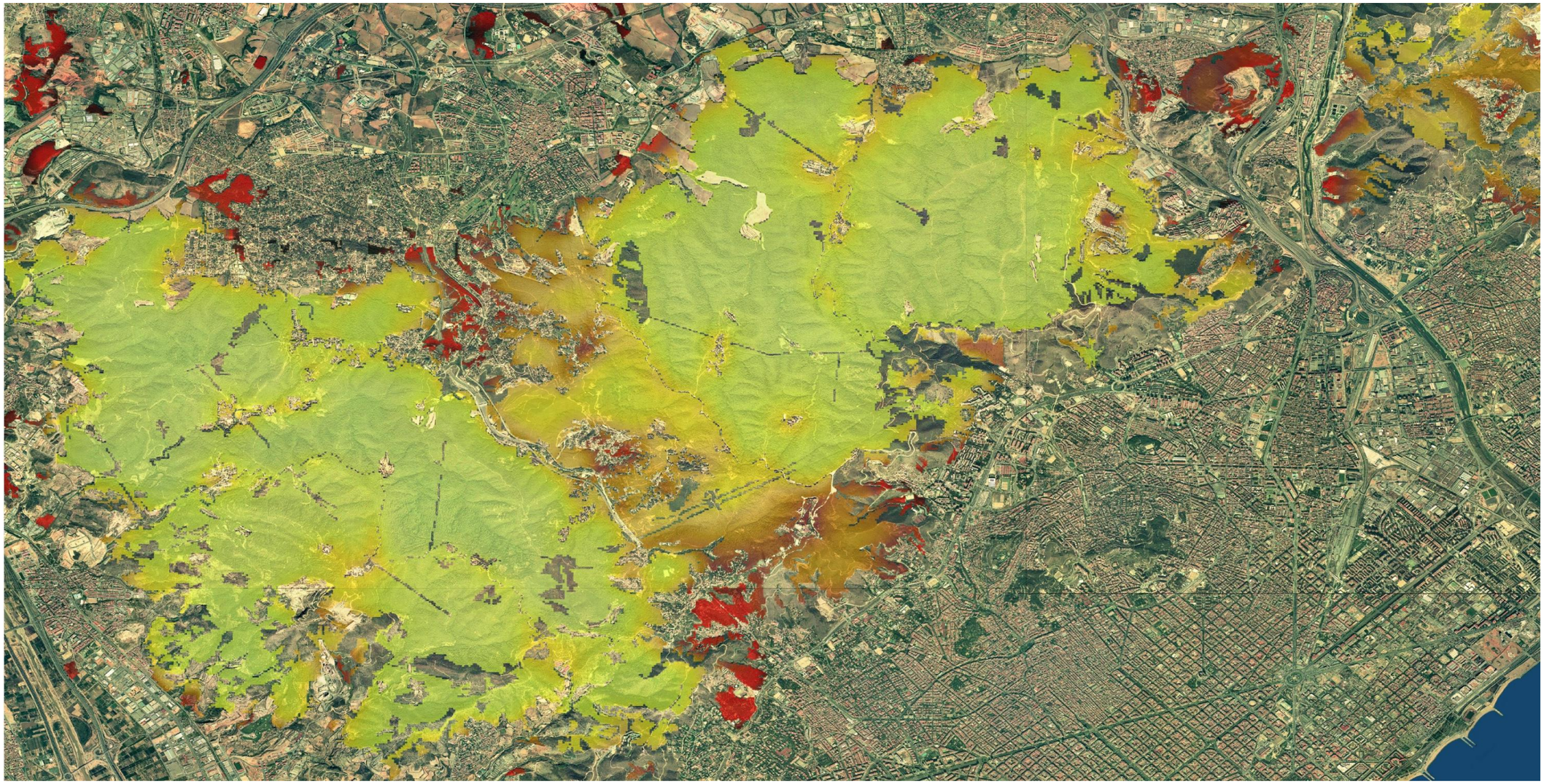
Anàlisi de les pressions sobre la biodiversitat a l'Àrea Metropolitana de Barcelona i de les seves tendències futures



Joan Pino
Corina Başnou

Setembre de 2014

Índex

1. Introducció i objectius **1**

2. Metodologia **3**

2.1. La informació de referència **3**

La informació sobre la biodiversitat ***3***

Els indicadors de pressions sobre la biodiversitat ***4***

El canvi climàtic (1958-2100) *4*

Els canvis de cobertes del sòl (1956-1993-2005) *4*

Les pressions sobre la biodiversitat (1956-1993-2005) *5*

La connectivitat ecològica de les cobertes del sòl *5*

La pèrdua i fragmentació dels hàbitats (1996-2010) *7*

La freqüència dels incendis forestals (1975-2013) *7*

El risc d'invasions per plantes *8*

2.2. Anàlisi de les dades **8**

Anàlisi de les pressions per al conjunt de l'AMB ***8***

Anàlisi de les pressions per hàbitats ***8***

Anàlisi de les relacions entre les principals pressions i el valor de la biodiversitat ***8***

3. Resultats **9**

3.1. Resultats per al conjunt de l'AMB **9**

El canvi climàtic *9*

Els canvis en les cobertes del sòl i les pressions derivades *10*

La connectivitat ecològica *10*

La fragmentació dels hàbitats *11*

Els incendis forestals *11*

El risc d'invasió per plantes *11*

3.2. Resultats per als principals hàbitats **12**

El valor de la biodiversitat (I_2) *12*

Els canvis en els tipus de cobertes del sòl i les pressions derivades *12*

El risc d'invasió per plantes *14*

La connectivitat ecològica *14*

La fragmentació dels hàbitats *14*

La freqüència dels incendis *15*

3.3. Anàlisi de les relacions entre variables **15**

4. Algunes conclusions **16**

5. Referències **18**

Annex 1. Taules

Annex 2. Mapes

1. Introducció i objectius

Les àrees metropolitanes del Mediterrani estan cridades a jugar un paper clau en la conservació de la biodiversitat europea. D'una banda, la conca mediterrània és considerada un *hot spot* mundial de biodiversitat (Myers et al. 2000; Fig. 1) per la seva concentració d'espècies i comunitats d'interès per a la conservació. D'una altra, cada cop hi ha més consciència de la importància de conservar la biodiversitat a les ciutats i a les seves àrees metropolitanes, per tal d'assegurar el seu desenvolupament sostenible i l'accés de la població a uns béns i serveis que només aquella proporciona. La meitat de la població mundial viu actualment en àrees metropolitanes, i aquest nombre pot augmentar fins els 6500 milions el 2050 (United Nations, 2007). La importància de les ciutats en la conservació de l'anomenada *Green Infrastructure* i dels béns i serveis associats a la biodiversitat serà un element clau de les polítiques i estratègies europees per als propers anys. La UE ha adquirit el compromís de protegir la seva biodiversitat per a l'any 2020 a la seva Estratègia de Biodiversitat, adoptada el maig de 2011 (http://biodiversity.europa.eu/policy). L'acció 6 d'aquesta estratègia estableix, per exemple, que la Comissió desenvoluparà una estratègia d'Infraestructura Verda per tal promoure el desplegament de projectes d'infraestructura verda a la UE, tant en zones urbanes com naturals i rurals.

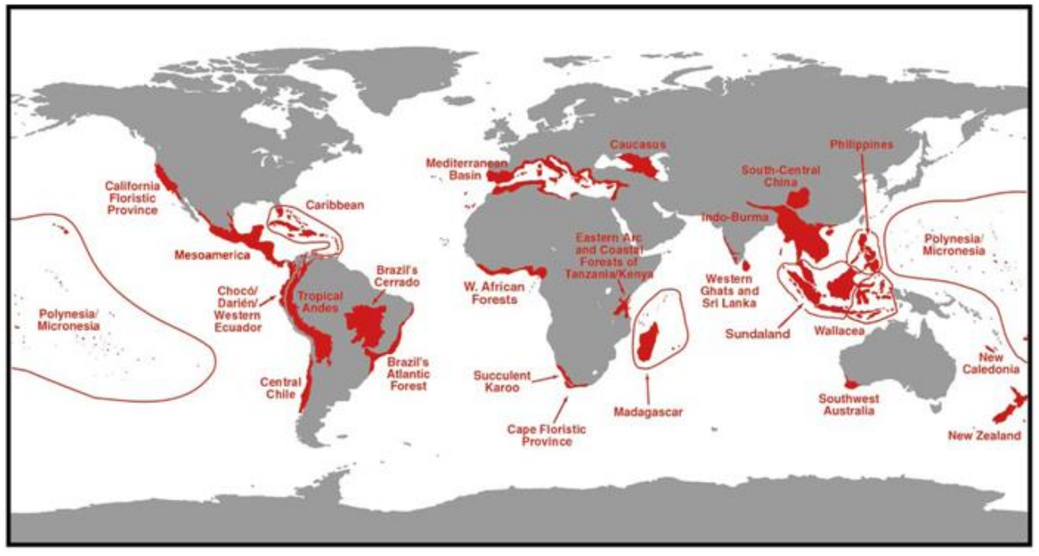


Fig. 1. *Hot spots* reconeguts per a la conservació de la biodiversitat (Myers et al. 2000)

Amb tot, la conservació de la biodiversitat mediterrània s'enfronta a fortes pressions sobre els seus organismes i ecosistemes, derivades de l'anomenat canvi global. Sala et al (2000) ja va posar de manifest la importància del canvi en les cobertes del sòl i de les invasions biològiques en la conservació de la biodiversitat mediterrània. Petit et al (2001) van destacar la coincidència de canvis en les cobertes del sòl de tendència oposada, com ara la urbanització i la intensificació agrícola a les àrees més productives i l'abandonament i aforestació de les àrees més marginals, que han afectat l'Europa mediterrània els darrers 50 anys. El Millenium Ecosystem Asssessment (2005) del World Resources Institute va fer un nou recull de la importància dels diversos factors associats al canvi global per als principals biomes i ecosistemes del Món els darrers 50-100 anys, i també de les seves tendències actuals. Aquest informe destaca la importància creixent de factors com el canvi climàtic, el canvi en els hàbitats o les cobertes del sòl, la pol·lució i les invasions biològiques en la conservació de la biodiversitat mediterrània (Fig. 2).

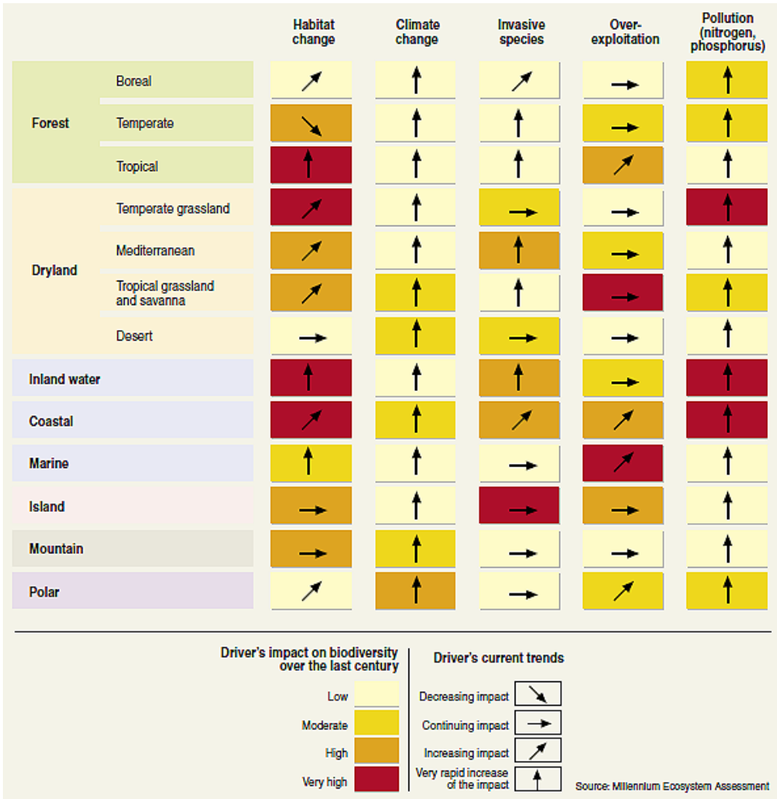


Fig. 2. Principals factors que afecten o han afectat la conservació de la biodiversitat per als principals biomes del Món, durant els darrers 50-100 anys (colors) i segons les tendències actuals (fletxes). Font: Millenium Ecosystem Assessment (2005).

Cal tenir en compte que, a causa del seu dinamisme i dels fluxos de matèria, energia, persones, mercaderies, informació, etc. que les caracteritzen, les ciutats i llurs àrees metropolitanes es veuran especialment afectades per aquests components del canvi global. Això tindrà efectes importants sobre la seva biodiversitat (McKinney 2008) i el seu funcionament ecològic (Grimm et al. 2008), i precisarà d'accions d'envergadura per tal d'assegurar la conservació dels valors naturals (Pino et al. 2009; Rojas et al. 2013) i dels béns i serveis ecosistèmics d'aquests territoris (Schröter et al.2005).

L'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) és un territori notablement transformat, amb més de 3.2 milions d'habitants (font: IDESCAT, 2014) i gairebé un 45% de la seva superfície construïda (font: MCSC, 2005). Tanmateix, aquest territori encara manté una biodiversitat de gran interès fruit de diversos factors:

- La seva situació a la costa Mediterrània que, com ja s'ha esmentat, és un dels hot spots mundials de biodiversitat i que a més forma part de les rutes migratòries de gran nombre d'espècies d'ocells, rat-penats i papallones entre Europa occidental i el continent africà.
- El seu caràcter d'ecotó entre les províncies biogeogràfiques Mediterrània Septentrional i Mediterrània Meridional, amb el riu Llobregat com a frontera. Això permet la coexistència de les flores i faunes d'ambdós territoris.
- L'existència d'un paisatge divers, fruit de la diversitat climática i topográfica i la interacció secular amb l'activitat humana, que permet la coexistència d'espècies i hàbitats amb requeriments ecològics molt diversos.

Recentment, el CREAF i Barcelona Regional van dur a terme, per encàrrec de l'AMB, un estudi que per primer cop avalua de forma completa el valor de la biodiversitat de l'AMB amb les millors dades disponibles (Pino & Başnou 2013). L'estudi corrobora l'elevat interès d'aquesta biodiversitat, amb 23 hàbitats d'interès comunitari (Directiva Hàbitats) i 4 d'interès prioritari. Malgrat es va veure condicionat per la quantitat i la qualitat de la informació disponible, aquest treball va identificar els principals *hot spots* de la biodiversitat a l'AMB. Entre ells hi destaquen les zones humides i els sistemes dunars del delta del Llobregat, els prats i herbassars i els matollars del vessant marítim de la serralada litoral (Garraf, Collserola i Serra de Marina) i alguns fondals forestals del vessant nord d'aquesta serralada (principalment Collserola), amb vegetació de ribera i de llocs humits de tendència eurosiberiana. L'estudi també destaca el paper potencial dels parcs metropolitans en el manteniment de la biodiversitat de l'AMB, tot i que les dades són, de nou, massa fragmentàries per a una anàlisi de conjunt prou exhaustiva.

Tanmateix, l'AMB és un dels territoris de la província de Barcelona potencialment més afectats pels diversos factors associats al canvi global, tot i que l'estat de coneixement d'aquests factors és encara fragmentari (vegeu-ne un primer recull d'aquests factors a Acebillo & Folch 2000). Més recentment s'han destacat els efectes de la pol·lució sobre alguns dels espais naturals del territori (Àvila et al. 2010, Àvila & Rodà 2012), però també la concentració d'invasions biològiques (Pino et al. 2005) i els canvis intensos en les cobertes del sòl que han afectat el conjunt de regió durant els darrers 50 anys. Aquests canvis han comportat la urbanització de les planes i l'abandonament agrícola i posterior proliferació de cobertes llenyoses a les àrees de muntanya i de samontà (Pino et al. 2013; Başnou et al 2013). No hi ha cap estudi que reculli de forma global el conjunt d'aquestes pressions sobre l'AMB, ni tampoc els seus efectes potencials sobre la biodiversitat. Aquests efectes són relativament poc coneguts. Els canvis de cobertes del sòl a l'AMB determinen en general una forta inestabilitat dels hàbitats, amb efectes sobre llur biodiversitat (Pino et al. 2006; 2009; González-Moreno et al. 2013). Destaca en particular l'afectació que han sofert els seus hàbitats oberts (conreus i pastures), considerats uns dels principals reservoris de biodiversitat de la regió (Pino & Başnou 2013; Santos et al., 2008).

