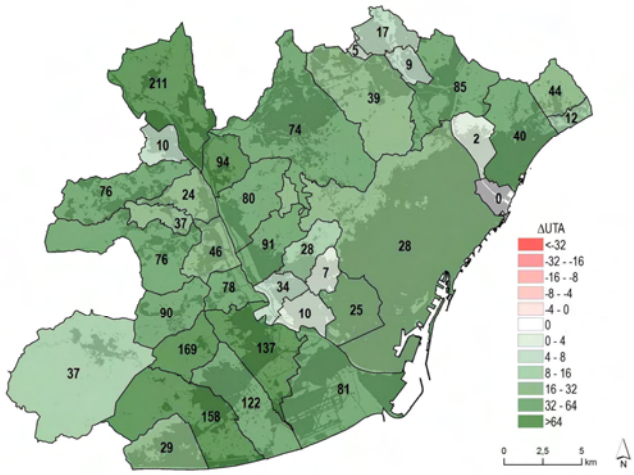
Diferència E1 - E0



Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Les etiquetes mostren el valor total de llocs de treball agrari als municipis per als escenaris 0 al 3.

Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Conclusions

En l'actualitat es calcula que l'activitat agrària genera poc més de 900 llocs de treballs complets (UTA), els quals estan tots lligats al territori però a on especialment l'agricultura (el 70% d'aquests llocs de treball) té un potencial important de desenvolupament. Així com l'efecte de l'escenari tendencial seria el de reduir en un 12% els requeriments totals, s'observa com una expansió de l'agricultura seria segurament positiva en termes de lloc de treball, els quals però no creixerien tant com ho hauria de fer la superfície. Això és perquè les àrees de major intensitat de cultiu ja es troben actives o bé han estat construïdes. A la vegada, les possibles limitacions a l'accés a recursos hídrics pot fer que sigui estratègic desenvolupar noves superfícies de secà.

Tot plegat podria arribar permetre uns increments del 28 al 127% de l'activitat agrària gràcies a l'augment de superfície agrícola. A això però caldria sumar-hi el potencial benefici d'augmentar l'activitat silvícola en determinades zones, reduint així l'acumulació de biomassa i el risc d'incendis i permetent un cert aprovisionament de combustibles en un sector que es troba a l'alça. El canvi substancial però vindria per una revisió del model d'activitat agrària, recuperant una ramaderia extensiva i unes activitats agrícoles amb caràcter ecològic o agroecològic, les quals són molt menys intensives en la incorporació de productes de l'exterior i més intensives en treball.

4. Indicadors secundaris

C3 Connectivitat ecològica

Descripció

La dimensió de funcionament del paisatge inclou un indicador secundari C3 que és la connectivitat eco-paisatgística i es mesura mitjançant l'Índex de Connectivitat Ecològica[1]. Es tracta d'un atribut funcional bàsic de la matriu territorial. Avalua les relacions potencials entre àrees ecològiques funcionals, considerant tant l'afinitat entre cobertes del sòl com l'efecte que tenen les barreres antropogèniques (àrees urbanes i infraestructures de transport). Així, valors elevats de C3 corresponen a una alta connectivitat ecològica.

Metodologia

L'índex de connectivitat ecològica de la matriu territorial (que es representa com a ICEa) es basa en la definició d'àrees ecològiques funcionals (AEF), i en un model de distàncies de costs de desplaçament que mesura la connectivitat entre AEF a través d'una matriu territorial d'impedàncies definida al seu torn per una matriu d'afinitat de cobertes del sòl i una matriu d'afectació de les barreres antropogèniques. Es consideren AEF simples que venen determinades per una àrea mínima que varia en funció de la tipologia, i una AEF complexa que consisteix en un mosaic conformat per les tipologies anteriors. Les superfícies mínimes per a les AEF de bosc i matollar són de 100 ha, 50 ha per al conreu i 75 ha per al mosaic paisatgístic.

Aquestes AEF es veuen afectades per un índex de barreres, on es consideren àrees urbanes (compactes i laxes) i diferents tipologies d'infraestructures viàries i ferroviàries. En funció de l'impacte que tenen les barreres antropogèniques es consideren diferents pesos per elaborar l'índex, amb un valor diferent per àrees urbanes compactes, àrees urbanes laxes, autopistes i autovies, vies preferents, vies convencionals i altres vies. L'afinitat entre els diferents hàbitats de la matriu territorial, és el darrer element que es considera per construir l'ICEa.

Així, el valor d'ICEa s'obté a partir de la informació de la connectivitat de cada AEF (ICEb), tal i com es mostra a la fórmula.

$$ICE_a = \sum_{m=1}^{m=4} ICE_b/m$$

Sigui m el nombre d'AEF (que en aquest cas són 4). Aquest ICEb de cada AEF es calcula per a cada píxel territorial (amb una resolució de 5x5 m) segons es mostra a la fórmula següent:

$$ICE_b = 10 - 9\left(Ln(1+x_i)/Ln(1+x_t)\right)^3$$

A on x_t és el valor màxim teòric del model de distància de costos, calculat per classe d'AEF i x_i el valor que pren el píxel segons l'afinitat respecte als hàbitats adjacents (x_a) i l'afectació de les barreres antropogèniques en l'espai circumdant (x_b).

Per tal de no generar biaixos degut a l'efecte vora en els límits de l'àrea metropolitana i tenir en compte els processos ecològics que interactuen amb l'exterior, s'ha avaluat l'índex també en les àrees circumdants a la metròpoli. Per a tal fi s'ha utilitzat tant el mapa de cobertes de l'any 2015 existent per la metròpoli com el mapa de cobertes de 2009 per tota la regió metropolitana. Igualment, s'han considerat les infraestructures de transport (viàries i ferroviàries) a la metròpoli i la regió de Barcelona.

Fonts

Elaboració pròpia a partir del mapa de cobertes del sòl del CREAF (2015) de l'Àrea Metropolitana de Barcelona i el mapa de cobertes del sòl també del CREAF (2009) per a la Regió Metropolitana de Barcelona.

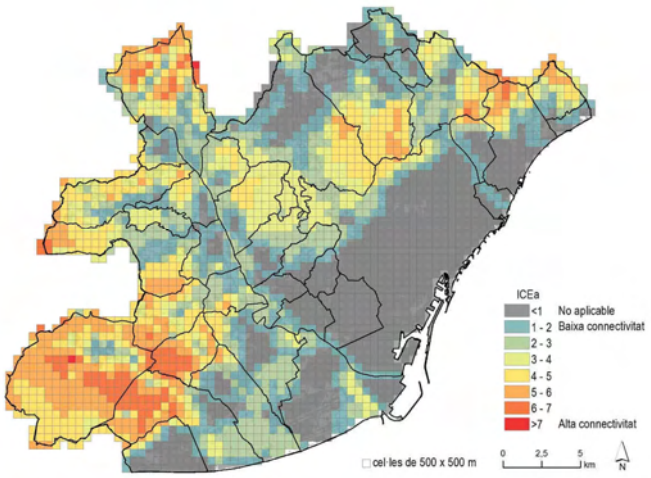
Bibliografia

1. Marull, J. and Mallarach, J.M. 2005. "A GIS Methodology for Assessing Ecological Connectivity: Application to the Barcelona Metropolitan Area." Landscape and Urban Planning 71 (2–4): 243–62. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.03.007.