Així doncs, falta una anàlisi de conjunt que avaluï els possibles efectes dels diversos components del canvi global sobre la conservació de la biodiversitat a l'AMB. El present treball pretén omplir aquest buit amb dos objectius complementaris:

- Determinar la **importància i la distribució geogràfica dels canvis ambientals recents** al territori metropolità, **i de les pressions associades a aquests canvis** i que incideixen o han incidit sobre els principals components de la biodiversitat.
- Avaluar les **tendències futures en la conservació d'aquesta biodiversitat**, a partir d'una anàlisi prospectiva dels canvis observats i de l'evolució de les pressions que hi incideixen.

2. Metodologia

2.1. La informació de referència

La informació sobre la biodiversitat

L'estudi ha partit d'una anàlisi prèvia de l'estat i el valor de conservació de la biodiversitat a l'AMB (Pino & Başnou 2013). En aquest treball es van seleccionar un total de sis indicadors, en funció de la qualitat i extensió de les dades i de la seva rellevància pel que fa a la conservació de la biodiversitat a diversos nivells administratius:

- i_1: Hàbitats d'interès comunitari (HIC), per la seva importància en les estratègies de conservació a nivell català, espanyol i europeu.
- i_2: Àrees sensibles per a la flora amenaçada, pel seu elevat valor de conservació a nivell local i català.
- i_3: Boscos singulars de Catalunya, pel seu valor estratègic en la conservació de la biodiversitat forestal de Catalunya.
- i_4: Índex de conservació sintètic dels ocells (ICONST-EH) elaborat per l'ICO
- i_5: Índex Intrínsec dels Hàbitats de Catalunya (IIH), obtingut de la CHC.
- i_6: Índex d'interès Corològic dels Hàbitats de Catalunya (IIC), obtingut de la CHC.

Tots aquests indicadors han estat transformats a capes ràster amb una resolució espacial de 100 m i un àmbit espacial comú. Els tres primers van ser transformats a índexs dicotòmics, amb valor 1 als píxels amb presència dels indicadors considerats i 0 per a la resta del territori. Els tres darrers, que inicialment corresponien a variables quantitatives, es van transformar a valors relatius (dividint pels valors màxims de la província) i posteriorment van ser reclassificats a quatre quartils (0.25, 0.50, 0.75 i 1). Sumant els diversos ràsters es va obtenir llavors un índex conjunt del valor de la biodiversitat de l'AMB (I_2), en la mateixa resolució (100 m) que els índexs parcials

Aquest índex (Mapa 1) ha estat utilitzat per a avaluar la relació del valor de la biodiversitat de l'AMB amb un conjunt de pressions que han afectat, afecten o poden afectar en un futur la conservació d'aquesta. No obstant, el marc per a l'anàlisi d'aquestes relacions han estat la versió més recent (2010) de la Cartografia dels Hàbitats a Catalunya (CHC). Es tracta de la cartografia d'hàbitats més completa i detallada existent per a l'AMB, i ha estat realitzada pel Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació de la UB (http://www.ub.edu/geoveg/cat/semhaveg.php). Transposa la llista d'hàbitats de Catalunya a polígons sobre el territori a escala 1:50.000. A banda de la pròpia informació dels tipus d'hàbitat de cada polígon, aquesta cartografia conté *links* amb la correspondència d'aquests hàbitats amb la llista d'Hàbitats d'Interès Comunitari (HICs) establerts a l'Annex I de la Directiva 92/43/CEE (Pino & Başnou 2013). Per tal de simplificar l'anàlisi i comptar amb unitats de treball més robustes, els 63 hàbitats originals de la CHC han estat reclassificats a un total de 20 unitats de segon ordre (Vigo et al. 2005; Mapa 2):

Taula 1. Categories genèriques d'hàbitats utilitzades a l'estudi, amb la seva numeració original (Vigo et al. 2005), la seva descripció i la seva reclassificació per a l'anàlisi multivariant (vegeu apartat d'Anàlisi de les dades)

Codi	Descripció	Reclassificació
15	Matollars i herbassars salins i costaners	Platges
16	Platges sorrenques i dunes	Platges
21	Estanys litorals	Ambients humits
22	Aigües dolces estagnants	Ambients humits
24	Aigües corrents	Ambients humits
31	Bosquines i matollars submediterranis	Matollars-prats
32	Bosquines i matollars mediterranis	Matollars-prats
34	Prats basòfils secs	Matollars-prats
35	Prats acidòfils secs	Matollars-prats
42	Boscos aciculifolis	Boscos
44	Boscos humits i de ribera	Boscos
45	Boscos esclerofil·les	Boscos
53	Vores d'aigua i hàbitats inundables	Ambients humits
62	Roques no litorals	Roques*
82	Conreus herbacis	Conreus
83	Conreus llenyosos i plantacions d'arbres	Conreus
85	Parcs urbans i jardins	Parcs urbans
86	Ciutats, pobles i àrees industrials	Urbà
87	Camps abandonats, erms, ambients ruderals	Matollars-prats
89	Ports, basses i canals artificials	Urbà

Sobre aquestes unitats, l'anàlisi recull els valors mitjans de la biodiversitat (segons l'índex I_2) d'aquests polígons reclassificats, i la seva relació amb els valors mitjans o sintètics (per exemple el percentatge d'àrees sense canvi) d'una sèrie d'indicadors de pressions calculats dins els mateixos hàbitats.

Els indicadors de pressions sobre la biodiversitat

Per coneixement expert s'han seleccionat un conjunt de capes representatives de les principals pressions que poden afectar la biodiversitat de l'AMB. Aquestes capes s'han seleccionat tenint en compte els principals factors de pressió identificats per estudis de prestigi internacional (Sala et al. 2000; Millenium Ecosystrem Assessment 2005) i la disponibilitat de dades cartogràfiques suficientment actualitzades, que cobreixin el conjunt del territori amb prou resolució espacial. Les diverses capes seleccionades pertanyen en molts casos a períodes de temps diferents, cosa que permet una anàlisi retrospectiva de fins a 50 anys. D'altra banda, el treball incorpora també alguns models d'escenaris futurs (és el cas de les dades climàtiques) que permeten una anàlisi prospectiva de les pressions futures fins a l'any 2100.

Taula 2. Resum de les capes cartogràfiques generades per a l´AMB

Cartografía	Format capes	Anys	Font
Tipus de canvis en les cobertes de sòl	Ràsters	1956-2009 1956-1993 1993-2009	Elaboració pròpia, a partir del MCS56_B i MCSC, CREAF
Pressions sobre la biodiversitat	Ràsters	1956-2009 1956-1993 1993-2009	Elaboració pròpia, a partir del MCS56_B i MCSC, CREAF
Fragmentació dels hàbitats	Polígon	1996-2010	Elaboració pròpia, a partir de la versió 1 i 2 del Mapa d'hàbitats (GEOVEG)
Freqüència d'incendis forestals (1975-20013)	Ràster	1975-2000	Mapa de recurrència de focs (CREAF) Dades del Consorci del Parc de Collserola
El risc d'invasions per plantes	Ràster	2012	Prospecció al camp, CREAF
Canvi climàtic i escenaris climàtics	Ràster		Elaboració pròpia, a partir de dades climàtiques del projecte MONTES
Estat i canvis en la connectivitat ecològica	Ràster	2005	Elaboració pròpia a partir del MCSC (2005)

Tal com s'observa a la Taula 2, el conjunt de capes seleccionat corresponen al darrer mig segle aproximadament. S'han seleccionat capes relativament coetànies, si bé poden diferir bastant en les seves dates de producció i àmbits temporals d'estudi, per la pròpia natura dels processos estudiats i pel fet que han estat obtingudes de manera independent, a partir d'informació molt diversa i produïda en dates diferents (imatges aèries, mostrejos específics, series de dades d'estacions permanents, etc.).

El canvi climàtic (1958-2100)

Les dades climàtiques per avaluar els canvis climàtics i per generar escenaris climàtics a l´AMB s'han obtingut a través del projecte MONTES-Consolider (http://www.creaf.uab.es/montes/). Es tracta de dades climàtiques georeferenciades, actuals i futurs, amb una resolució de 1x1 km, generades per l´ambit de l´AMB. Les dades climàtiques de 2011-2100 corresponen al model climàtic CGCM2-B2.

Per al desenvolupament de les capes cartogràfiques, s'han utilitzat una base de dades considerant la pluviositat (mm) i les temperatures mitjanes (ºC) que corresponen a 5 períodes de temps prou contrastats: (1) 1958-1962; (2) 1991-1995; (3) 2003-2007; (4) 2046-2050; (5) 2096-2100. Aquestes dades s'han transformat en capes SIG de punts i s'han rasteritzat a una resolució d'1x1 km. Posteriorment, s'han generat 8 capes ràster amb les diferencies climàtiques (pluviositat i temperatures mitjanes) respecte del tercer període (2003-2007) que és el mes proper al actual. Així s'han generat els mapes de diferències entre els períodes 3 i 1, 3 i 2, 4 i 3, i 5 i 3 (Mapes 3 a 6). Els mapes de diferències s'han calculat restant sempre la capa corresponent al període de temps inicial respecte de la de temps final.

Els canvis de cobertes del sòl (1956-1993-2009)

L'estudi dels canvis en les cobertes del sòl dels darrers 50 anys ha partit de tres mapes elaborats pel CREAF amb una metodologia molt semblant, cosa que en permet la seva comparació sense artefactes: El Mapa de Cobertes del Sòl de 1956 de la província de Barcelona (MCS56_B), la primera edició del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC-1; any 1993), i la quarta edició del mateix (MCSC-4; any 2009). El primer mapa és un producte impulsat per la Diputacions de Barcelona, mentre que el segon i el tercer han estat finançats per la Generalitat de Catalunya. Tots tres mapes s'han fotointerpretat seguint el procediment i la llegenda del MCSC (disponible a www.creaf.uab.cat/mcsc). En tots ells, les unitats mínimes cartografiades s'han fixat en 500 m² per als polígons, i de 8 m d'amplada i 75 m de llargada per

als elements lineals (rius, carreteres, etc.). La llegenda és organitzada en cinc nivells jeràrquics, tot i que no tots ells són disponibles per a totes les versions d'aquests mapes.

Els canvis en la composició de cobertes dels sòl s'han avaluat a partit de versions ràster dels mapes, per al nivell N1F de la llegenda del MCSC (Mapes 7, 8 i 9). Per a cada mapa i nivell s'han generat ràsters de 2 m de mida de píxel i coincidents espacialment entre sí. Mitjançant la combinació d'aquests ràsters s'han obtingut 3 mapes de canvis en les cobertes de sòl, corresponents als períodes: 1956-2009, 1956-1993 i 1993-2009. Per tal de simplificar la informació que aporten aquests mapes combinats, els canvis s'han reclassificat en: progressius, regressius, sense canvi i altres (Taula 3). Els canvis progressius suposen una progressió cap a la naturalitat de la vegetació (per exemple cap a les fases de successió mes avançades, com per exemple les transicions conreu-matollar o matollar-bosc), mentre que els canvis regressius són canvis que suposen una pèrdua de la naturalitat de la vegetació (bosc-urbà). Els canvis que afecten les aigües continentals, sovint deguts a aspectes conjunturals (com ara la disponibilitat d'aigua corrent els anys de realització de cada cartografia) s´han reclassificat dins de la categoria d'altres.

Taula 3. Canvis progressius (verd), regressius (vermell), altres (gris) i sense canvi (groc) en canviar d'una categoria inicial (columnes) a una altra de final (files) dels mapes de cobertes del sòl.

	Arbrat dens	Arbrat clar	Matollars	Aiguamolls	Prats i herbassars	Sòl nu i roques	Aigües continentals	Conreus	Superfície construïda
Arbrat dens									
Arbrat clar									
Matollars									
Aiguamolls									
Prats i herbassars									
Sòl nu i roques									
Aigües continentals									
Conreus									
Superfície construïda									

Les pressions sobre la biodiversitat (1956-1993-2009)

A partir dels mateixos mapes de canvis de cobertes s'ha generat un mapa de pressions sobre la biodiversitat derivades de les transicions anteriors. Aquestes pressions van ser proposades dins del projecte BIOPRESS per a una anàlisi a escala europea (vegeu Gerard et al 2010) i van ser recentment ajustades a escala més local per a la Regió Metropolitana de Barcelona. L'expressió cartogràfica d'aquestes pressions s'obté, a la pràctica, de la combinació dels ràsters de 1956, 1993 i 2009 amb una llegenda de nivell 1, i de la seva reclassificació en les pressions següents (Mapes 10, 11 i 12)

a) Aforestació: inclou la conversió d'hàbitats oberts (més o menys naturals) cap a boscos.
b) Desforestació: inclou la substitució del bosc per cobertes forestals no arbrades.
c) Abandonament de conreus: inclou el cessament del conreu i la conversió cap a estadis primerencs de la successió (prats i pastures). La transició cap a estadis llenyosos més avançats de la successió han estat considerats com a una extensió mediterrània de l'aforestació.
d) Urbanització: inclou les transformacions cap a recobriments urbans però també cap a recobriments relacionats (sistemes viaris, àrees de lleure, zones en construcció, etc.).

La connectivitat ecològica de les cobertes del sòl

La connectivitat ecològica és, probablement, la propietat clau de l'anomenat paisatge funcional, aquell que té a veure amb la conservació dels processos biològics, ecològics i ambientals en general a diverses escales, des dels organismes als biomes sencers. El concepte de connectivitat admet diverses accepcions (vegeu per exemple Lindenmayer & Fischer 2006 i Calabrese & Fagan 2004) i compta amb una llarga història d'intents de modelització, també a casa nostra (vegeu Mallarach & Germain 2006). Al cas de l'AMB, hom ha optat per fer servir una accepció més aviat estructural (Calabrese & Fagan 2004), relacionada amb el patró espacial dels hàbitats al paisatge, complementada però amb alguns elements funcionals estimats a partir de les poques dades disponibles. Aquesta accepció s'ha concretat en l'Index de Connectivitat Terrestre (*ICT*) desenvolupat per al Pla Territorial Sectorial de Connectivitat Ecològica de Catalunya (PTSCEC), en curs de redacció per la Generalitat de Catalunya. L'*ICT* es pot calcular independentment per a una sèrie de tipus d'hàbitats rellevants per a la connectivitat i seleccionats prèviament, i després es pot obtenir un valor mitjà per a cada punt del territori a partir dels valors dels diversos hàbitats. Fa servir una perspectiva metapoblacional per a calcular la connectivitat per a cada punt del territori, en funció de la mida i la distància funcional de les diverses clapes de l'hàbitat *i* objecte de càlcul i dels hàbitats afins.

L'*ICT* es defineix com la mitjana dels *ICTi*, corresponents als valors de connectivitat calculats per a cadascuna una sèrie de cobertes bàsiques. L'ICT_i expressa, llavors, la disponibilitat de cada coberta *i*, i

s'expressa en unitats de superfície per a un radi fix de 2500 m. Aquesta disponibilitat depèn en primer lloc de l'àrea de la clapa en què es trobem i de l'efecte marge associat a àrees urbanes i infraestructures properes, que li resten poder connectiu com més properes es troben a la clapa en qüestió. També depèn del nombre de clapes de les diverses cobertes que hi ha dins del *buffer* considerat, de la seva àrea equivalent (l'àrea multiplicada per l'afinitat) i de la distància de cost a la que es troben. L'*ICTi* de l'AMB i el seu àmbit d'influència s'ha calculat a partir del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya de 2005, i del Mapa de Cobertes del Sòl de 1956 de la província de Barcelona, reclassificats en una sèrie de categories genèriques: bosc, matolls, prats, roquissars i àrees nues, conreus llenyosos, conreus herbacis, vegetació d'aiguamoll i ribera, urbà i ruderal, aigües continentals i altres (Taula 1). L'*ICTi* no s'ha calculat per a les tres darreres categories, que només modulen la connectivitat de les altres set.

Per a cadascuna de les cobertes seleccionades, l'ICT_i es calcula seguint la fórmula següent

$$ICT_i = \sum_{j \neq i} a_h A_j e^{-\alpha . \delta_j}$$

que integra aquests paràmetres:

- **α: coeficient de dispersió mitjana de les espècies de l'hàbitat.** Aquest paràmetre és, òbviament, variable segons els organismes considerats. En el cas que ens ocupa, el de la connectivitat dels hàbitats, aquest valor ha quedat fixat per coneixement expert, assumint que la probabilitat de dispersió mitjana dels organismes és inferior al 5% a una distància de 2500 m, i que aquella decreix exponencialment amb la distància.
- **a_h: afinitat del tipus d'hàbitat seleccionat amb l'hàbitat h,** establerta per coneixement expert. Aquest paràmetre val 1 per a les clapes del mateix hàbitat i, per tant, aquestes clapes intervenen en el càlcul de la connectivitat amb tota la seva àrea. Per a la resta d'hàbitats, l'àrea equivalent dependrà d'aquesta afinitat amb l'hàbitat en qüestió (Taula 4).
- **A_j: superfície de les clapes o polígons de l'hàbitat estudiat.** Inclou tant la clapa d'hàbitat en la que ens trobem (la distància a la qual és zero) com les situades a una determinada distància del punt de càlcul. La superfície de les clapes es relaciona amb la connectivitat dins de cada clapa i amb la capacitat d'aquestes d'actuar com a font d'organismes, gens, fluxos ecològics, etc.
- **δ_j: distància de cost entre les clapes d'hàbitat i el punt estudiat.** És resultant de la distància euclidiana (d_i) **multiplicada per la resistència de la matriu per a cada tipus d'hàbitat**. Aquesta està formada per dues components: la resistència intrínseca dels hàbitats i l'efecte marge (en forma de soroll, pol·lució, etc.) de les àrees urbanes i de les infraestructures de transport. La resistència dels hàbitats és calculada com l'invers de l'afinitat (Taula 5), mentre que l'efecte de vora s'hi afegeix assumint que decreix inversament amb la distància als focus emissors. Per a cada punt es fa servir llavors el valor màxim de les dues components.

Taula 4. Categories considerades a l'ICT i valors d'afinitat establerts entre elles.

Codi	Hàbitat	1	2	3	4	5	6	7
1	Bosc	1	0.5	0.25	0.25	0.25	0.33	0.25
2	Matolls	0.5	1	0.75	0.5	0.33	0.5	0.25
3	Prats	0.25	0.75	1	0.5	0.5	0.25	0.25
4	Roquissars	0.25	0.5	0.5	1	0.25	0.25	0.1
5	Conreus herbacis	0.25	0.33	0.5	0.25	1	0.5	0.1
6	Conreus llenyosos	0.33	0.5	0.25	0.25	0.5	1	0.25
7	Vegetació d'aiguamoll i ribera	0.25	0.25	0.25	0.1	0.1	0.25	1
8	Urbà i ruderal	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
9	Aigües continentals	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.5
10	Altres	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

Des d'un punt de vista pràctic, els *ICTi* s'han calculat per a uns punts de mostreig distribuïts cada 250 m per al conjunt de l'AMB i del seu àmbit d'influència. Després s'ha obtingut el logaritme dels índexs per a cada coberta i s'han interpolat (per aproximació bilineal fent servir l'invers de la distància) els valors per a tota l'AMB amb un píxel de 25 m. S'ha obtingut finalment l'*ICT* general a partir de la mitjana dels ICT_i per a cada píxel de 25 m del territori (Mapa 13). La connectivitat es mesura en termes d'àrea efectiva, és a dir, com l'àrea total dels diversos polígons, ponderada per l'afinitat de les cobertes i l'invers de la distància, i s'expressa en Log (ha).

Com ja s'ha apuntat abans, la metodologia de l'ICT va ser validada mitjançant la seva utilització en l'anàlisi de la connectivitat ecològica de Catalunya i la formulació de propostes de connectors dins del Pla Territorial Sectorial de Connectivitat Ecològica de Catalunya (Departament de Territori i Sostenibilitat, 2012). Per al present projecte s'han calculat els ICT de 1956 i de 2005, a partir de les versions reclassificades del Mapa de Cobertes del Sòl de 1956 de la província de Barcelona i del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya de 2005 (Mapes 13 i 15). No s'ha fet servir el MCSC de 2009 perquè encara no es disposava de la versió vectorial per a fer aquest càlcul i perquè les diferències de l'ICT entre aquest mapa i el de 2005 són mínimes. Finalment s'ha obtingut un mapa amb els valors mitjans de

connectivitat de 2005 per als principals polígons d'hàbitats de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (Mapa 14). També s'ha obtingut un mapa de l'increment de la connectivitat ecològica, a partir de la diferència entre els mapes de 2005 i 1956 (Mapa 16).

Taula 5. Categories considerades a l'ICT i valors d'impedància establerts entre elles.

Codi	Hàbitats	1	2	3	4	5	6	7
1	Bosc	1	2	4	4	4	3	4
2	Matolls	2	1	1	2	3	2	4
3	Prats	4	1	1	2	2	4	4
4	Roquissars	4	2	2	1	4	4	10
5	Conreus herbacis	4	3	2	4	1	2	10
6	Conreus llenyosos	3	2	4	4	2	1	4
7	Vegetació d'aiguamoll i ribera	4	4	4	10	10	4	1
8	Urbà i ruderal	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
9	Aigües continentals	1000	1000	1000	1000	1000	1000	2
10	Altres	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

La pèrdua i fragmentació dels hàbitats (1996-2010)

El patró de fragmentació dels hàbitats s'ha estudiat a partir de dues versions de la Cartografia dels Hàbitats a Catalunya (CHC), generades pel Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació (GEOVEG - UB). La primera versió completa que abasta tot el territori està feta sobre ortoimatges del vol 1996-1997 i es va acabar el 2003. A l'any 2012 es va acabar la versió 2, que ha estat digitalitzada sobre ortoimatges de l'any 2010. La comparació entre les dues versions presenta algunes complicacions a causa dels canvis metodològics. A l'hora de comparar les superfícies dels hàbitats entre versions, i a l'hora d'estudiar en detall els canvis sobre el territori, s'ha fet una reclassificació dels hàbitats segons les unitats tipològiques de segon ordre (Manual dels hàbitats de Catalunya), cosa que ha permès que les dues versions fossin perfectament comparables entre sí. Per aquest estudi, s'han combinat en mode vectorial els mapes reclassificats, per tal d'obtenir un mapa amb els polígons intersecció dels mapes combinats. En aquest procés de combinació s'han preservat la identitat, el tipus d'hàbitat i l'àrea de cada polígon de les capes de partida, en forma de camps temàtics a la base de dades dels polígons intersecció.

A partir d'aquestes dades s'han estudiat els indicadors següents:

- La fragmentació dels polígons de 1996 i de 2010, comptant el nombre de fragments què s'havien dividit els polígons originals al final del període estudiat. Aquest indicador s'ha descartat finalment per la seva dependència de la mida de la clapa (a més mida, més fragmentació per simple atzar), i només se'n donen algunes dades al text
- La reducció de l'hàbitat de 1996 i 2010, estimada comparant la superfície dels polígons originals amb la suma de les superfícies dels fragments resultants per a cada període. Aquest és l'únic dels dos indicadors que ha estat representat (Mapa 16).

La freqüència dels incendis forestals (1975-2013)

La caracterització de la història de focs de l'AMB s'ha dut a terme mitjançant la combinació de dades de procedència molt diversa (Mapa 17). En primer lloc s'han incorporat les dades dels punts d'ignició per al període 1990-2013. Aquestes dades han estat recopilades pel Consorci del Parc Natural de la Serra de Collserola, a partir d'observacions de les torres de guaita del parc georeferenciades per mètodes de triangulació combinant les dades de diverses torres.

En segon lloc s'han obtingut els perímetres dels incendis ocorreguts a l'AMB a partir de dues fonts diferents. D'una banda s'han incorporat els perímetres dels incendis del període 1990-2013 recopilats pel Consorci del Parc Natural de la Serra de Collserola, que provenen de la prospecció de camp dels mateixos agents del parc (delimitació amb GPS) i d'altres fonts (capes SIG produïdes pels Agents Rurals, Bombers de la Generalitat, Bombers de Barcelona i de la Diputació de Barcelona, etc.). Aquesta informació s'ha completat amb una capa dels incendis forestals de més de 30 ha del període 1975-2009, obtinguda pel CREAF per fotointerpretació sobre imatges del satèl·lit Landsat proporcionades pel Servei de Prevenció d'Incendis Forestals de la Generalitat de Catalunya. Mitjançant eines SIG ambdues capes s'han convertit a mapes de freqüències d'incendis en versió ràster (amb una resolució de 30 m), i s'han combinat entre sí seleccionant per a cada punt del territori el valor màxim dels dos ràsters inicials. D'aquesta manera s'ha obtingut el mapa de freqüències d'incendis més complet que existeix per a l'AMB, i que abasta un període de 38 anys.

El risc d'invasions per plantes

La proliferació de les espècies exòtiques és un fenomen global cada cop més important, responsable de problemes ecològics i econòmics molt diversos (Andreu et al. 2006). L'elaboració de mapes de risc d'invasió a partir de la distribució actual de les espècies exòtiques és un pas necessari per a la gestió d'aquest problema (Marcer et al., 2012), però l'obtenció d'aquests mapes resta encara limitada per una informació insuficient sobre la distribució de les espècies exòtiques.

Catalunya és una de les àrees amb major concentració d'espècies exòtiques d'Espanya i la Unió Europea, a causa de la transformació antròpica del paisatge i d'un clima suau (Pino et al. 2005). Amb tot, el nivell de coneixement de la distribució de les espècies exòtiques és força limitat i això dificulta l'elaboració de mapes de risc d'invasió detallats. L'any 2012, dins del projecte EXOCAT realitzat pel CREAF i impulsat per la Generalitat de Catalunya, es va dur a terme una prospecció de les espècies de plantes exòtiques presents en els principals hàbitats de la província de Barcelona amb l'objectiu de desenvolupar un model del risc d'invasió per aquest grup d'espècies i en aquest territori (Arroba 2013). Es va dur a terme un mostreig a l'atzar estratificat per una sèrie de grans tipus d'hàbitat, obtinguts per reclassificació de la darrera edició (2010) de la CHC. Es van visitar 658 punts de mostreig , repartits per la província i pels diversos hàbitats de forma proporcional a la seva extensió. A cada punt de mostreig es van anotar dades de presència i abundància de les espècies de plantes exòtiques en una parcel·la de 5m de radi. L'estudi es va limitar als neòfits o especies exòtiques arribades després del 1500, atès que la llista d'espècies arribades abans d'aquesta data és poc coneguda a Catalunya. Posteriorment es van seleccionar un conjunt de variables potencialment associades a la presència i riquesa d'espècies a partir de treballs previs (Pino et al. 2005, Gassó et al. 2009), per cadascuna de les quals es van posar a punt capes SIG específiques. Combinant aquestes capes amb els punts de mostreig i fent servir les dades de presència d'espècies invasores (amb valor 1 per als punts envaïts i 0 per als no envaïts), es va generar un model de la probabilitat d'invasió del territori, fent servir un model linear generalitzat (GLZ) amb una distribució binomial dels errors. El model estadístic obtingut és, per tant, un model logarítmic que combina tres variables explicatives que han resultat significatives: l'altitud, el tipus d'hàbitat i la distància a les carreteres. Combinant les capes SIG d'aquestes tres variables segons les equacions del model, i obtenint posteriorment l'antilogaritme d'aquesta combinació es generà un mapa del risc o probabilitat d'invasió per plantes (Mapa 18), amb valors entre 0 (risc nul) i 1 (risc màxim).

2.2. Anàlisi de les dades

Anàlisi de les pressions per al conjunt de l'AMB

Inicialment s'ha dut a terme una anàlisi del patró espacial de les diverses pressions estudiades a l'AMB, mitjançant interpretació experta dels mapes. En aquesta anàlisi s'ha fet un èmfasi especial en els principals *hot* i *cold spots* o àrees on es concentren els valors més elevats o més baixos de les diverses pressions.

Anàlisi de les pressions per hàbitats

L'anàlisi de les pressions per al conjunt de l'AMB s'ha completat amb una avaluació dels seus efectes sobre els hàbitats d'aquest territori, prenent com a referència la reclassificació de la Cartografia dels Hàbitats de Catalunya de 2010 (Mapa 2; Taula 1). Per tal de situar el lector sobre la importància dels diversos hàbitats en la conservació de la biodiversitat a l'AMB, aquesta part s'inicia amb una avaluació del valor de biodiversitat mitjà dels diversos hàbitats segons l'índex I_2, malgrat aquest valor no forma part, òbviament, de les pressions sobre la biodiversitat sinó de l'estat que aquestes determinen. Posteriorment es presenta una anàlisi limitada a aquelles pressions que compten amb patrons espacials de canvi suficientment consistents. Aquesta anàlisi s'ha basat en els valors mitjans per hàbitat, obtinguts a partir d'una mostra de 6400 punts (que corresponen aproximadament a 1 punt per cada 10 ha) seleccionats a l'atzar sobre l'AMB. Mitjançant procediments SIG realitzats amb MiraMon, aquesta capa de punts s'ha combinat amb les capes ràster de les diverses pressions i amb la capa de l'indicador I_2. Així s'han pogut recollir els valors d'aquestes capes en la base de dades dels punts, i obtenir per tant una mostra dels valors de cada polígon en funció de l'àrea d'aquests. Les mitjanes calculades per a cada tipus d'hàbitat són, per tant, ponderades per l'àrea de cada polígon. Degut a això, les desviacions típiques associades a aquestes mitjanes són de difícil interpretació i no es comentaran.

Anàlisi de les relacions entre les principals pressions i el valor de la biodiversitat

L'anàlisi de les pressions per al conjunt de l'AMB i els principals hàbitats s'ha completat amb una avaluació de les relacions espacials entre aquestes pressions i el valor de la biodiversitat del territori segons l'índex I_2. Aquesta avaluació s'ha dut a terme mitjançant els 6400 punts seleccionats a l'atzar

sobre l'AMB per a l'anàlisi de les pressions per hàbitat. A partir d'aquests punts, i utilitzant el *software* CANOCO 3.1 (Leps i Smilauer, 2003), s'ha realitzat una anàlisi canònica de la redundància (RDA) ponderada per l'àrea dels polígons, considerant diverses variables de pressions, l'índex I_2 i els diversos tipus d'hàbitats, codificats com a *dummy variables*. Prèviament, s'ha generat una matriu de correlacions de Pearson amb totes les variables predictores (Taula 1 de l'Annex), i a partir d'ella s'han descartat de l'anàlisi algunes variables, com ara les pressions per a la biodiversitat derivades dels canvis d'usos que presentaven una col·linealitat excessiva amb altres variables (els tipus de canvis), i això hauria comportat un augment trivial de la variància explicada. També s'han eliminat algunes variables que mostraven multicol·linearitat amb una sèrie de variables combinades (per exemple, el percentatge d'àrees sense canvi, que equival a 1 menys la suma dels percentatges de les àrees amb canvis progressius i regressius). I, encara, s'han descartat de l'estudi les variables de fragmentació a causa dels artefactes metodològics detectats en l'anàlisi dels seus resultats. Finalment, per tal de reduir la quantitat d'informació utilitzada a l'anàlisi, els hàbitats s'han reclassificat a categories més genèriques (vegeu Taula 1), de les quals s'han descartat els habitats rocosos degut a la seva escassa representativitat.

En definitiva, s'han fet servir 14 variables relativament poc correlacionades per al RDA (variables en negreta de la Taula 1 de l'Annex) més l'índex I_2. Totes les variables han estat estandarditzades per tal d'evitar artefactes deguts a l'escala de mesura. S'ha obtingut la variància explicada pels diversos components i s'han visualitzat de forma gràfica les relacions entre les diverses variables en l'espai ortogonal de les dues components més importants. El gràfic resultant mostra la importància (en variància explicada) de les diverses variables en l'espai ortogonal, la qual és relacionada amb la mida de les fletxes. També mostra la correlació entre les diverses variables, estimable segons l'angle entre les fletxes. Com més petit és l'angle entre fletxes, més correlacionades són les variables corresponents. En tot cas, cal recordar que aquestes correlacions no impliquen necessàriament relacions causa-efecte. Els hàbitats es mostren al gràfic com a variables nominals no quantitatives, i per tant sense fletxes.

3. Resultats

3.1. Resultats per al conjunt de l'AMB

El canvi climàtic

L'anàlisi retrospectiva i prospectiva dels canvis en les variables climàtiques cal fer-les amb cautela atesa la incertesa que acompanya els models utilitzats. Cal tenir present que els models de clima pretèrit es basen en dades climàtiques relativament escasses, mentre que els del futur s'han calculat tenint en compte escenaris socioeconòmics qualitatius. Tot i que s'ha intentat reduir aquesta incertesa analitzant les dades mitjanes per a períodes de 5 anys prou distants entre sí, els resultats són totalment preliminars i cal interpretar-los amb reserves, especialment quan es tracta d'analitzar els canvis a escala tant local com el territori de l'AMB.