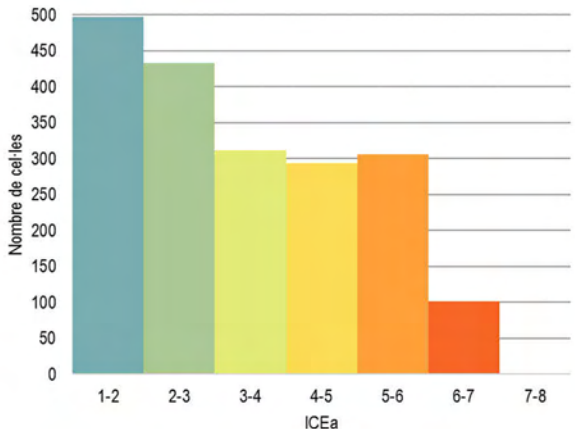
Resultats de l'escenari actual

C3. Connectivitat ecològica

Escenari actual (E0)



Distribució de les cel·les

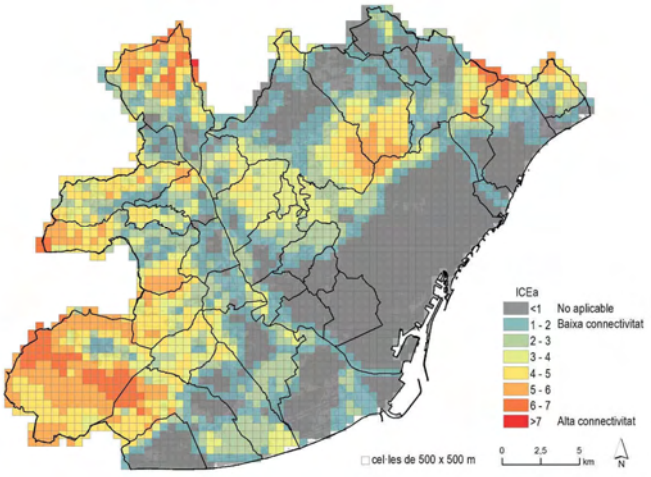


Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

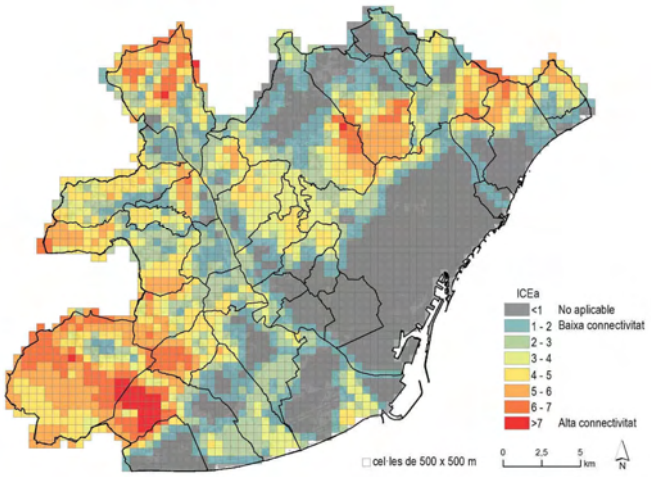
Resultats dels escenaris de planejament

C3. Connectivitat ecològica

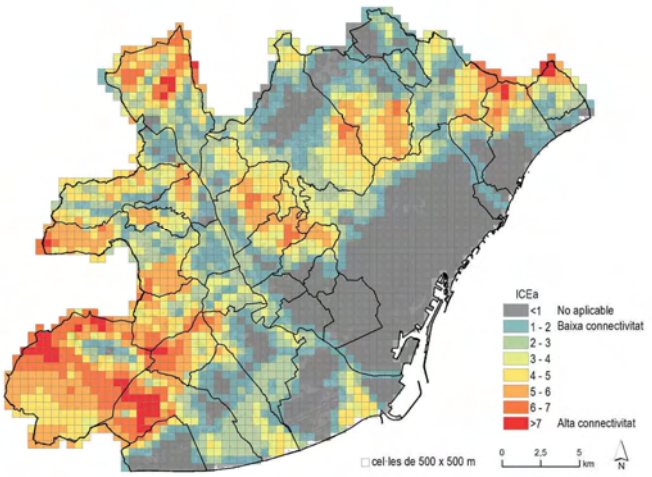
Escenari tendencial (E1)



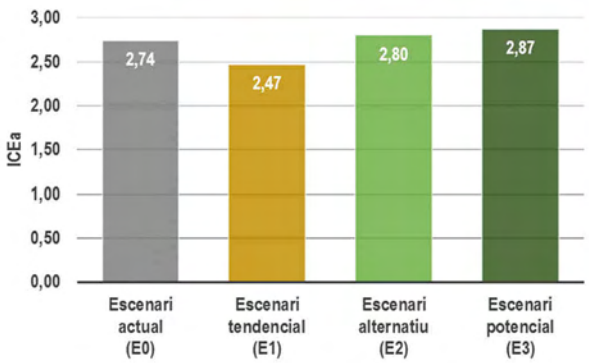
Escenari alternatiu (E2)



Escenari potencial (E3)



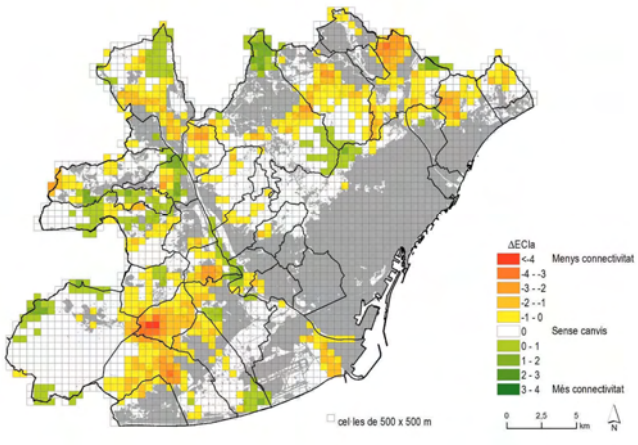
Valor mitjà de connectivitat ecològica pels escenaris avaluats



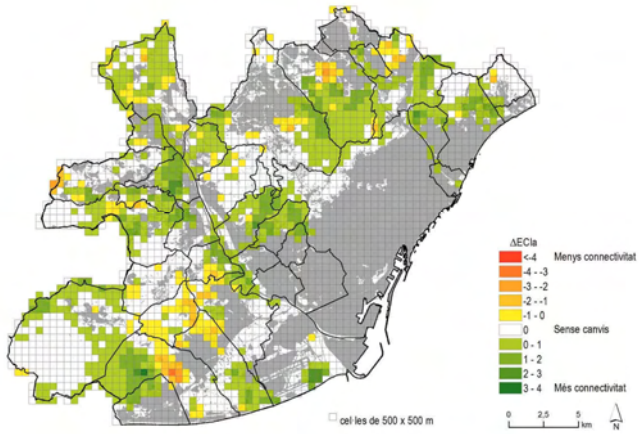
Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Resultats de les diferències entre escenaris