S'han analitzat els canvis entre la situació actual (2003-2007) i dues situacions passades -un passat llunyà (1958-1952) i un de recent (1991-1995)- i dues situacions futures que inclouen un futur proper (2046-2050) i un altre de més llunyà (2096-2100). Els canvis en els valors mitjans de temperatura i pluviositat són força consistents entre períodes, especialment els primers. En canvi, el patró espacial d'aquests canvis és força variable. Cal destacar una disminució mitjana de la pluviositat de 139.2 mm i un augment mitjà de la temperatura de 0.9 °C entre el passat més llunyà i el present (Mapa 3). En general, les àrees litorals centrals i meridionals concentren l'augment més gran de temperatura, però també mostren una menor reducció de la pluviositat. Els màxims d'augment de la temperatura es concentren a la ciutat de Barcelona i a l'àrea de Viladecans-Gavà. Els canvis entre el passat recent i l'actualitat indiquen també una disminució mitjana de la pluviositat (65.6 mm) i un augment de la temperatura (0.45 ºC), tot i que el patró de canvi és totalment oposat, amb una disminució de la pluviositat concentrada a la meitat SO i un augment d'entre 0.5 i 0.7 ºC força generalitzat pel centre del territori (Mapa 4). La comparació entre el futur proper i l'actualitat també indica un augment mitjà de les temperatures (0.74 °C sobre la temperatura mitjana) i, en canvi, un augment lleuger de la pluviositat (86.5 mm de mitjana). Les tendències d'augment de la temperatura es mantenen en la comparació entre el futur llunyà i l'actualitat (3.54°C de mitjana) i torna a aparèixer una disminució de la pluviositat (-69.6 mm de mitjana). Els patrons espacials (Mapes 5 i 6) són relativament poc definits, tot i que mostren que

l'augment de les temperatures serà menor, precisament, a les àrees costaneres que van patir els increments més importants en el passat.

Els canvis en les cobertes del sòl i les pressions derivades

Entre 1956 i 2009, un 36% de l'AMB ha sofert canvis regressius que han comportat una pèrdua de la naturalitat dels seus hàbitats (Mapa 7). Bona part d'aquests canvis s'han concentrat a les àrees planes que envolten la ciutat de Barcelona, i que s'han urbanitzat de forma més intensa en aquest període (perifèria del pla de Barcelona, vall i delta del Llobregat, vall del Besòs i plana del Vallès), però també corresponen a la urbanització més dispersa de la serralada litoral i el seu samontà (especialment a l'Ordal i a la serra de marina, però també a Collserola) i a la desforestació causada pels incendis forestals (massís del Garraf). En contrapartida, un 18% del territori ha sofert canvis en la direcció contrària que han portat a una certa renaturalització dels hàbitats naturals. Això és especialment important al samontà de la serralada Litoral, on les àrees agrícoles de secà han deixat pas a boscos i matollars, però també al delta del Llobregat on han aparegut noves zones humides per l'abandonament de conreus (els Reguerons, Can Sabadell) i per les mesures compensatòries del pla Delta (cal Tet). Entre 1956 i 1993 (Mapa 8), els canvis en les cobertes del sòl són molt semblants als observats per al període d'estudi sencer, amb un 31% i un 16% de canvis regressius i progressius respectivament, centrats essencialment a les mateixes àrees que al període 1956-2009. Entre 1993 i 2009 (Mapa 9), els canvis progressius i regressius han tingut una importància similar (12% i 15% del territori, respectivament). Els canvis regressius corresponen majoritàriament a la urbanització del delta del Llobregat, derivada del pla delta i de la consolidació d'un nou samontà entre Sant Boi i Castelldefels, la consolidació de les infraestructures de transport previstes a la vall Baixa del Llobregat (i el Besòs) i l'expansió urbana recent a les àrees del Baix Llobregat, el Vallès i el Maresme que limiten amb la segona corona metropolitana. Els canvis progressius es centraren al delta del Llobregat, on coincideixen la recuperació d'hàbitats naturals per abandonament agrícola i les mesures compensatòries del Pla Delta, i al samontà de la serralada litoral on continuà l'aforestació de conreus abandonats. També es va donar una certa recuperació dels boscos afectats pels incendis del Garraf a la dècada dels 80.

Les pressions sobre la biodiversitat derivades del canvi en les cobertes del sòl reflecteixen patrons de canvi complementaris als anteriors. Entre 1956 i 2009 (Mapa 10) s'ha urbanitzat un 31% del territori de l'AMB, un 5% s'ha convertit en bosc, un 6% s'ha desforestat i un 10% ha patit un procés d'abandonament agrícola. El mapa confirma la urbanització de les parts baixes de l'AMB (perifèria del Barcelona, vall baixa i delta del Llobregat, vall del Besòs i plana del Vallès), i també de la serralada litoral i el seu samontà encara que de forma més dispersa (amb excepcions com l'Ordal). L'aforestació i l'abandonament agrícola es concentren al samontà litoral (especialment a l'Ordal i a Collserola) però també als contraforts prelitorals (parts baixes de la serra de Rubió i massís de Montserrat). En algunes àrees del litoral (Garraf-Ordal, serra de Marina, però també Collserola) aquest procés d'aforestació és compensat per la desforestació causada pels incendis forestals, que van ser especialment importants entre 1980 i 1992. En conseqüència, aquest patró de desforestació es especialment evident al mapa de canvis entre 1956 i 1993 (Mapa 11). La resta de pressions observades en aquest mapa mostren un patró similar a l'observat al Mapa 10 per a tot el període d'estudi. A l'etapa final d'aquest període, entre 1993 i 2009 (Mapa 12), s'observa un predomini menys clar de la urbanització (11%) sobre la resta de pressions (7% d'aforestació i 4% de desforestació i abandonament). Cal destacar, però, que un 26% del conjunt del territori l'AMB ha estat sotmès a alguna d'aquestes pressions sobre la biodiversitat en el curt període estudiat (16 anys), cosa que posa de manifest **l'enorme dinamisme del territori metropolità i les pressions que això comporta sobre la conservació dels seus organismes i sistemes naturals**.

La connectivitat ecològica

La connectivitat ecològica terrestre de l'AMB s'ha modelitzat per als anys 1956 i 2005 a partir d'un model regional que cobreix tota Catalunya amb una resolució de 25 m i que dóna, a escala logarítmica i per a cada punt del territori, valors mitjans de disponibilitat dels diversos hàbitats per a la connectivitat, mesurats en Log(ha). Les dades de partida són uns mapes de 7 tipus diferents de cobertes del sòl generalització del MCS56_B de 1956 i el MCSC de 2005. Per tot plegat, cal interpretar els resultats amb prudència atesa la seva poca resolució.

El model de 2005 (Mapa 13) indica que bona part de l'AMB, especialment a les àrees més urbanitzades del pla de Barcelona, de les valls del Llobregat i el Besòs i de la plana del Vallès tenen una connectivitat molt baixa com a conseqüència de l'extensió de les àrees urbanitzades i de la proliferació d'infraestructures de transport (especialment als corredors del Llobregat, el Besòs i el Vallès). Els valors de connectivitat més elevats (>3 Log(ha)) es concentren als massissos occidentals (Garraf i, secundàriament, Ordal), mentre que Collserola i la Serra de Marina mostren valors inferiors (1.8-3), encara que no tant com els dels espais naturals i agraris del delta del Llobregat (0.7-1.8). El patró

espacial de connectivitat il·lustra la ja coneguda poca connexió entre les diverses peces de la serralada litoral i l'encara més extrema situació de la connectivitat del delta del Llobregat amb aquesta serralada, fins i tot amb el sector del Garraf. La connectivitat mitjana de l'AMB és de 0.99 Log (ha) (9.77 ha) d'hàbitat potencial, quan la connectivitat mitjana de Catalunya amb el mateix índex se situa en 2.65 Log (ha) (440 ha). El Mapa 14 recull els valors mitjans de l'ICT per als polígons dels principals hàbitats de l'AMB. S'observa que la mida dels polígons condiciona en bona part la seva connectivitat, amb valors màxims als grans polígons forestals de la serralada litoral. Amb tot, destaca també la disminució dels valors mitjans de l'ICT a les àrees forestals properes a zones urbanitzades (urbanitzacions del centre de l'Ordal i Collserola, límits de Collserola, Ordal i Marina amb la conurbació de Barcelona, etc.). Els valors de l'ICT són especialment baixos als hàbitats de la vall i el delta del Llobregat, a la vall del Besòs i a la resta de la franja litoral, de mida petita i immersos en una matriu de paisatge especialment antropitzada. **Això té efectes especialment negatius sobre la conservació de la biodiversitat de l'AMB, ja que molts d'aquests hàbitats de les zones baixes són de gran interès per a la conservació** (vegeu apartat 3.2 per a més detalls).

El model de 1956 segueix a grans trets el de 2005 (Mapa 15), tot i que cal destacar l'existència d'àrees de connectivitat moderada, entre 1 i 2.5 Log (ha), als dos extrems del pla de Barcelona i especialment al sector limítrof amb la vall baixa i el delta del Llobregat. Destaca també la major potència del corredor litoral, especialment al massís del Garraf i Ordal però també als límits de la plana del Vallès amb Collserola i la serra de Marina. Els valors mitjans de connectivitat l'any 1956 se situen en 1.08 Log(ha), (12.02 ha). L'anàlisi dels canvis en la connectivitat ecològica entre 1956 i 2005 (Mapa 16) dóna un resultat força interessant: el canvi mitjà a l'AMB és de -0.09 ±0.93 Log(ha), per tant pràcticament zero amb una lleugeríssima tendència al descens. Ara bé, el patró espacial dels canvis és molt contrastat entre territoris, i amb una forta tendència a l'agregació. En general**, s'ha incrementat notablement a les zones recentment aforestades, especialment als massissos de Collserola i Ordal**, **en alguns sectors del Garraf i la serra de Marina**. En canvi, **ha disminuït notablement a bona part de la vall baixa i del delta del Llobregat (tret d'algun sector puntual, probablement per abandonament agrícola)**. La pèrdua de connectivitat és especialment important a l'hemidelta esquerre i a la vall del riu, però també a sectors recentment urbanitzats de l'Ordal, al límit de la serralada litoral amb la plana del Vallès, i a la vall del riu Besòs.

La fragmentació dels hàbitats

La fragmentació dels hàbitats s'ha avaluat a partir de la combinació de dues versions de la Cartografia dels Hàbitats a Catalunya (1996 i 2010) i l'anàlisi dels canvis en l'àrea dels polígons i en el nombre de fragments. Cal tenir en compte que aquestes capes han estat obtingudes amb mètodes molt similars tot i que no totalment coincidents. Per aquest motiu, la seva combinació pot originar artefactes que cal tenir en compte a l'hora d'interpretar els resultats. Amb tot, l'estudi s'ha fet sobre una reclassificació dels hàbitats originals (més de 60) en una vintena de categories d'hàbitats més genèriques, cosa que ha reduït probablement aquests artefactes. No obstant això, cal considerar aquests resultats com a preliminars i la seva valoració en termes quantitatius cal fer-la amb reserves.

En general, s'observa que els polígons més fragmentats són els de mida més gran, resultat relativament trivial però que també indica una certa aleatorietat espacial en el procés de fragmentació. Més interessants són els resultats del percentatge de pèrdua d'àrea a les clapes d'hàbitats de 1996 en relació amb el 2010 (Mapa 17). Cal destacar que aquesta pèrdua es concentra a les àrees de samontà de la serralada prelitoral, fruit probablement de la proliferació de cobertes urbanes disperses i dels processos d'aforestació i abandonament agrícola. És especialment important a les serres de l'Ordal, però també al vessant sud del massís de Collserola i a la serra de Marina. I també destaca la fragmentació que han sofert els hàbitats agrícoles i naturals de la vall baixa i del delta del Llobregat, especialment als voltants de l'aeroport. Aquest procés de fragmentació és especialment greu, atesa la importància ecològica del delta del Llobregat i de la vall baixa del riu en el manteniment de la biodiversitat i dels béns i serveis ecosistèmics de l'AMB.

Els incendis forestals

Els incendis forestals són una de les pressions més significatives sobre els ecosistemes forestals mediterranis. L'AMB també es veu afectada regularment per aquests. **Entre 1990 i 2013 s'han enregistrat gairebé 5000 punts d'ignició**. Com ja s'ha comentat, les dades disponibles cobreixen parcialment el període 1975-2013. Segons aquestes dades, **8352.4 ha s'han vist afectades per incendis entre 1975 i 2013, les quals corresponen a un 13.04 % de l'AMB i a un 28.62% de la seva superfície forestal** (és a dir totes les cobertes menys les agrícoles i la superfície construïda).

Durant aquest mateix període, el nombre mitjà d'incendis per cada punt del territori ha estat de 0.17 (SD=0.48). Unes 5825 ha s'han cremat un cop i més de 2400 s'han cremat dos cops, mentre que les àrees afectades per 3 incendis o més sumen 96 ha. Els incendis es concentren al massís del Garraf (Mapa 18), bona part del qual es va cremar dos cops (el 1982 i el 1991), a la serra de Marina (amb petites àrees que acumulen fins a 4 o 5 incendis els darrers 35 anys) i a la serra prelitoral (serres de Rubió i massís de Montserrat).

El risc d'invasió per plantes

El risc d'invasió per plantes s'ha estimat mitjançant un model probabilístic generat a partir de 700 punts de mostreig realitzats el 2012 i distribuïts per tota la província de Barcelona, a cadascun dels quals es va anotar la presència o absència d'espècies de plantes vasculars exòtiques. Com en el cas de la connectivitat es tracta d'un model pensat per a una escala regional, i per tant cal interpretar els seus resultats amb prudència en àmbits tant locals com l'AMB. El model (Mapa 19) posa de manifest l'elevat risc d'invasió ($p>0.7$) de les àrees més baixes i antropitzades de l'AMB (plana litoral, valls baixes del Llobregat i el Besòs, plana del Vallès). també és relativament elevat als sectors muntanyosos més urbanitzats del massís de l'Ordal, la serra de Marina i el massís de Collserola. De fet, els valors només són relativament baixos a les àrees muntanyoses amb paisatges forestals continus, dominats per tant per cobertes forestals llenyoses. La probabilitat mitjana d'invasió de l'AMB, és a dir, la probabilitat de trobar una planta en un punt triat a l'atzar, és de 0.55.

3.2. Resultats per als principals hàbitats

Seguidament es presenten els resultats de la distribució dels valors de biodiversitat dels principals hàbitats de l'AMB i de les principals pressions que els afecten (vegeu-ne un resum dels valors mitjans i llur desviació estàndard a la Taula 2 de l'Annex). Tal com s'ha comentat a l'apartat anterior, les variables climàtiques mostren patrons espacials de canvi difícilment interpretables a escala de l'AMB. Els valors mitjans d'aquests canvis per cada hàbitat són, probablement, força influïts per artefactes locals dels models climàtics, i per això no seran objecte d'interpretació. Tampoc s'han considerat les pressions sobre la biodiversitat, poc útils a escala dels hàbitats ja que coincideixen molt amb canvis en la tipologia d'aquests. En comptes d'aquestes pressions es comenten els tipus de canvis en els hàbitats (progressius, regressius, sense canvis i d'altres) que sí que són una pressió rellevant a escala d'aquests.

El valor de la biodiversitat (I_2)

Els hàbitats que tenen els valors de l´index I_2 més alts són els matollars de sòls salins, els hàbitats aquàtics (aigües dolces i vores d'aigua) i els boscos d'esclerofil·les i aciculifolis. Els camps abandonats, els parcs urbans i els conreus llenyosos tenen valors molt baixos de l'indicador, malgrat que això pot ser degut a un coneixement limitat de la biodiversitat urbana. Una prospecció més acurada d'aquesta biodiversitat podria fer aflorar valors més elevats, especialment als parcs metropolitans més naturals.

Els canvis en els tipus de cobertes del sòl i les pressions derivades

Els canvis en els tipus de cobertes del sòl, classificats en regressius, progressius, sense canvis i altres, tipifiquen l'historial de canvis als diversos hàbitats i posen de manifest la seva estabilitat al llarg del temps. Alguns hàbitats, sobretot els dels estadis successionals més avançats o els que, per la duresa de llurs condicions ambientals, mostren una successió lenta (roques) acostumen a ser més estables al llarg del temps (vegeu les mitjanes dels diversos hàbitats a la Fig.3). En canvi, altres hàbitats de trànsit són més inestables i bona part de llur superfície correspon a renaturalitzacions o degradacions més o menys recents.

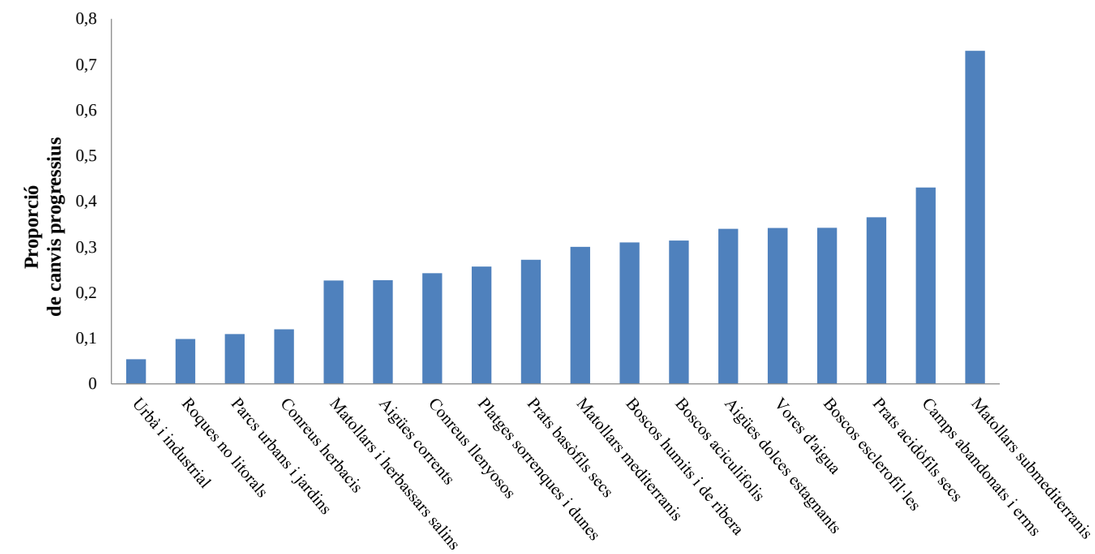
Entre el 1956 i el 2009**, un 56% de la superfície dels hàbitats actuals ha estat sotmesa a canvis**, tot i que alguns hàbitats com els conreus, tant herbacis com llenyosos, les roques no litorals, els boscos i els matollars salins han mantingut un 50% o més de la seva superfície lliure de canvis. En el cas dels conreus això s'explica pel fet que els darrers anys no han aparegut nous conreus per degradació d'hàbitats naturals. També és força explicable el cas dels hàbitats rupícoles i els matollars salins, representants de condicions ambientals extremes. Veurem, però, que el cas dels boscos és força ambigu i per això interessant.

Un 30% o més de tots els matollars (mediterranis i submediterranis), dels conreus abandonats, dels prats acidòfils (dominats per *Hyparrhenia hirta*), i de tots els boscos (esclerofil·les, de ribera i aciculifolis) són el resultat de canvis progressius ocorreguts entre 1956 i 2009 (Fig 3). Aquest resultat sembla obvi per a

determinats hàbitats secundaris, originats per transicions successionals, com ara els conreus abandonats, els prats i matollars i fins i tot els boscos aciculifolis que, a l'AMB, són dominats per pinedes de *Pinus halepensis* i *P. pinea*. En canvi, el resultat és força sorprenent pel que fa als alzinars i alzinars amb roures que integren els boscos esclerofil·les. I d'altra banda també sorprèn que el grau d'estabilitat dels boscos no sembla relacionar-se amb la seva tipologia ni segueix els models successionals clàssics, ja que els alzinars (boscos esclerofil·les) no són més estables que les pinedes (la proporció d'àrea estable entre 1956 i 2009 als boscos esclerofil·les i de coníferes és, respectivament, de 0.54 i 0.59). Això indica que a l'AMB poden coexistir dos tipus de boscos, uns de relativament estables i altres de més dinàmics, d'una forma bastant independent de l'espècie dominant i amb les conseqüències que això pot tenir per a la seva biodiversitat. Actualment, el CREAF avalua les diferències de riquesa, estructura i composició d'espècies entre aquests boscos estables i inestables mitjançant un projecte de recerca específic.

Més d'un 30% de la superfície dels prats i els matollars mediterranis han estat originats per canvis regressius entre 1956 i 2009. Aquesta dada, juntament amb la dels canvis progressius, confirma el paper de transició que tenen aquests hàbitats . Això probablement té efectes sobre la seva biodiversitat, ja que difícilment permet l'establiment de grans poblacions de les espècies més exigents d'aquests ambients. També cal esmentar l'aparició de determinats hàbitats menors com les roques no litorals i les vores d'aigua, com a resultat de la degradació d'hàbitats forestals llenyosos. La resta d'hàbitats amb canvis regressius més importants són els artificials (àrees urbanes i parcs), per raons òbvies.

Un 28% de la superfície hàbitats de l'AMB han estat afectats per canvis entre 1993 i 2009. Els matollars submediterranis, formats per bardisses amb esbarzers (*Rubus ulmifolius*), aranyoners (*Prunus spinosa*) o matollars de boix (*Buxus sempervirens*), són els hàbitats que acumulen una proporció de canvis progressius més elevada (76% de l'àrea), cosa que reflecteix la seva inestabilitat. També hi destaquen els ambients aquàtics en general (aigües estagnants i corrents, hàbitats de vores d'aigua i fins i tot boscos de ribera), molts dels quals són producte de restauracions d'origen divers. Òbviament, les condicions més o menys humides en què es troben tots aquests hàbitats faciliten la seva aparició espontània o la seva recreació a partir d'hàbitats més degradats. També és molt interessant el cas de les platges, que han recuperat bona part dels seus hàbitats amb les polítiques de regeneració de les comunitats dunars impulsades pels serveis de l'AMB, especialment al delta del Llobregat. La resta d'hàbitats que acumulen canvis progressius en una proporció notable corresponen a conreus i altres hàbitats secundaris com matollars, prats i erms. Els canvis regressius entre 1993 i 2009 són, de mitjana, similars als progressius per al conjunt de l'AMB. Entre els hàbitats amb més proporció d'aquests canvis destaquen els propis de les vores d'aigua i els erms, a més dels hàbitats més antròpics (conreus, parcs urbans i jardins, àrees urbanes i industrials) per raons òbvies.



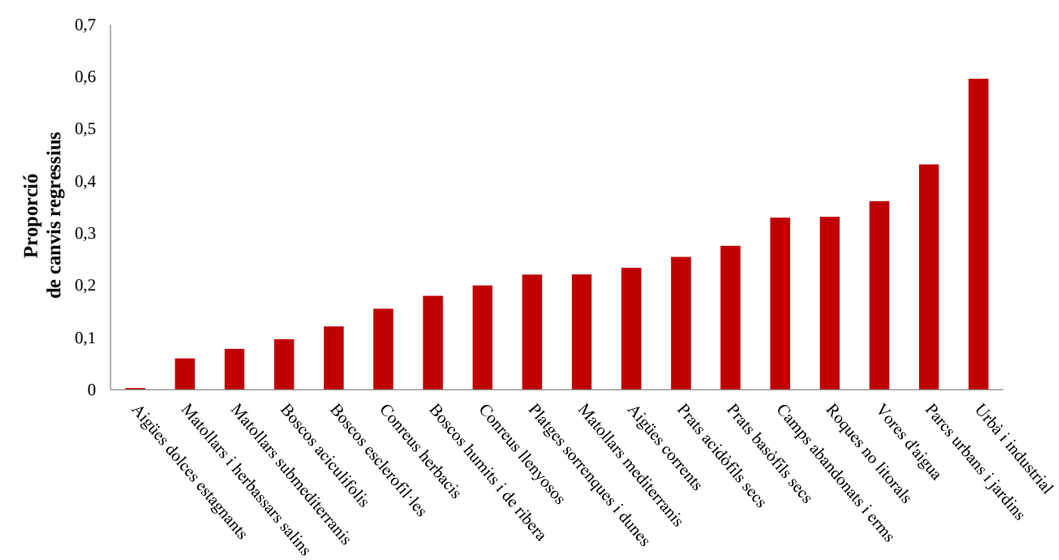


Fig. 3. Proporció mitjana de canvis progressius (a dalt) i regressius (a baix) als hàbitats de l'AMB entre 1956 i 2009.

Bona part dels canvis entre 1956 i 1993 segueixen el patró dels canvis del període complet (1956-2009). Potser cal destacar que els hàbitats amb canvis progressius més elevats (mitjanes de mes de 30%) són els prats, els matollars i els boscos de tota mena, cosa que reforça la inestabilitat –intrínseca o no- de molts d'aquests hàbitats en regions metropolitanes com l'AMB. Els hàbitats amb canvis regressius més importants són les ciutats i els parcs urbans (amb mitjanes de més de 40%), però també cal esmentar el cas d'hàbitats de transició com els prats i els matollars mediterranis (amb més de 30% de canvis), que probablement es relacionen amb l'efecte dels incendis forestals dels anys 80 i principis dels 90.

El risc d'invasió per plantes

El patró d'invasió de l'AMB, amb valors elevats concentrats a les planes i samontans més antropitzats, condiciona al seu torn el patró d'invasió dels diversos hàbitats. Així, els hàbitats amb més risc d'invasió a l´AMB són els matollars halòfils (corresponents a salicornars litorals), les comunitats de platges i dunes, els prats acidòfils (propis dels vessants sud de Collserola i la Serra de Marina i dominats per *Hyparrhenia hirta*), els conreus (herbacis i llenyosos), els parcs urbans, les àrees urbanes i els camps abandonats. Tots aquests hàbitats mostren un risc d'invasió de més del 70%. Destaquen especialment les platges i els ambients urbans com *hot-spots* de les invasions per plantes (amb probabilitats d'invasió en torn al 80%). En el cas d´ambients de platges i dunes, destaca la relació inversa amb els *hot-spots* de la biodiversitat (l´index I_2). En alguns espais en concret (delta de Llobregat), els hàbitats amb mes risc d´invasió per plantes (platges) són els que presenten els valors més alts de l'I_2. Els hàbitats amb poca probabilitat de ser envaïts (els *cold-spots* de les invasions per plantes) són els matollars (mediterranis i submediterranis), els boscos (esclerofil·les i aciculifolis), amb probabilitats inferiors al 15%.

La connectivitat ecològica

Segons l'índex de connectivitat ecològica proposat (ICT), la connectivitat dels hàbitats de l'AMB és realment baixa, amb una mitjana d'1.0 que equival a unes 10 ha d'hàbitat potencial per a la connectivitat. Els hàbitats més connectats a l'AMB són les roques no litorals, els prats basòfils, els matollars mediterranis i submediterranis i els boscos (aciculifolis i esclerofil·les), amb valors mitjans de l'ICT superiors a 2 (corresponents a més de 100 ha). La connectivitat d'aquests hàbitats s'explica pel fet que es troben localitzats als massissos forestals litorals, en àrees dominades per aquestes cobertes i amb poca penetració d'àrees urbanes i d'infraestructures de transport, que són els elements que fan baixar més l'ICT perquè comporten una gran impedància (vegeu una representació dels valors mitjans dels polígons d'hàbitats no urbans al Mapa 14). A l'altre extrem es troben bona part dels hàbitats de plana i, especialment, els de la franja litoral i de les riberes fluvials. En aquests ambients, la forta pressió humana en forma d'àrees urbanitzades i infraestructures de transport comporta una fragmentació extrema de les clapes d'hàbitat i una elevada impedància de la matriu del paisatge, que fan disminuir la connectivitat dels hàbitats. En una situació intermèdia es troben els hàbitats agrícoles, de dimensions en general més grans que els anteriors i en part concentrats en paisatges encara relativament poc urbanitzats. Els hàbitats urbans (ciutats, parcs urbans) i els ambients aquàtics són els que mostren els valors de l'ICT més baixos; els primers per la lògica impedància associada al moviment d'espècies i processos, i els segons per llur dimensions reduïdes i llur concentració en paisatges molt antropitzats.

Pel que fa a l'increment recent (1956-2009) de la connectivitat, els valors mitjans per hàbitat són propers a zero tal com també es constata a l'anàlisi per al conjunt del territori. També, com es desprenia d'aquella anàlisi, els valors positius es concentren en alguns prats, matollars mediterranis i submediterranis i boscos. Tots aquests hàbitats es caracteritzen per llur concentració a les serralades, on s'ha incrementat la connectivitat a través de l'augment generalitzat de les cobertes forestals. Cal esmentar que els hàbitats rupícoles i alguns prats que també caracteritzen aquests espais poden haver perdut una part de la connectivitat de les espècies més específiques (els anomenats especialistes d'hàbitat), però això s'ha vist en alguns casos compensat per un increment de la dels generalistes. En canvi, els hàbitats de plana mostren una disminució generalitzada de la connectivitat, especialment palesa als hàbitats litorals (platges, aiguamolls, matollars salins), i lògicament també a les àrees urbanes i industrials, a les zones enjardinades i als conreus.

La fragmentació dels hàbitats

Els hàbitats més fragmentats, amb valors mitjanes de més de 1.5 taques per hàbitat, acostumen a ser hàbitats que ocupen grans extensions, com els boscos aciculifolis, matollars mediterranis i els prats basòfils secs de Garraf. Aquest resultat, també evident al Mapa 14, indica una certa aleatorietat espacial en el procés de fragmentació. Amb tot, alguns hàbitats de petites dimensions com els hàbitats inundables

i els conreus llenyosos han patit un procés de fragmentació notable, probablement (especialment als darrers) per una proximitat a àrees habitades i a corredors d'infraestructures de transport. Un altre hàbitat que ha sofert una fragmentació notable han estat les cobertes urbanes, cosa que sembla més aviat un artefacte metodològic i evidencia les dificultats que sorgeixen a l'hora de comparar les dues versions de la Cartografia dels Hàbitats a Catalunya. curs da els boscos aciculifolis i els conreus llenyosos.

D'altra banda, la pèrdua d'hàbitat entre 1996 i 2010 ha estat relativament petita, cosa esperable atès el curt lapse de temps analitzat i l'escala relativament grollera (1:25000) de la cartografia. Amb tot, s'observen alguns hàbitats d'ambients antropitzats, com els conreus llenyosos, els camps abandonats i els erms, que han perdut més d'un 25% de la seva àrea original. Igualment destaca la pèrdua d'hàbitat als boscos esclerofil·les, cosa que podria deure's a una millor delimitació dels polígons (i per tant a artefactes metodològics) en la darrera versió del mapa (i que per tant hauria determinat una reducció de l'àrea de les clapes respecte les de 1996). Les ciutats i especialment les seves àrees enjardinades també han perdut, de mitjana, més d'un 20% de la seva àrea, i fins i tot les ciutats han perdut gairebé un 7% de la seva àrea. Això reforça la idea que la comparació d'aquestes dues versions de la Cartografia dels Hàbitats a Catalunya va acompanyada de força artefactes metodològics tot i els esforços per reduir-los. Per tant, la interpretació dels resultats ha de fer-se amb molta cura.

La freqüència dels incendis

Entre els hàbitats de l´AMB més afectats per incendis els darrers 35 anys cal esmentar els matollars mediterranis i de muntanya, els prats basòfils i acidòfils i les roques no litorals. Aquests hàbitats tenen en general força interès pel que fa a la conservació de la biodiversitat (valors alts de l'índex I_2) i es troben menys fragmentats. Sovint, però, matollars i prats (i també bona part de les roques) són hàbitats de transició, la persistència dels quals va molt lligada a una certa recurrència de focs. És per això que aquest resultat presenta un cert argument tautològic: els hàbitats que tenen una major superfície cremada són, precisament, els que resulten d'una certa recurrència de focs.

Els boscos aciculifolis també acumulen una certa freqüència d'incendis, amb un valor mitjà de 0.21 focs per al període estudiat, cosa que es relaciona amb l'elevat pirofitisme d'algunes pinedes com ara les de *P. halepensis*. També cal esmentar una freqüència notable d'incendis en alguns boscos humits i de ribera. Probablement, això és degut a que es tracta d'hàbitats poc freqüents que, per simple atzar, han estat afectats per focs concrets. Tanmateix els hàbitats de ribera es troben relativament exposats als incendis degut a les activitats marginals que sovint es desenvolupen a rius, rieres i marges fluvials de l'AMB.

3.3. Anàlisi de les relacions entre variables

La Fig. 4 recull els resultats d'una anàlisi RDA realitzada per tal d'avaluar les relacions entre 14 pressions seleccionades i entre aquestes i els principals hàbitats, per una submostra de 6400 punts a l'atzar. Els dos primers eixos de la RDA recullen la importància i les relacions entre les 14 variables estudiades, però també la seva distribució en funció del tipus d'hàbitat. El primer eix (horitzontal) és més aviat relacionat amb les variables de l'estructura i dels canvis en el paisatge (increment de connectivitat ecològica, tipus de canvis en les cobertes del sòl) i de biodiversitat (risc d'invasió i índex I_2), i mostren un gradient clar de degradació del territori i de qualitat de la biodiversitat. El segon eix (vertical) es relaciona més aviat amb el canvi en les variables climàtiques. Els dos primers eixos expliquen conjuntament un 31.7 % de la variància total i el model és altament significatiu ($p = 0.002$).