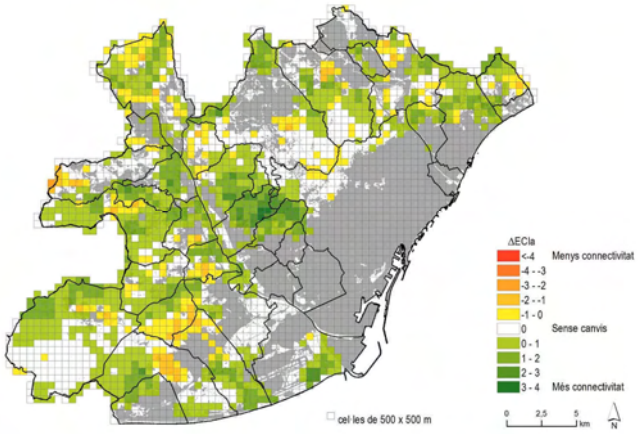
Diferència E1 - E0



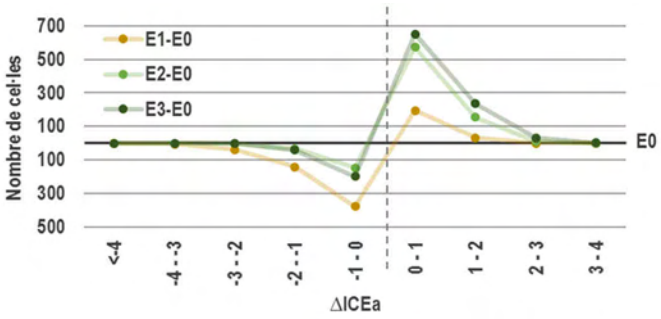
Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Distribució dels valors de connectivitat ecològica en superfície (ha) respecte l'escenari E0



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Discussió

L'índex de connectivitat ecològica a l'àrea metropolitana mostra en la seva mitjana un valor de connectivitat relativament baix en l'actualitat (2,74) però visualitza determinades àrees molt rellevants per a aquest atribut funcional del paisatge, com són el cas de l'àrea proximal al Massís del Garraf i la de la Serralada de Marina, així com al nord de Castellbisbal. Per contra, si bé la Serralada de Collserola presenta valors elevats, aquests no ho són tant com la resta d'espais protegits.

En l'escenari tendencial E1 s'observa com aquestes àrees de major connectivitat es veuen afectades, fet que disminueix el valor conjunt de l'àrea metropolitana de Barcelona en un 10%. En canvi, l'augment de la superfície agrícola i la renúncia a determinades infraestructures de l'escenari alternatiu E2 i potencial E3 suposaria millores a tots els espais oberts que més que compensarien les noves actuacions d'espai construït, arribant al cas de l'escenari potencial a fer un augment del 5% de l'índex de connectivitat ecològica.

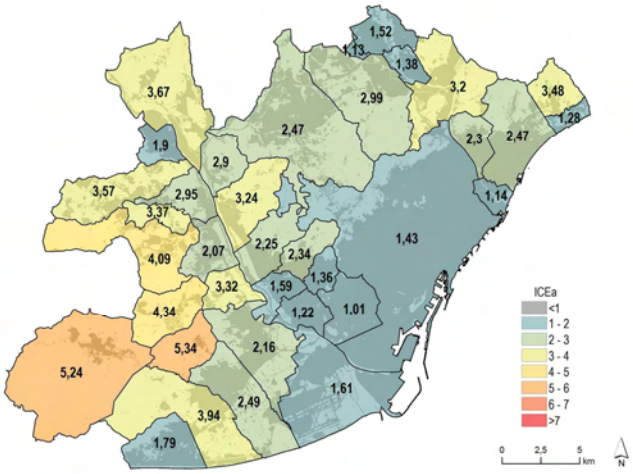
Si mirem les diferències, aquestes són molt acusades en la frontera entre els vessants proximals al Massís del Garraf i el Delta del Llobregat, però també s'observa una franja de menor impacte però molt extensa que uniria Castellbisbal i Tiana, a on les diferències relatives sobre l'índex de connectivitat ecològica arriben en alguns punts a valors de -4. Per altra banda, els territoris més beneficiats per l'escenari alternatiu E2 és la Serralada de Collserola, tant al nord-est com al sud-oest, així com es veuen canvis distribuïts per tota l'àrea metropolitana. Finalment l'escenari potencial E3 mostra com més enllà de les millores ja observades a l'escenari E2, hi ha una potencial millora molt important de la connectivitat a molts dels municipis de l'eix esquerre del Llobregat, amb especial incidència prop del Massís del Garraf i a la Serra de l'Ordal.

A escala municipal destaca que en l'actualitat 13 municipis prenen valors per sota de 2. Per contra, tant sols Sant Climent de Llobregat, Begues, Torrelles de Llobregat i Cervelló, tenen valors superiors a 4. Entre aquests, la caiguda més important observada en l'escenari E1 és precisament a Sant Climent, però també és particularment rellevant a Santa Coloma de Cervelló, Montcada i Reixac, Pallejà i Badalona. En l'escenari alternatiu E2, la millora és generalitzada a excepció de gran part dels municipis de l'eix esquerre del Llobregat, així com de Tiana i Montgat. En canvi, en l'escenari E3, molts d'aquests valors es reverteixen i torna a aparèixer un lleuger empitjorament de les condicions a Montcada i Reixac i Santa Coloma de Gramenet.

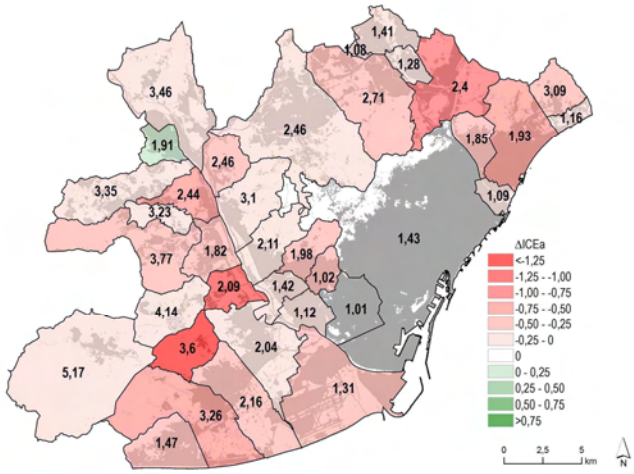
Resultats per municipis

C3. Connectivitat ecològica

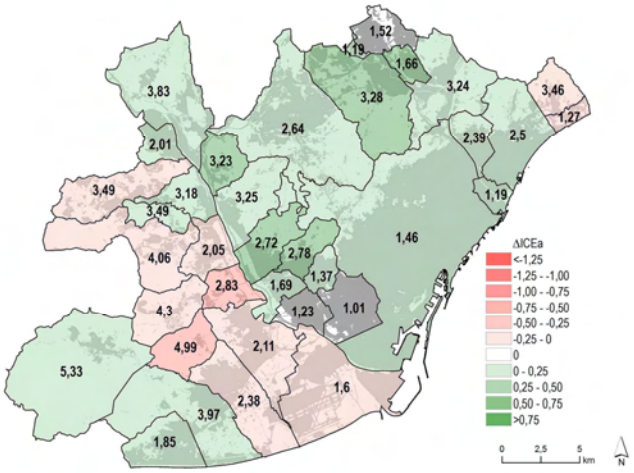
Escenari actual (E0)