Per hàbitats, cal destacar la lògica distribució dels hàbitats més antròpics (urbà i parcs) a l'extrem negatiu, on es concentren els factors de degradació (canvis regressius, risc d'invasió) i les grans cobertes forestals (boscos i matollars-prats) a l'extrem positiu, on es concentren els factors de restauració i de valor de la biodiversitat (tret del cas dels focs, que discutirem més endavant). Els conreus i els ambients humits ocupen una posició intermèdia en aquest gradient, mentre que les platges mostren una relació amb l'eix de temperatures difícil d'explicar.

Pel que fa a l'anàlisi conjunta del gràfic, un primer resultat a destacar és la relació preferent del valor de la biodiversitat (expressat per l'índex I_2 i també de forma negativa pel risc d'invasió) amb les variables de canvi del paisatge, mentre que la relació és molt més feble amb les variables de canvi climàtic. També cal destacar la relació positiva entre el risc d´invasió per plantes i els canvis regressius del territori (corresponents a una pèrdua de naturalitat de la vegetació; com la desforestació o la urbanització), molt vinculats amb els ambients urbans en general. La relació es especialment important amb els canvis regressius entre 1956 i 2009 i, cosa que sembla indicar que les àrees que han patit els canvis més antics són les que acumulen un major risc d´invasió, probablement perquè aquesta precisa d'un cert interval de temps per a materialitzar-se (concepte de crèdit d'invasió proposat per Vilà & Ibáñez 2011).

També cal destacar l'existència d'una elevada correlació positiva entre l'abundància d'hàbitats llenyosos (boscos i matollars-prats), el valor de la biodiversitat i l'increment de la connectivitat ecològica. Aquestes variables no presenten necessàriament una relació causa-efecte, sinó poden estar en part relacionades per una coincidència espacial. Els ambients de l´AMB històricament més afectats pel foc són els forestals més continus, on a més s'han concentrat els augments de connectivitat. En part per aquesta connectivitat, sovint concentren les àrees amb un índex I_2 més elevat. És probable que la continuïtat d'hàbitats naturals que indica la connectivitat ecològica afavoreixi la freqüència de focs, però la relació amb el valor de la biodiversitat és més difícil d'establir. S'ha suggerit, en tot cas, que la freqüència de focs podria ajudar a mantenir ambients de transició com matollars i prats, amb una elevada biodiversitat d'interès.

D'altra banda, destaca també la relació positiva entre l'increment de la connectivitat ecològica, el valor de la biodiversitat (I_2) i els canvis progressius que comporten una millora de la naturalitat. Així, els territoris amb una biodiversitat més valuosa sembla que són els que han patit més canvis progressius i una millora més important de la connectivitat, tot i que aquest resultat no implica necessàriament una relació totalment causal entre aquestes variables sinó que pot ser en part deguda, de nou, a una coincidència espacial: les àrees que han recuperat naturalitat es situen sovint a la perifèria o enmig de les grans àrees naturals d'un cert valor per a la biodiversitat, i això comporta que la seva connectivitat ecològica sigui elevada. Això es relaciona amb el fet que els hàbitats que més han incrementat la seva connectivitat ecològica els darrers 60 anys són els boscos, que ocupaven ja grans extensions en temps passats. Però en canvi, hi ha alguns hàbitats de petites dimensions i amb biodiversitat de gran valor que han sofert una pèrdua important de la connectivitat, a causa de la seva situació en paisatges antropitzats (com és el cas dels hàbitats humits).

Finalment, cal destacar la relació negativa del risc d'invasió per plantes i dels canvis regressius del territori amb l'increment de la connectivitat ecològica i el valor de la biodiversitat. Aquestes relacions suggereixen que els territoris més degradats i fragmentats són els que tenen un risc d'invasió més elevat i hostatgen una biodiversitat menys interessant. Al conjunt de l´AMB, els hàbitats amb menys risc d'invasió per plantes i amb més biodiversitat són els boscos i els matollars, mentre que els urbans i periurbans són els més susceptibles de ser envaïts.

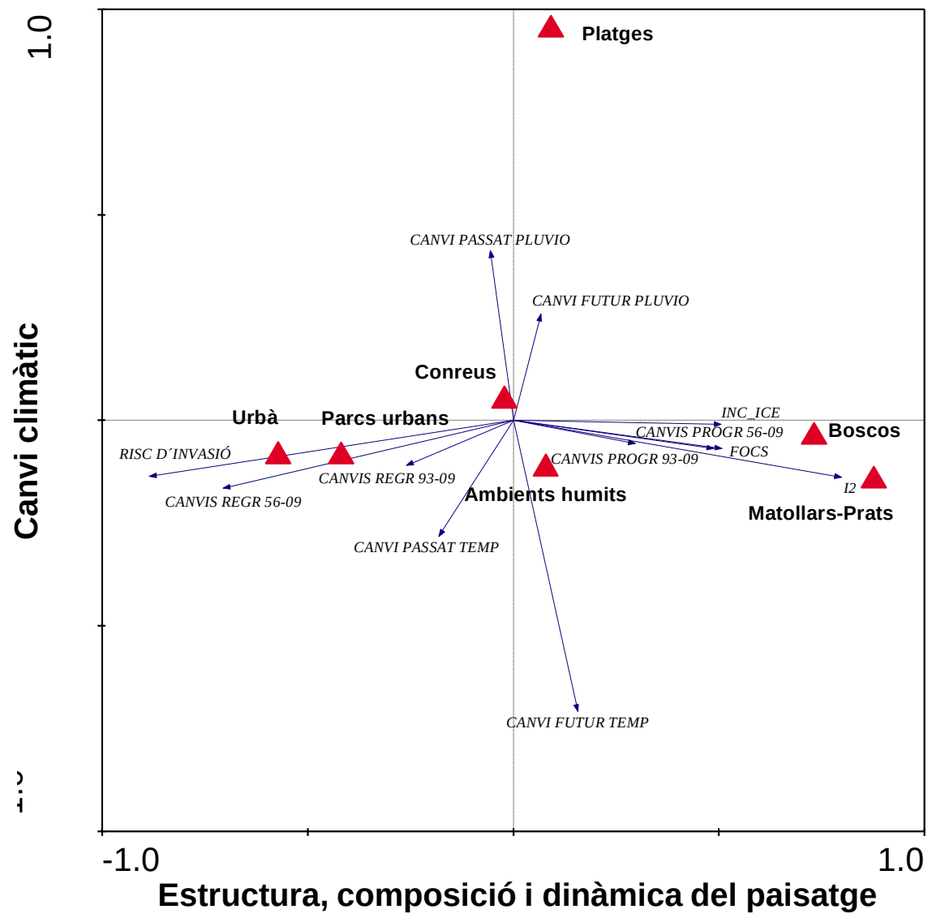


Fig. 4. Anàlisi de la redundància (RDA) que relaciona els principals tipus d'hàbitats, les diverses pressions sobre la biodiversitat i l'índex I_2. Es presenten els dos primers eixos canònics de l'anàlisi, amb una interpretació sumària de la seva significació ambiental. Ambdós eixos expliquen un 31.7 % de la variància total.

4. Algunes conclusions

Els resultats d'aquest treball són encara preliminars, tot i que apunten una sèrie de tendències pel que fa a l'efecte de les diverses components del cavi global sobre la conservació de la biodiversitat a l'AMB. Cal destacar en primer lloc que el valor d'aquesta biodiversitat, expressat amb l'índex I_2 desenvolupat per Pino & Başnou (2013), apareix força relacionat amb l'estructura i la dinàmica del paisatge, i molt menys amb el canvi en les condicions climàtiques. Així, el valor de l'índex I_2 és força relacionat amb atributs de l'estructura actual del paisatge com la connectivitat ecològica, o amb els canvis regressius i progressius en les cobertes del sòl, mentre que els factors de canvi climàtic són molt poc correlacionats amb aquest índex (Fig. 4). Els efectes de la transformació del paisatge es veuen, a més, reforçats per d'altres components del canvi global, com ara els canvis en la connectivitat ecològica, l'augment de la freqüència d'incendis o el risc d'invasió per espècies exòtiques. Tots aquests factors es veuen afavorits per una antropització del paisatge i, al seu torn, multipliquen l'efecte negatiu dels canvis.

Cal tenir present que els resultats poden estar condicionats per la disponibilitat i la qualitat (resolució espacial i temporal) de la informació disponible, força més elevades per a les cobertes del sòl que per a les variables climàtiques. En tot cas, però, les dades mostren que **els canvis en el paisatge de l'Àrea Metropolitana de Barcelona han estat molt intensos els darrers 50 anys**, mentre que la informació disponible sobre el canvi climàtic no permet esbrinar patrons espacials prou clars al respecte. Cal tenir present, a més, que els fenòmens climàtics i els seus processos de canvi es donen a escales espacials regionals o fins i tot continentals, especialment a la Mediterrània on el clima depèn de petites variacions en la circulació ciclònica (Giorgi & Fionello 2008). Això fa que els canvis observables a escales més petites, en el cas que llur detecció mai sigui prou consistent, tinguin un component aleatori important.

Amb tot, la tendència general observada en el nostre estudi (que comporta un augment de les temperatures i una disminució de la pluviositat) és l'esperada a escala regional. I fa preveure **una progressiva expansió de les comunitats més xeròfiles i termòfiles,** com ara les pastures, les brolles, les garrigues i les pinedes de *P. halepensis***, i una regressió de les formacions de caire mediterrani subhumit i submediterrani** (com els boscos de *Q. ilex i Q. humilis*), especialment als vessants meridionals de la serralada Litoral. Aquests canvis poden estar relacionats amb un increment del risc d'incendi, associat al seu torn amb el canvi climàtic, i poden afavorir algunes comunitats que són considerades *hot spots* de la biodiversitat mediterrània (Santos et al. 2008; Pino et al, 2011). Alhora, però, **afectaran espècies i hàbitats singulars com ara les formacions vegetals eurosiberianes** (avellanoses, retalls de verneda, etc.) **i els hàbitats aquàtics** de les zones humides litorals, les valls dels grans rius i els fondals de la serralada Litoral, per la disminució del nivell freàtic general i del cabal circulant de rieres i torrents.

Així doncs, el territori metropolità s'enfronta a un intens canvi del paisatge a curt termini, els efectes del qual es veuran probablement reforçats a més llarg termini pel canvi climàtic. Tanmateix, no tots els canvis experimentats pel paisatge metropolità són negatius per a la seva biodiversitat. L'estudi indica que **els valors elevats de l'índex I_2 són relativament associats amb els canvis progressius del paisatge, que impliquen la recuperació d'hàbitats secundaris o de transició (matollars, prats, etc) a partir de conreus abandonats, o boscos secundaris a partir dels primers**. És prou coneguda l'associació de la biodiversitat mediterrània amb els hàbitats naturals o seminaturals oberts, com pastures i matollars (Santos et al. 2008; Pino et al, 2011). Per tant**, l'extrem dinamisme del paisatge metropolità és en part responsable de la biodiversitat d'interès que acull**. Tanmateix, la degradació dels hàbitats, la transformació antròpica del paisatge i la pèrdua de connectivitat associada són responsables d'una pèrdua del valor de la biodiversitat per l'augment de components relativament poc interessants, com les espècies invasores.

Més enllà d'aquestes constatacions, l'estudi aporta un marc de rellevància per a la gestió i la conservació de la biodiversitat de l'AMB. En primer lloc, ens orienta sobre quina direcció seguir en la futura investigació sobre els efectes del canvi global. Si bé ja s'ha comentat que el canvi climàtic pot tenir efectes importants a mig termini sobre la biodiversitat metropolitana, i especialment sobre alguns dels components més vulnerables (hàbitats aquàtics o de tendència eurosiberiana), sovint es tracta d'hàbitats de petites dimensions molt més influïts per factors locals que per variables climàtiques generals. Per tant **és el canvi territorial i les seves pressions derivades (fragmentació del paisatge i pèrdua de connectivitat, però també freqüentació humana, incendis forestals i invasions biològiques) allò que ha de centrar els nostres esforços futurs**.

Cal aclarir que les tendències observades a l'estudi corresponen a un període que, a les seves dècades més recents, s'ha caracteritzat per un gran dinamisme econòmic que s'ha traduït en una gran dinàmica del paisatge i, especialment, en una elevada taxa d'urbanització del territori. No és probable que aquesta tendència continuï a curt termini atesa la situació econòmica actual, però cal remarcar que les àrees

metropolitanes seran el motor de la recuperació econòmica quan aquesta es produeixi (tal com comencen a apuntar alguns indicadors econòmics). Això generarà, indefectiblement, noves demandes de sòl per a nous usos, en part contemplades als plans territorials i urbanístics vigents però encara no concretades. En el cas de l'AMB, **és especialment crític analitzar els efectes que es poden derivar de la consolidació de les infraestructures de comunicació (viàries i ferroviàries, però també portuàries i aeroportuàries) que caracteritzen l'aposta de futur d'aquest territori**. L'estudi posa de manifest que el desenvolupament d'aquestes infraestructures i la urbanització associada han comportat, recentment, una fragmentació progressiva del paisatge i una pèrdua de connectivitat dels hàbitats, tendències que continuaran en un futur proper. Els efectes **seran especialment importants als petits hàbitats de les valls fluvials i del litoral,** extremadament interessants pels seus valors naturals però immersos en una matriu de paisatge cada cop més transformada, cosa que probablement contraresta bona part dels efectes beneficiosos de les estratègies de conservació engegades (per exemple, la declaració de les RRNN del Delta del Llobregat). Tanmateix, les grans àrees protegides de la serralada litoral no queden totalment al marge d'aquesta tendència. Tal com demostren Pino & Marull (2012), la connectivitat ecològica d'aquestes àrees protegides es veu afectada per la transformació del paisatge de les planes no protegides adjacents. I encara més important és **la pèrdua de connectivitat entre les diverses peces que componen la infraestructura verda del territori**, fenomen especialment visible a les Reserves Naturals del Delta del Llobregat però també al propi Parc Natural de la Serra de Collserola.

Davant d'aquest escenari caldrà seguir treballant en **l'anàlisi dels possibles efectes d'aquests canvis, mitjançant procediments de modelització de darrera generació** (Marcer et al. 2012). Alhora, però, caldrà avançar en **la consolidació territorial i la recuperació ecològica de l'anomenada infraestructura verda de l'AMB**, composta per espais oberts de diversa índole i estat de conservació, i especialment en **la recuperació de la connectivitat ecològica entre les principals peces que la conformen**. Aquesta hauria de combinar accions locals (com ara la restitució de la connectivitat amb passos de fauna) amb una estratègia regional en sintonia amb les directrius del Pla Territorial Metropolità de Barcelona (PTMB) i del Pla Territorial Sectorial de la Connectivitat Ecològica de Catalunya (PTSCEC, Departament de Territori i Sostenibilitat 2012).

5. Referències

Acebillo J, Folch R (2000) Atles ambiental de l'àrea de Barcelona. Ariel Ciencia, Barcelona.

Arroba F (2013) Modelización del riesgo de invasión por plantas exóticas en la provincia de Barcelona. Treball inèdit, Màster de SIG i teledetecció, UAB.

Avila A, Molowny-Horas R, Gimeno BS, Peñuelas J (2010) Analysis of Decadal Time Series in Wet N Concentrations at Five Rural Sites in NE Spain. Water, Air and Soil Pollution 207: 123-138.

Àvila A, Rodà F (2012) Changes in atmospheric deposition and stream water chemistry over 25 years in undisturbed catchments in a Mediterranean mountain environment. Science of the Total Environment 434: 18-27.

Başnou C, Álvarez E, Bagaria G, Isern R, Guardiola M, Vicente P, Pino J (2013) Spatial patterns of land use changes across a Mediterranean metropolitan landscape: implications for biodiversity management. Environmental Management 52:971–980.

Departament de Territori i Sostenibilitat (2012) Pla Territorial Sectorial de Connectivitat Ecològica de Catalunya. Document Inèdit, Generalitat de Catalunya.

Gerard F, Petit S, Smith G, Thomson A, Brown N, Manchester S, Wadsworth R, Bugar G, Halada L, Bezák P, Boltiziar M, De badts E, Halabuk A, Mojses M, Petrovic F, Gregor M, Hazeu G, Mücher CA, Wachowicz M, Huitu H, Tuominen S, Pino J, Pons X, Rodà F (2010) Land cover change in Europe between 1950 and 2000 determined employing aerial photography . Progress in Physical Geography 34: 183-205.

Giorgi F, Lionello P (2012) Climate change projections for the Mediterranean region, Global and Planetary Change 63: 90-104.

González-Moreno P, Pino J, Carreras D, Başnou C, Fernández-Rebollar I, Vilà M (2013) Quantifying the landscape influence on plant invasions in Mediterranean coastal habitats. Landscape Ecology 28: 891-903

Grimm NB, Faeth SH, Golubiewski NE, Redman CL, Wu J, Bai X, et al. (2008) Global Change and the Ecology of Cities. Science 319:756-60.

Lepš J & Šmilauer P (2003) Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. – Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Marcer A, Pino J, Pons X, Brotons L (2012) Modelling invasive alien species distributions from digital biodiversity atlases. Model upscaling as a means of reconciling data at different scales. Diversity and Distributions 18: 1177-1189.

Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.

Petit S, Firbank L, Wyatt B, Howard D (2001) MIRABEL: Models for Integrated Review and Assessment of Biodiversity in European Landscapes. AMBIO 30: 81-88

Pino J, Seguí JM, Alvarez N (2006) Invasibility of four plant communities in the Llobregat delta (Catalonia, NE of Spain) in relation to their historical stability. Hydrobiologia 570: 257-263

Pino J, Rodà F, Başnou C, Guirado M (2009) El canvi ambiental a la Mediterrània: la perspectiva del paisatge. In Barriocanal C, Varga D, Vila J (eds) Canvi ambiental global. Una perspectiva multidisciplinar. Quaderns de Medi Ambient 1, Documenta Universitaria, Girona, pp. 91-102.

Pino J, Guardiola M, Rodà F, Stefanescu C (2011) El deute d'extinció: una amenaça latent en una Catalunya canviant?. L'Atzavara 20: 17-27.

Pino J, Marull J (2012) Ecological networks: Are they enough for connectivity conservation? A case study in the Barcelona Metropolitan Region (NE Spain). Land Use Policy 29 :684-690.

Pino J, Başnou C (2013) Diagnosi de l'estat de conservació de la biodiversitat a l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Informe inèdit, Barcelona Regional i mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona.

Pino J, Başnou C, Isern R, Vicente P, Álvarez E (2013) Anàlisi en el marc del SITxell dels canvis en el paisatge (1956-2005) i de la seva repercussió en la conservació dels espais naturals protegits de la província de Barcelona. Informe inèdit, Àrea de Territori i Sostenibilitat, Diputació de Barcelona.

Rojas C, Pino J, Başnou C, Vivanco M (2013) Assessing land-use and -cover changes in relation to geographic factors and urban planning in the metropolitan area of Concepción (Chile). Implications for biodiversity conservation. Applied Geography 39: 93-103.

Santos K, Pino J, Roda F, Guirado M, Ribas J (2008) Beyond the reserves: The role of non-protected rural areas for avifauna conservation in the area of Barcelona (NE of Spain), Landscape & Urban Planning 84:140-151.

Schröter D., W. Cramer, R. Leemans, I.C. Prentice, M.B. Araújo, N.W. Arnell, A. Bondeau, H. Bugmann, T.R. Carter, C.A. Gracia, A.C. de la Vega-Leinert, M. Erhard, F. Ewert, M. Glendining, J.I. House, S. Kankaanpää, R.J.T. Klein, S. Lavorel, M. Lindner, M.J. Metzger, J. Meyer, T.D. Mitchell, I. Reginster, M. Rounsevell, S. Sabaté, S. Sitch, B. Smith, J. Smith, P. Smith, M.T. Sykes, K. Thonicke, W. Thuiller, G. Tuck, S. Zaehle, B. Zierl 2005. Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. Science 310 (5752), 1333-1337.

Vilà M, Ibáñez I (2011) Plant invasions in the landscape. Landscape Ecology 26: 461-472.

Annex 1. Taules

Taula 1. Matriu de correlacions de Pearson entre els valors mitjans de les diverses variables estudiades per hàbitat. Les variables seleccionades són marcades en **negreta**. Notació: C_5609_, C_5693_, C_9309_, Percentatge de canvis progressius (P), regressius (R) i sense canvi (NC) per a les parelles de dates 1956-2009, 1956-1993 i 1993-2009 respectivament; P_5605_, P_5693_, P_9305_, Percentatge de pressions d'abandonament (AB), aforestació (AF), desforestació (DE), urbanització (UR) i sense canvi (NC) per a les parelles de dates 1956-2005, 1993-2005 i 1956-1003 respectivament; M_FOCS, nombre d'incendis; C_PL i C_T, canvis en la temperatura i la pluviositat, respectivament, entre els 4 períodes estudiats (1, 1958-1962; 2, 1991-1995; 3, 2003-2007; 4, 2046-2050; 5, 2096-2100); M_ICT_, índex de connectivitat ecològica de 1956 (56) i 2009 (09); M_INC:ICT, increment de l'index de connectivitat ecològica entre 1956 i 2009; M_INVAS, risc d'invasió; M_I2, índex I_2 de valor de la biodiversitat.

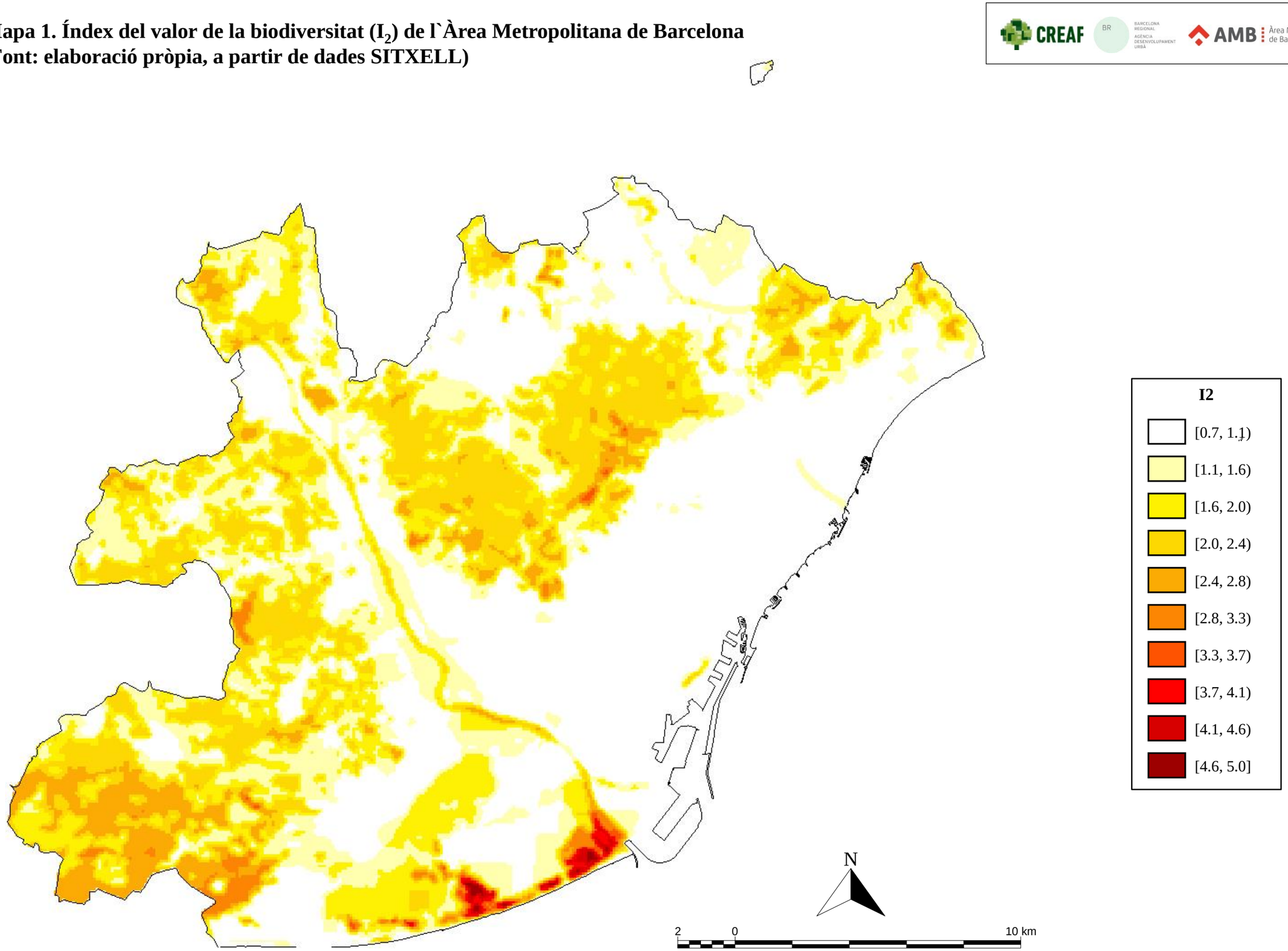
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	**C_5609_PR**	1,00																																				
2	**C_5609_R**	-0,56	1,00																																			
3	C_5609_NC	-0,25	-0,63	1,00																																		
4	C_5693_PR	0,85	-0,39	-0,31	1,00																																	
5	C_5693_R	-0,49	0,85	-0,52	-0,44	1,00																																
6	C_5693_NC	-0,19	-0,55	0,81	-0,35	-0,66	1,00																															
7	**C_9309_PR**	0,63	-0,33	-0,20	0,27	-0,09	-0,14	1,00																														
8	**C_9309_R**	0,01	0,45	-0,53	0,21	0,04	-0,22	-0,09	1,00																													
9	C_9309_NC	-0,49	-0,02	0,53	-0,34	0,05	0,26	-0,71	-0,59	1,00																												
10	P_9309_AB	0,35	-0,19	-0,11	0,04	-0,28	0,24	0,50	0,16	-0,48	1,00																											
11	P_9309_AF	0,47	-0,28	-0,09	0,29	0,06	-0,28	0,76	-0,23	-0,41	-0,08	1,00																										
12	P_9309_DE	0,48	-0,34	-0,03	0,59	-0,39	-0,06	0,13	0,28	-0,27	0,01	0,17	1,00																									
13	P_9309_NC	-0,49	-0,02	0,53	-0,34	0,05	0,26	-0,71	-0,59	1,00	-0,48	-0,41	-0,27	1,00																								
14	P_9309_UR	-0,25	0,65	-0,52	-0,10	0,27	-0,20	-0,17	0,84	-0,43	0,13	-0,31	-0,27	-0,43	1,00																							
15	P_5693_AB	0,60	-0,11	-0,42	0,68	-0,12	-0,44	0,35	0,18	-0,38	0,12	0,32	0,24	-0,38	0,05	1,00																						
16	P_5693_AF	0,61	-0,44	-0,03	0,74	-0,48	-0,09	0,05	0,08	-0,07	-0,06	0,12	0,59	-0,07	-0,24	0,05	1,00																					
17	P_5693_DE	0,05	-0,12	0,10	-0,06	0,17	-0,12	0,45	-0,22	-0,18	-0,11	0,64	0,13	-0,18	-0,28	-0,03	-0,05	1,00																				
18	P_5693_NC	-0,19	-0,55	0,81	-0,36	-0,67	1,00	-0,14	-0,22	0,25	0,25	-0,28	-0,07	0,25	-0,20	-0,44	-0,09	-0,12	1,00																			
19	P_5693_UR	-0,52	0,85	-0,49	-0,40	0,84	-0,52	-0,38	0,10	0,24	-0,25	-0,29	-0,44	0,24	0,34	-0,13	-0,41	-0,36	-0,52	1,00																		
20	P_5609_AB	0,88	-0,42	-0,30	0,81	-0,40	-0,24	0,48	0,05	-0,39	0,36	0,34	0,45	-0,39	-0,19	0,73	0,50	-0,02	-0,24	-0,39	1,00																	
21	P_5609_AF	0,55	-0,51	0,10	0,47	-0,36	0,00	0,35	-0,19	-0,12	-0,13	0,54	0,35	-0,12	-0,37	0,01	0,62	0,24	0,00	-0,46	0,22	1,00																
22	P_5609_DE	0,10	-0,15	0,09	0,05	0,00	-0,05	0,30	-0,07	-0,18	-0,08	0,41	0,44	-0,18	-0,31	-0,02	0,09	0,83	-0,05	-0,45	0,04	0,22	1,00															
23	P_5609_NC	-0,25	-0,63	1,00	-0,31	-0,52	0,81	-0,19	-0,53	0,54	-0,11	-0,09	-0,03	0,54	-0,53	-0,42	-0,03	0,10	0,81	-0,49	-0,29	0,10	0,09	1,00														
24	P_5609_UR	-0,54	0,94	-0,58	-0,37	0,75	-0,47	-0,41	0,42	0,05	-0,15	-0,39	-0,45	0,05	0,68	-0,09	-0,42	-0,39	-0,47	0,91	-0,40	-0,52	-0,48	-0,58	1,00													
25	**M_FOCS**	0,09	-0,18	0,14	0,05	-0,03	0,00	0,20	-0,14	-0,05	-0,11	0,35	0,30	-0,05	-0,29	0,03	0,04	0,62	0,00	-0,36	0,06	0,18	0,66	0,14	-0,39	1,00												
26	**C_PL_3_1**	0,01	0,13	-0,16	0,03	0,01	-0,04	0,04	0,26	-0,21	0,12	-0,05	0,08	-0,21	0,22	0,10	-0,07	0,03	-0,04	-0,03	0,04	-0,15	0,10	-0,17	0,07	0,07	1,00											
27	C_PL_3_2	-0,30	0,05	0,22	-0,33	0,06	0,21	-0,21	-0,19	0,29	-0,06	-0,19	-0,23	0,29	-0,07	-0,16	-0,30	-0,06	0,21	0,12	-0,28	-0,21	-0,03	0,22	0,06	-0,11	0,28	1,00										
28	C_PL_4_3	0,04	-0,07	0,05	0,06	-0,08	0,04	-0,02	0,00	0,02	-0,06	0,02	0,03	0,02	-0,01	-0,10	0,18	-0,05	0,04	-0,04	0,02	0,12	-0,08	0,05	-0,04	-0,06	-0,55	-0,55	1,00									
29	**C_PL_5_3**	0,02	-0,06	0,06	0,04	-0,07	0,05	-0,03	0,00	0,02	-0,07	0,01	0,01	0,02	0,00	-0,10	0,15	-0,04	0,05	-0,03	0,00	0,09	-0,07	0,06	-0,03	-0,04	-0,52	-0,53	1,00	1,00								
30	**C_T_1_3**	-0,19	0,06	0,10	-0,18	0,04	0,11	-0,13	-0,06	0,12	-0,11	-0,06	-0,19	0,12	0,05	-0,11	-0,16	-0,08	0,11	0,09	-0,19	-0,13	-0,13	0,10	0,09	-0,07	0,27	0,14	0,02	0,06	1,00							
31	C_T_2_3	-0,08	0,14	-0,10	-0,06	0,06	-0,02	-0,09	0,11	-0,02	0,03	-0,16	-0,18	-0,02	0,20	-0,01	-0,10	-0,33	-0,02	0,21	-0,06	-0,16	-0,37	-0,10	0,24	-0,34	-0,11	-0,16	0,17	0,17	0,51	1,00						
32	C_T_3_4	0,16	-0,16	0,05	0,15	-0,10	-0,02	0,09	-0,09	0,02	0,04	0,10	0,20	0,02	-0,20	0,03	0,20	0,13	-0,02	-0,14	0,13	0,23	0,18	0,05	-0,19	0,09	-0,32	0,01	0,06	0,02	-0,89	-0,65	1,00					
33	**C_T_3_5**	0,17	-0,14	0,03	0,16	-0,08	-0,03	0,09	-0,09	0,02	0,04	0,09	0,21	0,02	-0,20	0,05	0,20	0,11	-0,03	-0,13	0,14	0,22	0,16	0,03	-0,18	0,07	-0,34	0,01	0,05	0,00	-0,90	-0,62	0,99	1,00				
34	M_ICT_56	0,08	-0,41	0,41	0,05	-0,35	0,33	0,11	-0,19	0,05	-0,13	0,23	0,24	0,05	-0,31	-0,19	0,25	0,50	0,33	-0,55	-0,05	0,38	0,53	0,42	-0,54	0,45	0,00	-0,06	0,11	0,11	-0,08	-0,37	0,19	0,16	1,00			
35	**M_ICT_09**	0,25	-0,61	0,51	0,20	-0,49	0,36	0,17	-0,32	0,11	-0,09	0,30	0,34	0,11	-0,49	-0,09	0,35	0,50	0,36	-0,69	0,12	0,48	0,55	0,51	-0,73	0,57	-0,07	-0,10	0,09	0,08	-0,11	-0,31	0,23	0,20	0,83	1,00		
36	**M_INC_ICT**	0,33	-0,53	0,34	0,28	-0,40	0,19	0,15	-0,32	0,13	0,02	0,22	0,28	0,13	-0,47	0,10	0,28	0,21	0,19	-0,47	0,28	0,34	0,27	0,34	-0,55	0,40	-0,13	-0,10	0,01	-0,01	-0,08	-0,04	0,14	0,15	0,12	0,66	1,00	
37	**M_INVAS**	-0,42	0,60	-0,33	-0,41	0,46	-0,16	-0,23	0,23	-0,01	0,18	-0,44	-0,49	-0,01	0,48	0,02	-0,58	-0,47	-0,16	0,65	-0,24	-0,67	-0,51	-0,34	0,70	-0,47	0,15	0,18	-0,16	-0,14	0,22	0,35	-0,37	-0,35	-0,71	-0,81	-0,47	1,00
38	**M_I2**	0,41	-0,66	0,37	0,34	-0,59	0,32	0,28	-0,20	-0,12	0,00	0,29	0,39	-0,12	-0,41	0,01	0,43	0,41	0,32	-0,77	0,23	0,49	0,50	0,37	-0,77	0,46	0,01	-0,22	0,12	0,11	-0,11	-0,23	0,15	0,12	0,74	0,81	0,43	-0,75

Taula 2. Mitjanes per hàbitat, ponderades per la mida dels hàbitats, i desviacions estàndard de les variables de canvis en les cobertes del sòl, el nombre de focs, el risc d'invasió, la connectivitat ecològica actual i els seus canvis recents, la pèrdua d'hàbitat i el nombre de fragments, i el valor de la biodiversitat utilitzades en l'anàlisi per grups d'hàbitats. Es dóna també la mitjana i la desviació estàndard per al conjunt del territori de l'AMB.