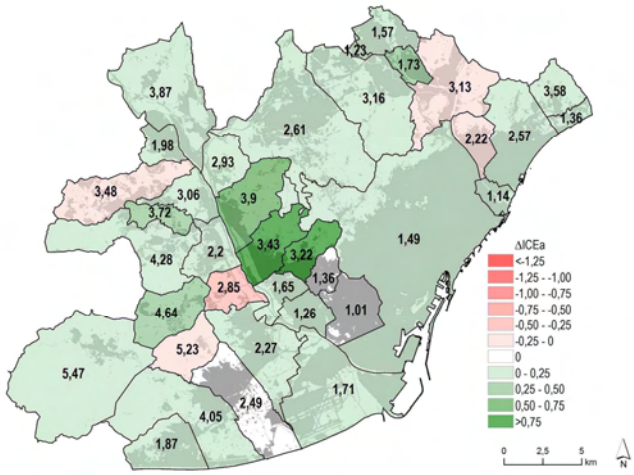
Diferència E1 - E0



Diferència E2 - E0



Diferència E3 - E0



Les etiquetes mostren el valor mig d'ICEa als municipis per als escenaris 0 al 3.

Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

Conclusions

L'indicador de connectivitat ecològica és un atribut essencial de la funcionalitat ecològica del paisatge. A l'àrea metropolitana de Barcelona destaca la poca connectivitat entre àrees ecològiques funcionals. La Serralada de Collserola gairebé queda aïllada de la resta del territori, alhora que els corredors ecològics associats als cursos fluvials estan molt debilitats per l'efecte de les infraestructures i l'àrea urbanitzada. Un planejament sostenible hauria de corregir aquesta situació.

És particularment important observar que el planejament actual, segons l'escenari tendencial E1, suposaria un empitjorament d'aquelles àrees que ara mateix gaudeixen dels nivells més elevats de connectivitat. En canvi, un nou planejament alternatiu E2, i un encara millor planejament potencial E3 podrien compensar i inclús millorar les condicions de connectivitat ecològica actuals, amb un increment de connectivitat dels espais que ja tenen valors força elevats en l'actualitat i una important millora de la connectivitat ecològica de la Serralada de Collserola amb la resta de matriu territorial.

El model de connectivitat ecològica emprat en aquest estudi s'ha utilitzat en diverses àrees metropolitanes a nivell internacional demostrant la seva utilitat pràctica en l'avaluació d'escenaris de planejament urbanístic i territorial, identificant àrees estratègiques i crítiques per la connectivitat que cal tenir en compte per atenuar el seu impacte i/o proposar mesures de restauració.

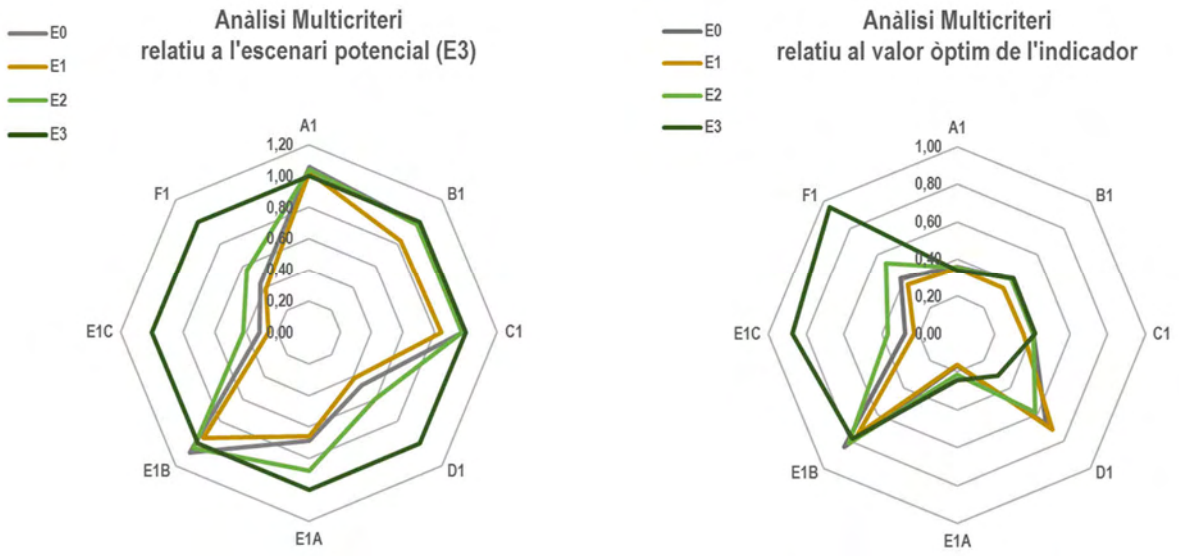
5. Anàlisi multicriteri

Amb l'objectiu de facilitar la presa de decisions des d'una perspectiva multicriteri, tenint en compte les diverses dimensions en les que afecta el planejament urbanístic i territorial al funcionament i la contribució dels espais oberts en el sistema metropolità, s'ha elaborat una visualització conjunta dels resultats dels diversos escenaris. Donat que cadascun dels valors mitjans dels 8 indicadors principals obtinguts té una unitat de mesura diferent, és necessari relativitzar-los per a facilitar la comprensió del seu comportament segons els escenaris.

Així doncs, aquesta visualització es presenta amb dues perspectives diferents. En primer lloc s'indica quin és el valor de cadascun dels escenaris en relació a l'escenari potencial E3, donat que és aquell en el qual els espais oberts ocupen un major espai i es recupera el màxim d'agricultura que tingué l'àrea metropolitana l'any 1956. Aquesta comparativa doncs, degut al fet que enguany els escenaris de desenvolupament són teòrics fixant els màxims factibles d'oscil·lació del model mantenint el model d'agricultura convencional (per a una posterior avaluació dels escenaris alternatius del PDU), permet veure quina seria la contribució dels espais oberts dels escenaris E0 (actual), E1 (tendencial) i E2 (alternatiu) respecte E3 (potencial).

La segona forma de visualització, parteix de la comparativa dels valors mitjans dels 4 escenaris respecte els valors teòrics fixats per mitjà del coneixement dels resultats que s'estima que es podrien obtenir en l'àrea d'estudi (valors màxims i mínims dels escenaris avaluats). En el cas dels indicadors que prenen valors relatius (eficiència energètica A1, integració energia-paisatge B1, complexitat paisatgística C1 i recirculació de nutrients E1A), el valor màxim és el valor que pren la cel·la (500 x 500 m) que té una situació més avantatjosa en termes de l'indicador en qualsevol dels quatre escenaris. En el cas dels indicadors que prenen un valor absolut (emissions de gasos d'efecte hivernacle D1, embornal de carboni E1B, producció agrària E1C i llocs de treball F1), el valor màxim de referència s'obté d'una estimació de quin seria el valor màxim agregat que es podria obtenir a nivell de l'àrea metropolitana.

Figura 4. Anàlisi multicriteri relatiu a l'escenari potencial i relatiu al valor òptim de l'indicador



Font: Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona.

On A1 és l'eficiència energètica, B1 la integració energia – paisatge, C1 la complexitat paisatgística, D1 les emissions d'efecte hivernacle, E1A la recirculació de nutrients, E1B l'embornal de carboni, E1C la producció agrícola i F1 els llocs de treball.

L'escenari tendencial E1 mostra una davallada en tots els indicadors, important en la majoria, a excepció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (D1), que augmenten. Aquest darrer efecte és lògic des del punt de vista de l'anàlisi de les emissions només a escala metropolitana. Però si s'observés també les emissions derivades de la producció i importació de productes agraris necessaris per al subsistema urbà, hi hauria un clar increment (encara superior als altres escenaris) de les emissions totals per una major dependència en les importacions d'aliments i altres productes agraris de l'exterior de l'àrea metropolitana.

Com es desprèn de la figura 4, l'escenari alternatiu E2, ja suposaria millores en les dimensions de producció agrària total (E1C), recirculació de nutrients (E1A) i generaria llocs de treball en l'àmbit agrari (F1), limitant molt la caiguda en la integració energia-paisatge (B1), la complexitat paisatgística i l'embornal de carboni (E1B) respecte l'escenari tendencial E1. A la vegada, això suposaria un augment de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (D1) i una lleugera caiguda de l'indicador d'eficiència energètica de l'agricultura (A1).

Finalment, l'escenari E3 (veure figura 4) és el més favorable en 5 dels 8 indicadors, amb unes grans diferències respecte la resta d'escenaris pel què fa a producció total agrària (E1C) i llocs de treball associats (F1), però també amb valors superiors a la resta en recirculació de nutrients (E1A), i lleugerament per sobre de l'escenari actual en la integració energia-paisatge (B1) i la complexitat paisatgística (C1). Tanmateix s'observa una petita davallada en l'embornal de carboni (E1B), en l'eficiència energètica de l'agricultura (A1) i un augment molt important en les emissions de gasos d'efecte hivernacle (D1).

6. Conclusions

A continuació es presenten les conclusions de la primera aplicació del model sòcio-ecològic dels espais oberts, i s'apunten alguns factors estratègics per la planificació del territori, per a la situació actual i tres escenaris teòrics de planejament que contemplen canvis sobre la matriu territorial mantenint però el model metabòlic-territorial convencional. Aquesta Anàlisi Sòcio-ecològica Integrada (ASI) permet avaluar els escenaris de planejament, mitjançant diversos indicadors, així com fer-ne una anàlisi multicriteri agregada, les conclusions de les quals es presenten a continuació.

A. Eficiència Metabòlica

A1. Eficiència energètica de l'agricultura metropolitana

En termes generals s'observa com el model d'agricultura intensiva actual presenta uns nivells d'eficiència energètica molt baixos, sobretot en aquelles àrees de cultiu en zones de regadiu a les planes però també en els vessants de l'eix del Llobregat. Es manté el model d'agricultura depenent en grans importacions d'inputs externs. Els canvis en el nivell d'eficiència mitjana reflecteixen bàsicament les diferències en la distribució d'àrees de major eficiència i les de menor i no tant la capacitat del sistema per disminuir les dependències externes.

Tot i això, inclús mantenint el model basat en inputs externs es poden observar certs efectes que sí que provenen d'aquesta major integració entre ramaderia i agricultura que implica una reducció en les dependències externes. Així doncs, en una transició cap a un model d'agricultura ecològica o agroecològica, aquests valors es veurien incrementats notablement seguint estratègies tecnològiques de major recirculació de fluxos d'energia i materials dins el sistema metropolità i, fins i tot, regional.

B. Conservació de la biodiversitat

B1. Integració energia – paisatge

Estudis recents demostren que la dimensió de conservació de la biodiversitat en paisatges culturals en regions mediterrànies es pot calcular mitjançant la interacció entre l'energia disponible per les cadenes tròfiques i la complexitat del paisatge (mosaics heterogenis i ben connectats). Una proposta d'espais oberts metropolitana hauria d'incloure doncs les unitats del paisatge que recullen aquestes característiques.

En la situació actual destaquen les bones condicions d'alguns paisatges culturals encara presents a les proximitats del Massís del Garraf, com de manera menys extensa en la zona proximal a la Serralada de Marina o la franja oest de la Serralada de Collserola, a on encara persisteix un cert patró d'usos en forma de mosaics agro-forestals.

Així mateix, l'indicador mostra una sensibilitat important als diferents escenaris de planejament analitzats. En l'escenari tendencial E1 les àrees més afectades es concentren a la regió de l'àrea metropolitana del Vallès Occidental i els vessants d'aproximació al Massís del Garraf. S'observen punts crítics a Gavà i la franja sud de Castellbisbal i el municipi del Papiol. Per altra banda, un augment de la superfície agrícola com la plantejada als escenaris E2 i E3 podria compensar aquest efecte negatiu del planejament urbanístic vigent en zones puntuals, amb unes millores modestes de l'indicador però que tindrien una extensió molt elevada. Aquest efecte és especialment important en els municipis de la serra de l'Ordal i la Serra de Collserola per a l'escenari potencial E3.

Aquestes millores encara podrien ser molt superiors amb una substitució dels inputs no renovables per inputs renovables, fomentant un funcionament més circular dels fluxos als espais agraris i incrementant així l'efecte positiu dels mosaics agro-forestals.

C. Funcionament del paisatge

C1. Complexitat paisatgística

L'indicador de complexitat paisatgística mostra com a l'àrea metropolitana de Barcelona encara es poden trobar paisatges en mosaic que cal preservar i fins i tot reforçar degut a la seva contribució en el manteniment de la biodiversitat i serveis ecosistèmics associats, el què demanaria la seva delimitació i consideració en el planejament metropolità.

Entre aquestes àrees destaca la franja situada en la zona proximal al Massís del Garraf així com la del nord de Castellbisbal i una petita franja situada prop de la Serralada de Marina. Totes tres es veurien afectades per l'escenari tendencial E1, que suposaria una caiguda general de la complexitat paisatgística a l'àrea, que es reflexa en un 13% de baixada de l'indicador.

Aquest efecte generalitzat però podria ser compensat amb una recuperació de la superfície agrícola imbricada als espais oberts en forma de mosaics agro-forestals que tenen un desenvolupament potencial important sobretot a la franja oest de la Serralada de Collserola, així com a l'altra banda del riu Llobregat, a la Serra de l'Ordal. Per contra, aquells municipis a on l'increment de superfície agrícola es dóna sobre zones que actualment ja tenen una part important de cultiu, especialment els del Delta del Llobregat, els nous

cultius suposarien un cert efecte d'homogeneïtzació de les cobertes presents i per tant de reducció de la complexitat paisatgística. Existeix doncs un compromís entre l'augment de superfície agrícola i l'heterogeneïtat dels paisatges resultants, que cal tenir en compte a l'hora de prendre decisions sobre el planejament dels espais oberts.

D. Canvi global

D1. Emissions de gasos d'efecte hivernacle*

Aquest indicador D1 és una primera aproximació a les emissions de gasos d'efecte hivernacle, que haurà de ser millorada en futurs desenvolupaments. Destaquen en l'actualitat Gavà i Castelldefels per tenir els sistemes agraris més intensius, que juntament amb El Prat i Sant Boi de Llobregat agrupen el 51% de les entrades externes de l'àrea metropolitana.

El model permet identificar com els augments puntuals de les emissions en noves zones agrícoles poden fer baixar les emissions totals en altres àrees del municipi per l'efecte compensador de tenir un major grau d'integració territorial dels fluxos metabòlics, doncs impliquen menor dependència en la importació d'entrades externes al sistema d'espais oberts. En aquest sentit, un planejament territorial que integrés l'activitat agrària i la ramadera de l'àrea metropolitana de Barcelona, permetria reduir la dependència als inputs externs i, de forma indirecta, les emissions derivades de gasos d'efecte hivernacle, contemplant tant els efectes locals com els globals.

Finalment, apuntar que aquests augments lògics en les emissions totals que es poden observar en els escenaris alternatiu E2 i potencial E3, si bé incrementarien el volum d'emissions dels sistemes productius metropolitans, podrien permetre la reducció del volum d'emissions si s'incorporés la perspectiva del consum metropolità (relació entre producció i consum), al disposar d'un major grau d'autosuficiència i satisfacció de necessitats metropolitanes, que reduiria les importacions des de l'exterior a aquesta.

E. Serveis ecosistèmics

E1A. Recirculació de nutrients

L'indicador E1A mesura, a través del balanç de nutrients, quina és la quantitat de fòsfor que prové de l'exterior de cada municipi i cultiu. Els resultats mostren una capacitat molt escassa de l'AMB per fer front al tancament d'aquest cicle de nutrients, fonamental al ser el més limitant de tots els macronutrients (nitrogen, fòsfor i potassi). El nivell mig d'autosuficiència és tant sols de 11.7% en l'actualitat. Una situació

que es veuria poc afectada per l'escenari tendencial E1 però molt millorada en els escenaris alternatiu E2 i potencial E3.

L'element clau en aquest indicador és quin és el grau d'equilibri existent entre la ramaderia i l'agricultura així com quin és el model de gestió d'aquestes, ja que si es treballa per permetre el tancament dels cicles metabòlics a escala de paisatge, hi ha molt recorregut a fer. Aquest és doncs un indicador que es veuria molt afavorit amb un model de gestió dels espais agraris que prengui un caràcter ecològic o inclús agroecològic, doncs l'esquerda metabòlica a tancar amb els territoris externs és del 88,3% en l'actualitat, un 83% en l'escenari més favorable.

Una major racionalitat en l'ús dels nutrients i l'equilibri entre els diferents macronutrients així com les seves fonts d'origen és també fonamental no sols pel correcte desenvolupament vegetatiu de l'agricultura, sinó també per evitar processos de contaminació per nitrats o processos de degradació de la fertilitat física, biològica i química dels sòls.

E1B. Embornal de carboni

L'embornal de carboni mesura la quantitat de carboni orgànic que es troba emmagatzemat als espais oberts. Aquest indicador pretén mostrar l'impacte que tindrien, en forma d'emissions degut al canvi d'usos del sòl, els diferents escenaris de planejament. Així, cal remarcar el paper que la Serra de Collserola, i específicament les zones més forestals, juguen en l'embornal total de l'àrea metropolitana.

Un nou planejament que suposi la intervenció sobre àrees forestals, a mig termini suposarà la pèrdua de part d'aquesta embornal. Tanmateix, això pot ser compensat parcialment també amb un canvi en el maneig dels sòls en els espais oberts que es fa a l'àrea metropolitana de Barcelona. Cal comptar que si bé els boscos són claus en aquesta embornal per la seva coberta, més del 55% del carboni total a l'àrea metropolitana s'estima que es troba als sòls. I que la diferència mitjana entre els sòls forestals i els sòls agrícoles no és tant gran (essent el rang màxim existent entre les 40 t de C/ha en els sòls de certs cultius i les 68 t de C/ha en els boscs d'alzina). Es tracta doncs de desenvolupar activitats agrícoles més integrades amb la ramaderia, d'una forma racional i incrementant progressivament el contingut en carboni dels sòls. Cal establir un equilibri entre aquest servei ecosistèmic clau a mantenir i els costos d'oportunitat que suposaria la no intervenció i recuperació d'espais agrícoles per a la resta de funcions dels espais oberts en el sistema metropolità.

E1C. Producció agrària

Dins del nou paradigma de la planificació territorial les funcions d'aprovisionament d'aliments són una de les múltiples contribucions dels espais oberts al conjunt del sistema metropolità. Malgrat la disminució de l'activitat agrícola a la metròpoli, aquestes funcions no deixen de ser rellevants. En total, a l'àrea metropolitana de Barcelona es produeixen unes 5.550 t de productes agrícoles calculats en termes de matèria seca. Això suposa poc menys del 0.5% de les necessitats d'aliments a la metròpoli. Actualment s'estan produint més d'un 2% de les necessitats de fruita i verdura fresca, i també es pot mantenir una petita part de la ramaderia necessària per a l'alimentació. És clar que la funció d'aprovisionament no podrà ser satisfeta a nivell intern, tampoc amb els escenaris més ambiciosos com seria l'escenari potencial E3. Tanmateix, prioritzar aquells cultius i activitats agràries (a l'àrea però també a la regió metropolitanes) que, més enllà de servir d'aliment, maximitzen altres funcions i serveis dels espais oberts en el sistema metropolità seria doncs clau per a posar-los en valor.

L'escenari tendencial suposaria una caiguda del 18% de la producció agrícola a l'àrea metropolitana de Barcelona, dificultant encara més una interacció equilibrada entre els fluxos biofísics necessaris a la metròpoli i la contribució dels espais oberts per cobrir aquesta necessitat. En canvi, escenaris de recuperació agrícola com l'escenari alternatiu o el potencial, podrien inclús augmentar en més d'un 163% la producció total, amb alguns increments sobre les àrees ja especialitzades però sobretot recuperant certa agricultura de vessant que reforçaria els mosaics agro-forestals a l'àrea, amb tot el seu valor pels serveis ecosistèmics associats amb els que poden contribuir.

F. Cohesió social

F1. Llocs de treball

En l'actualitat es calcula que l'activitat agrària genera poc més de 900 llocs de treballs complets (UTA), els quals estan tots lligats al territori però a on especialment l'agricultura (el 70% d'aquests llocs de treball) té un potencial important de desenvolupament. Així com l'efecte de l'escenari tendencial seria el de reduir en un 12% els requeriments totals, s'observa com una expansió de l'agricultura seria segurament positiva en termes de lloc de treball, els quals però no creixerien tant com ho hauria de fer la superfície. Això és perquè les àrees de major intensitat de cultiu ja es troben actives o bé han estat construïdes. A la vegada, les possibles limitacions a l'accés a recursos hídrics pot fer que sigui estratègic desenvolupar noves superfícies de secà.

Tot plegat podria arribar permetre uns increments del 28 al 127% de l'activitat agrària gràcies a l'augment de superfície agrícola. A això però caldria sumar-hi el potencial benefici d'augmentar l'activitat silvícola en determinades zones, reduint així l'acumulació de biomassa i el risc d'incendis i permetent un cert aprovisionament de combustibles en un sector que es troba a l'alça. El canvi substancial però vindria per una revisió del model d'activitat agrària, recuperant una ramaderia extensiva i unes activitats agrícoles amb caràcter ecològic o agroecològic, les quals són molt menys intensives en la incorporació de productes de l'exterior i més intensives en treball.

Avaluació multicriteri

De l'avaluació multicriteri se'n desprèn que l'escenari tendencial (E1) suposaria una davallada substancial de la contribució dels espais oberts al sistema metropolità, sobretot en termes de la funcionalitat del paisatge (C1) i la integració energia-paisatge (B1), però també es reduirien determinats serveis ecosistèmics de suport i regulació com són la capacitat per fer front al tancament dels cicles de nutrients (E1A, la qual actualment ja és molt baixa) o l'embornal total de carboni (E1B).

En canvi, una aposta per l'escenari alternatiu (E2) revertiria alguns d'aquests efectes, sobretot els relacionats amb l'ecologia del paisatge (complexitat paisatgística, C1 i integració energia-paisatge, B1) i suposaria una millora de la contribució dels espais oberts en termes de producció agrària (E1C) i generació de llocs de treball (F1), amb una pujada també del potencial de recirculació de nutrients (E1A).

Finalment, a l'escenari E3, gràcies a la recuperació de superfície agrícola, s'observa una millora molt important en els indicadors associats a la producció agrària (E1C) i els llocs de treball (F1), així com en la capacitat per fer front al tancament dels cicles de nutrients (E1A, malgrat continuaria amb un nivell baix, sobre el 17.5% de recirculació de tot el fòsfor necessari). També hi hauria una lleugera millora de la complexitat paisatgística (C1) i de la integració energia – paisatge (B1), però per altra banda, es perdria una part de l'embornal de carboni total (E1B), disminuiria lleugerament l'eficiència metabòlica (A1) i les emissions de gasos d'efecte hivernacle (D1) generades *in situ* augmentarien substancialment respecte l'escenari actual E0. Aquests darrers indicadors però, podrien segurament revertir els seus valors en cas que s'apostés per un model d'agricultura de caràcter ecològic o agroecològic.

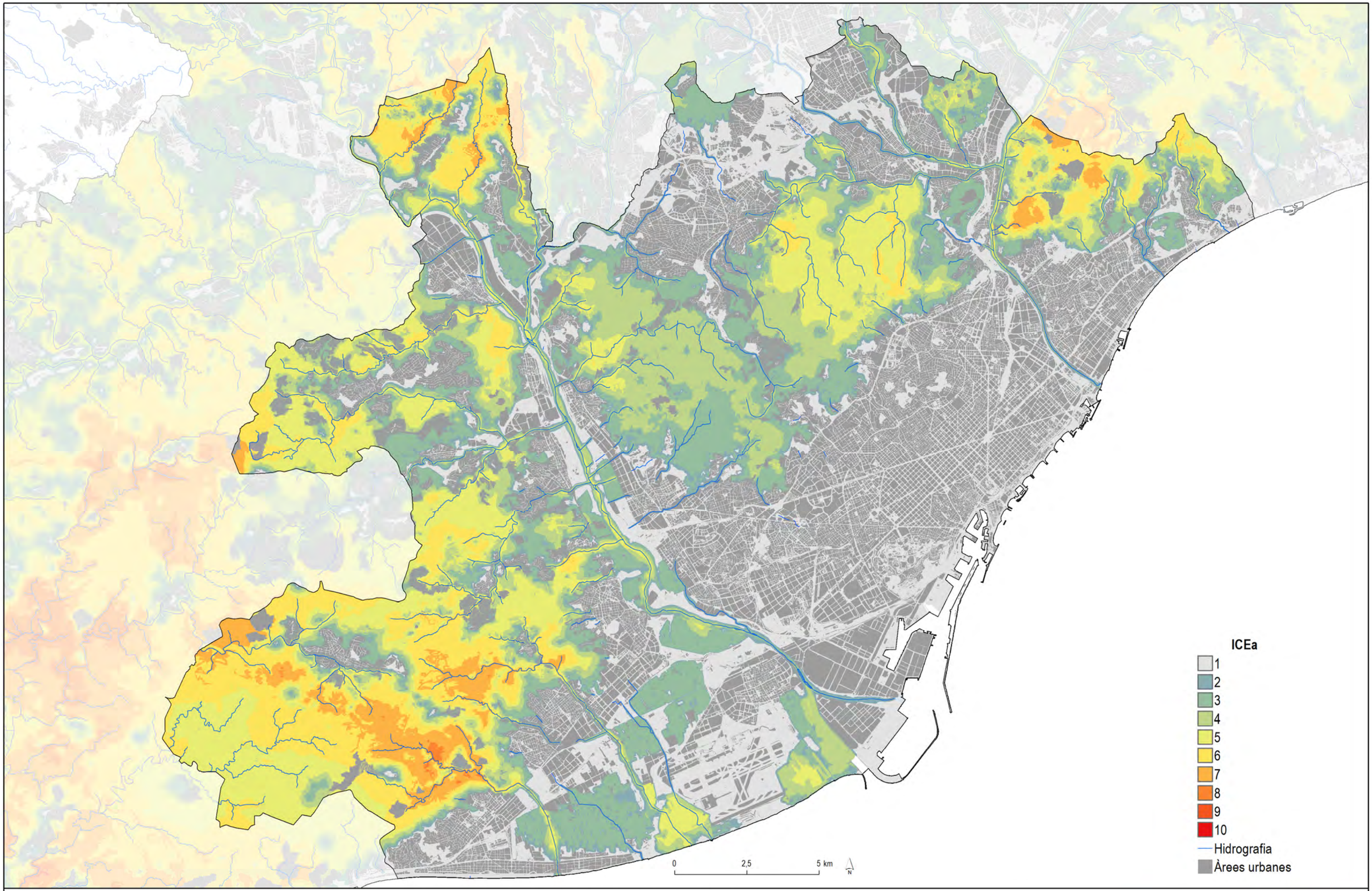
Propers desenvolupaments del model

L'estudi d'enguany, destinat a definir escenaris teòrics, ha permès calibrar el model de tal manera que estigui llest per a la seva aplicació en escenaris específics que es plantegin en el Pla Director Urbanístic. Tot i que en aquesta primera fase s'han avaluat els escenaris teòrics de forma agregada, la capacitat del model per territorialitzar els resultats permetrà, en propers desenvolupaments, la definició d'àrees crítiques i estratègiques dins de l'àrea metropolitana.

Per altra banda, la compleció dels indicadors pot millorar la capacitat sistèmica d'avaluació del model. Específicament es considera necessari millorar els indicadors relacionats amb canvi global (D1, emissions de gasos d'efecte hivernacle) així com incorporar els de mitigació de canvi climàtic (E2B, segrest de carboni). Però al llarg de les següents aplicacions, també s'incorporaran altres indicadors específics que siguin rellevants per al planejament territorial.

En darrer lloc, enguany el procés de calibració s'ha dut a terme considerant canvis en el planejament des d'una perspectiva de modificació de les cobertes del sòl. Tanmateix, en l'evolució cap a models de planificació que tinguin en compte les funcionalitats de les diverses cobertes (així com la interacció entre elles), un dels objectius serà incorporar en la capacitat predictiva del model l'efecte que tindria un canvi en el funcionament metabòlic cap a unes activitats agràries (forestals, ramaderes, agrícoles) que compleixin criteris de producció ecològica i/o agroecològica, aspecte essencial en la transició ecològica de l'àrea metropolitana de Barcelona.

Annex I. Mapes de connectivitat ecològica



Índex de Connectivitat Ecològica. Escenari E0

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB · ierm · CREAF

ICEa
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Hidrografia
Àrees urbanes
0
2,5
5 km
N

Índex de Connectivitat Ecològica. Escenari E1

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB
iermB
CREAF

ICEa
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Hidrografia
Àrees urbanes
0
2,5
5 km
N

Índex de Connectivitat Ecològica. Escenari E2

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB
ierm
CREAF

ICEa
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Hidrografia
Àrees urbanes
0
2,5
5 km
N

Índex de Connectivitat Ecològica. Escenari E3

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

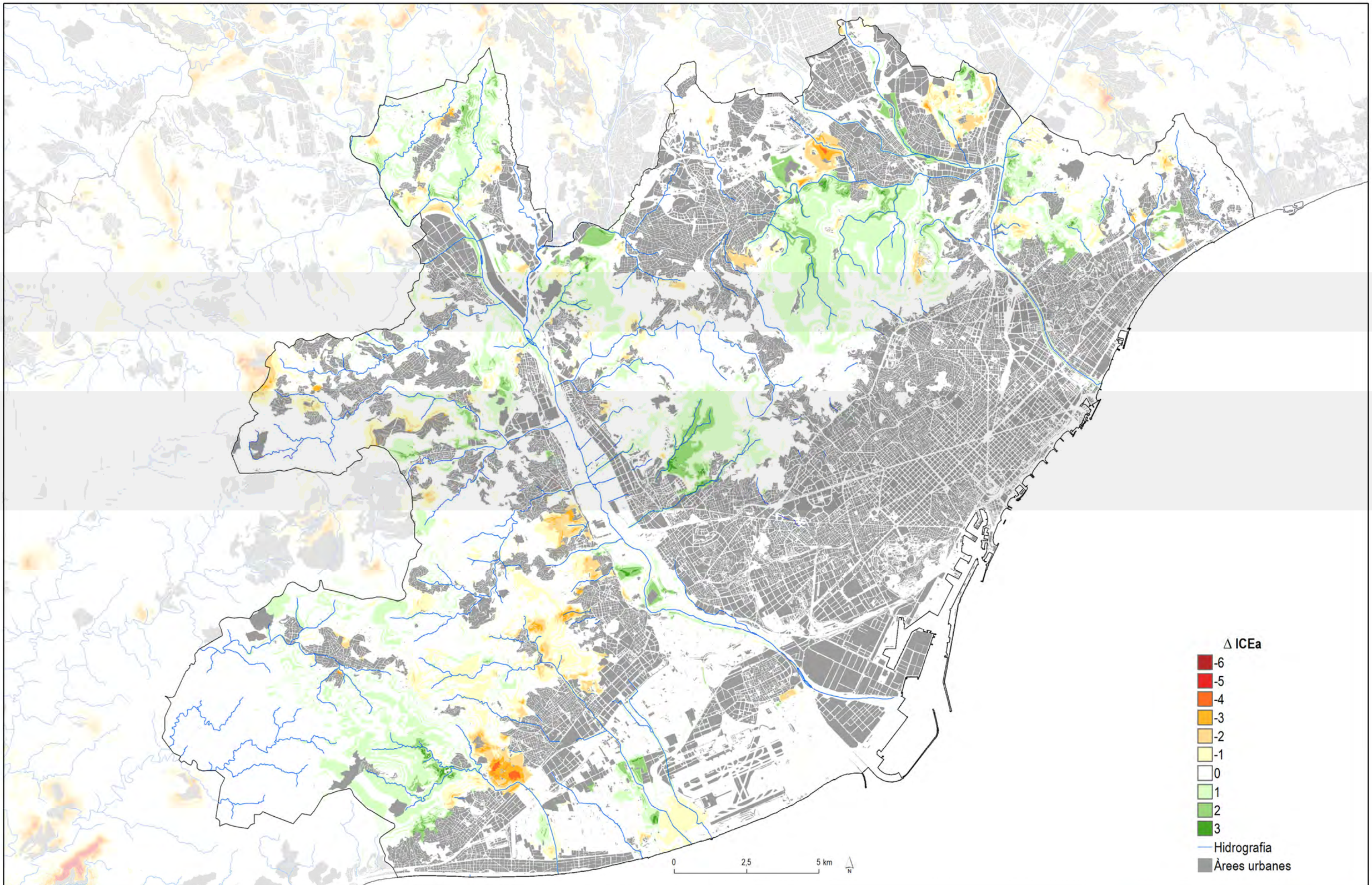
AMB
iermB
CREAF

Δ ICEa
-6
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
Hidrografia
Àrees urbanes
0
2,5
5 km
N

Diferència ICE. Escenari E1 - E0

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB



Diferència ICE. Escenari E2 - E0

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB iermB CREAF

Δ ICEa
-6
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
Hidrografia
Àrees urbanes

0 2,5 5 km

N

Diferència ICE. Escenari E3 - E0

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB iermB CREAF

AEF bosc

AEF matollar

AEF conreu

AEFmosaic

ICEb

ICEb

ICEb

ICEb

Urbà

Infraestructures

Afectació barreres

ICEa

Resum Índex de Connectivitat Ecològica. Escenari E0

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB · iermB · CREAF

AEF bosc

AEF matollar

AEF conreu

AEFmosaic

ICEb

ICEb

ICEb

ICEb

Urbà

Compacte
Lax

Infraestructures

Principals
Secundàries
Altres

Afectació barreres

Alta
Baixa

ICEa

Resum Índex de Connectivitat Ecològica. Escenari 1

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB · iermB · CREAF

AEF bosc

AEF matollar

AEF conreu

AEFmosaic

ICEb

ICEb

ICEb

ICEb

Urbà

Infraestructures

Afectació barreres

ICEa

Resum Índex de Connectivitat Ecològica. Escenari E2

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB · iermB · CREAF

AEF bosc

AEF matollar

AEF conreu

AEFmosaic

ICEb

ICEb

ICEb

ICEb

Urbà

Infraestructures

Afectació barreres

ICEa

Resum Índex de Connectivitat Ecològica. Escenari E3

Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona

AMB · iermB · CREAF