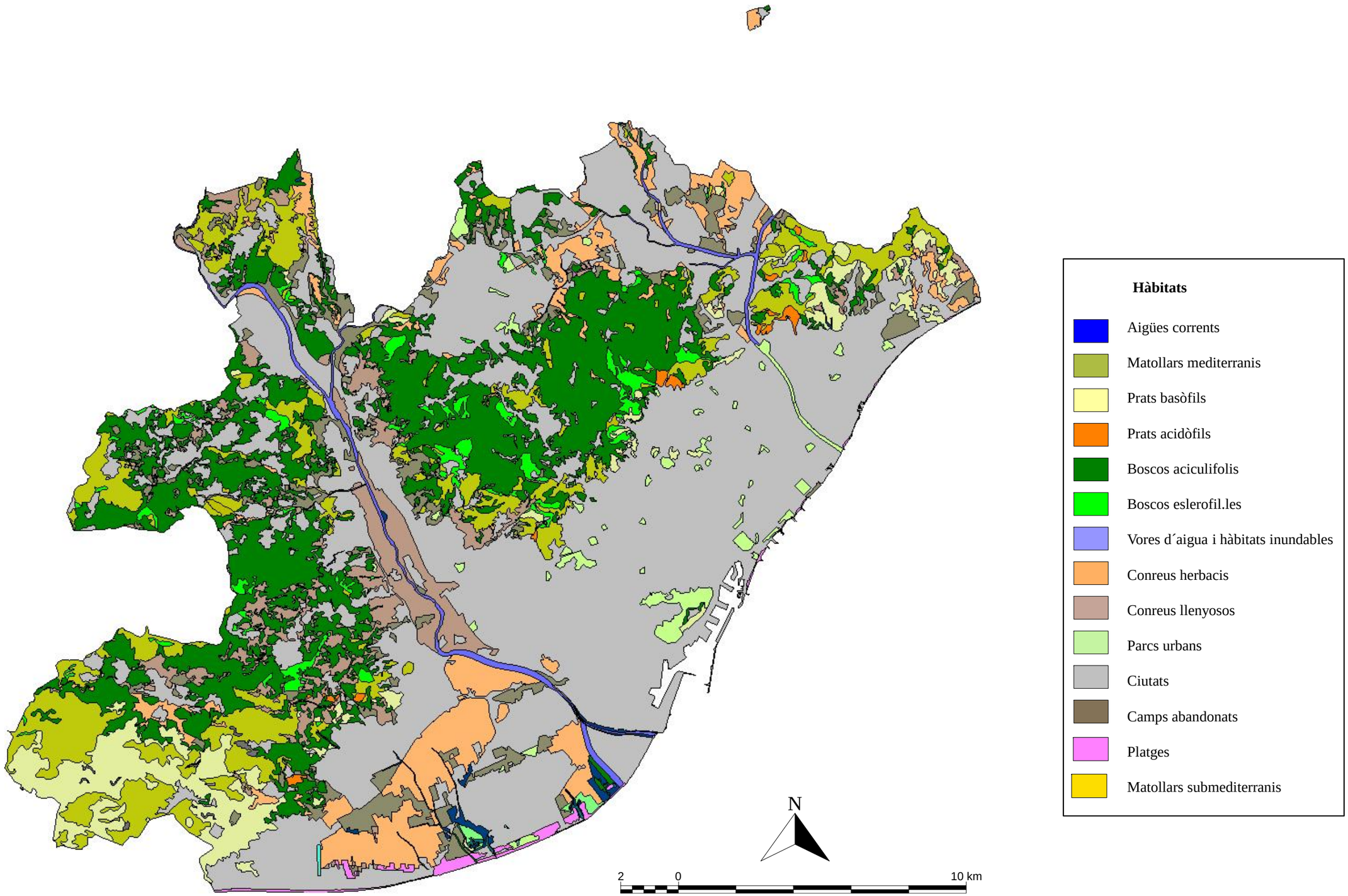
		Canvis 1956-2009			**Canvis 1993-2009**			**Canvis 1956-1993**		**Incendis**		**Risc d'invasió**	**Connectivitat ecològica**	**Increment de la connectivitat**	**Percentatge de l'àrea de 1996**	**Nombre de fragments de 1996**	**Valor de biodiversitat (I_2)**
Hàbitats	Progressius.	Regressius	Sense canvi	Progressius	Regressius	Sense canvi	Progressius	Regressius	Sense canvi	Punts ignició (%)	Mitjana de focs						
Matollars i herbassars salins i costaners	0.23±0.05	0.06±0.02	0.64±0.01	0.06±0.11	0.00±0.00	0.74±0.06	0.16±0.06	0.02±0.03	0.76±0.02	0.05	0.00±0.00	0.78±0.05	0.16±0.01	-0.29±0.48	97.51±0.00	1.00±0.00	4.47±0.16
Platges sorrenques i dunes	0.26±0.12	0.22±0.08	0.50±0.12	0.12±0.05	0.12±0.12	0.56±0.15	0.17±0.12	0.18±0.06	0.62±0.09	0.51	0.00±0.02	0.8±0.01	0.11±0.35	-0.34±0.22	86.12±16.24	1.00±0.00	2.49±0.81
Aigües estagnants	0.34±0.30	0.00±0.01	0.00±0.01	0.33±0.31	0.00±0.00	0.29±0.44	0.01±0.02	0.03±0.05	0.65±0.50	0.18	0.00±0.00	0.75±0.05	0.04±0.03	-1.55±1.04	98.75±0.00	1.00±0.00	3.45±0.26
Aigües corrents	0.23±0.08	0.23±0.11	0.19±0.08	0.24±0.09	0.11±0.06	0.29±0.13	0.17±0.05	0.31±0.13	0.24±0.28	0.47	0.00±0.00	0.8±0.03	0.06±0.05	-0.52±0.62	87.55±6.17	1.00±0.00	1.87±0.40
Bosquines i matollars submediterranis	0.73±0.00	0.08±0.00	0.19±0.01	0.76±0.00	0.07±0.01	0.17±0.01	0.36±0.04	0.19±0.02	0.45±0.03	0.16	0.83±0.24	0.06±0.00	0.29±0.02	-0.5±0.33	95.08±0.67	1.00±0.00	1.22±0.16
Bosquines i matollars mediterranis	0.30±0.24	0.22±0.16	0.48±0.21	0.28±0.21	0.10±0.12	0.62±0.21	0.23±0.22	0.31±0.23	0.47±0.21	10.24	0.45±0.29	0.05±0.04	2.31±0.94	0.38±0.77	93.41±10.21	2.22±1.50	1.93±0.42
Prats basòfils secs	0.27±0.28	0.28±0.11	0.45±0.19	0.18±0.10	0.10±0.09	0.71±0.12	0.21±0.27	0.30±0.13	0.49±0.20	6.27	0.50±0.33	0.45±0.17	2.56±1.16	0.5±0.54	93.26±11.55	1.75±0.48	2.13±0.40
Prats acidòfils secs	0.37±0.18	0.25±0.16	0.38±0.22	0.28±0.17	0.05±0.04	0.67±0.17	0.27±0.18	0.38±0.29	0.35±0.33	1.85	0.89±0.60	0.70±0.06	1.47±0.73	0.06±0.68	84.71±20.59	1.19±0.40	1.70±0.27
Boscos aciculifolis	0.31±0.17	0.10±0.07	0.59±0.20	0.09±0.09	0.12±0.08	0.80±0.12	0.31±0.17	0.06±0.06	0.63±0.19	17.24	0.21±0.20	0.13±0.04	2.15±0.9	0.31±0.62	90.56±8.95	7.92±5.12	2.00±0.20
Boscos humits i de ribera	0.31±0.00	0.18±0.00	0.50±0.00	0.19±0.00	0.15±0.00	0.66±0.00	0.33±0.00	0.18±0.00	0.49±0.00	0.07	0.86±0.28	0.77±0.00	1.97±0.00	1.45±0.00	87.58±9.74	1.17±0.38	1.32±0.00
Boscos esclerofil·les	0.34±0.26	0.12±0.11	0.54±0.24	0.20±0.17	0.08±0.07	0.72±0.18	0.27±0.24	0.17±0.16	0.55±0.23	2.68	0.16±0.15	0.12±0.05	2.19±0.84	0.39±0.47	59.39±17.65	1.52±0.51	2.23±0.29
Vores d'aigua i hàbitats inundables	0.34±0.21	0.36±0.22	0.22±0.13	0.37±0.30	0.27±0.20	0.20±0.18	0.19±0.19	0.26±0.17	0.46±0.27	0.51	0.11±0.12	0.77±0.05	0.19±0.29	-0.71±0.78	0.00±0.00	0.00±0.00	2.41±1.22
Roques no litorals	0.10±0.10	0.33±0.21	0.57±0.17	0.22±0.23	0.13±0.09	0.65±0.15	0.09±0.09	0.40±0.37	0.51±0.31	0.24	0.63±0.32	0.14±0.08	2.59±1.35	-0.43±0.85	88.8±12.89	1.00±0.00	2.31±0.49
Conreus herbacis	0.12±0.12	0.16±0.13	0.72±0.20	0.11±0.12	0.14±0.11	0.75±0.18	0.05±0.07	0.06±0.07	0.88±0.12	4.46	0.05±0.05	0.76±0.07	1.08±0.66	-0.07±0.67	86.24±14.44	1.76±1.42	1.53±0.33
Conreus llenyosos i plantacions d'arbres	0.24±0.16	0.20±0.12	0.55±0.14	0.22±0.12	0.19±0.10	0.59±0.13	0.14±0.17	0.12±0.09	0.74±0.17	5.56	0.16±0.15	0.73±0.09	0.72±0.76	-0.18±0.90	77.47±19.86	2.53±1.66	1.41±0.15
Parcs urbans i jardins	0.11±0.13	0.43±0.28	0.44±0.31	0.09±0.11	0.13±0.22	0.77±0.25	0.08±0.15	0.41±0.25	0.50±0.31	1.25	0.00±0.00	0.77±0.05	0.04±0.15	-0.11±0.34	78.52±30.41	1.00±0.00	0.99±0.32
Ciutats, pobles i àrees industrials	0.05±0.04	0.60±0.15	0.35±0.16	0.04±0.04	0.17±0.13	0.78±0.14	0.08±0.06	0.49±0.11	0.43±0.13	37.28	0.07±0.08	0.78±0.06	0.11±0.25	-0.42±0.39	93.86±7.60	11.42±8.35	0.89±0.19
Camps abandonats, erms,	0.43±0.23	0.33±0.22	0.23±0.18	0.33±0.20	0.27±0.19	0.39±0.19	0.29±0.23	0.21±0.17	0.49±0.25	10.97	0.10±0.14	0.75±0.09	0.54±0.72	-0.12±0.74	62.45±26.23	1.86±1.45	1.39±0.35
Mitjana	0.18±0.20	0.37±0.26	0.44±0.22	0.12±0.15	0.15±0.13	0.72±0.19	0.16±0.18	0.31±0.22	0.52±0.22	5.00	0.15±0.38	0.55±0.31	1±1.19	-0.09±0.67	89.77±14.13	7.25±7.38	1.42±0.60

Annex 2. Mapes

Mapa 1. Índex del valor de la biodiversitat (I_2) de l`Àrea Metropolitana de Barcelona (Font: elaboració pròpia, a partir de dades SITXELL)

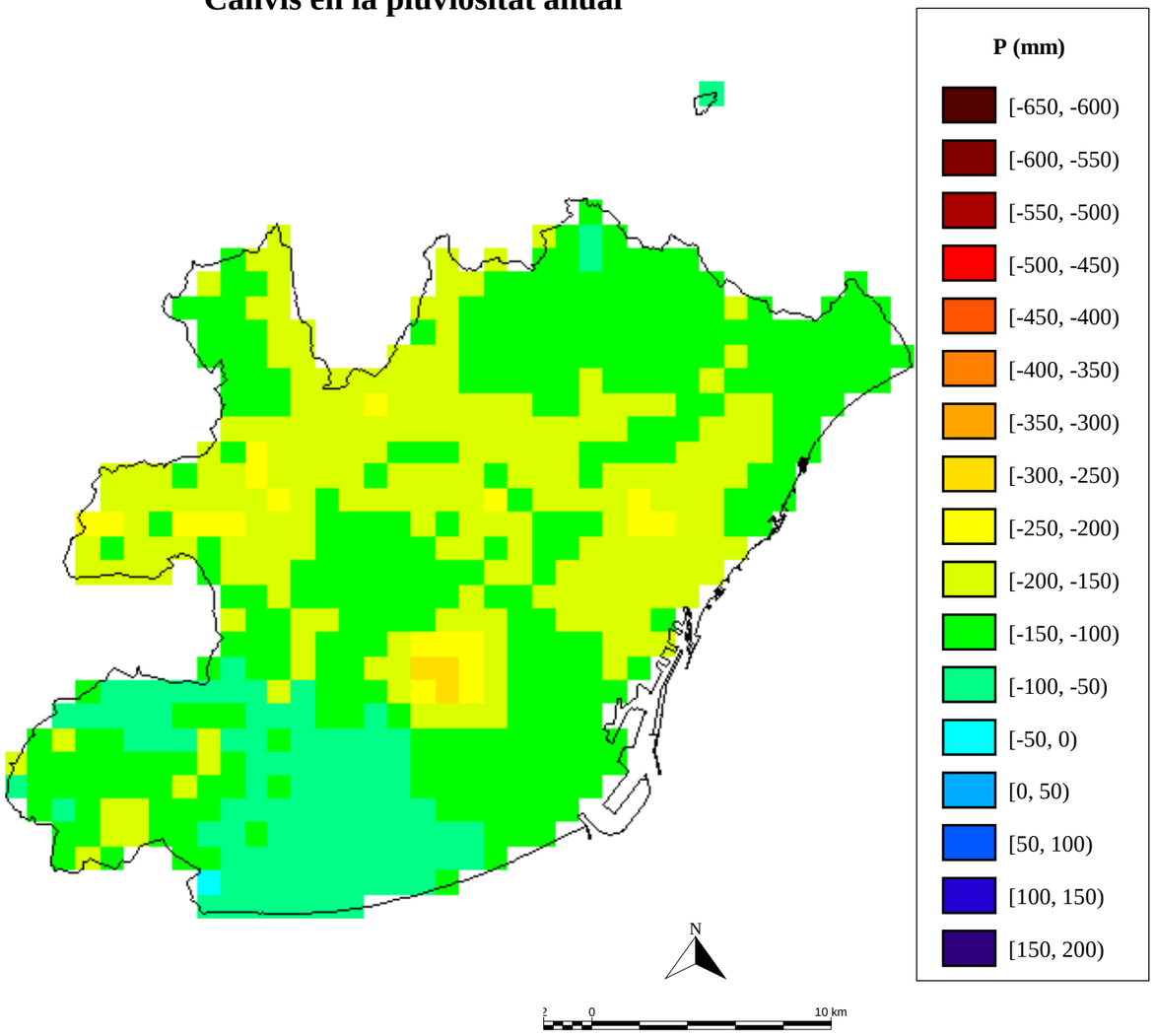


Mapa 2. Hàbitats del 2010 de l`Àrea Metropolitana de Barcelona
(Font: Catografia dels Hàbitats a Catalunya, GeoVeg, 2010)

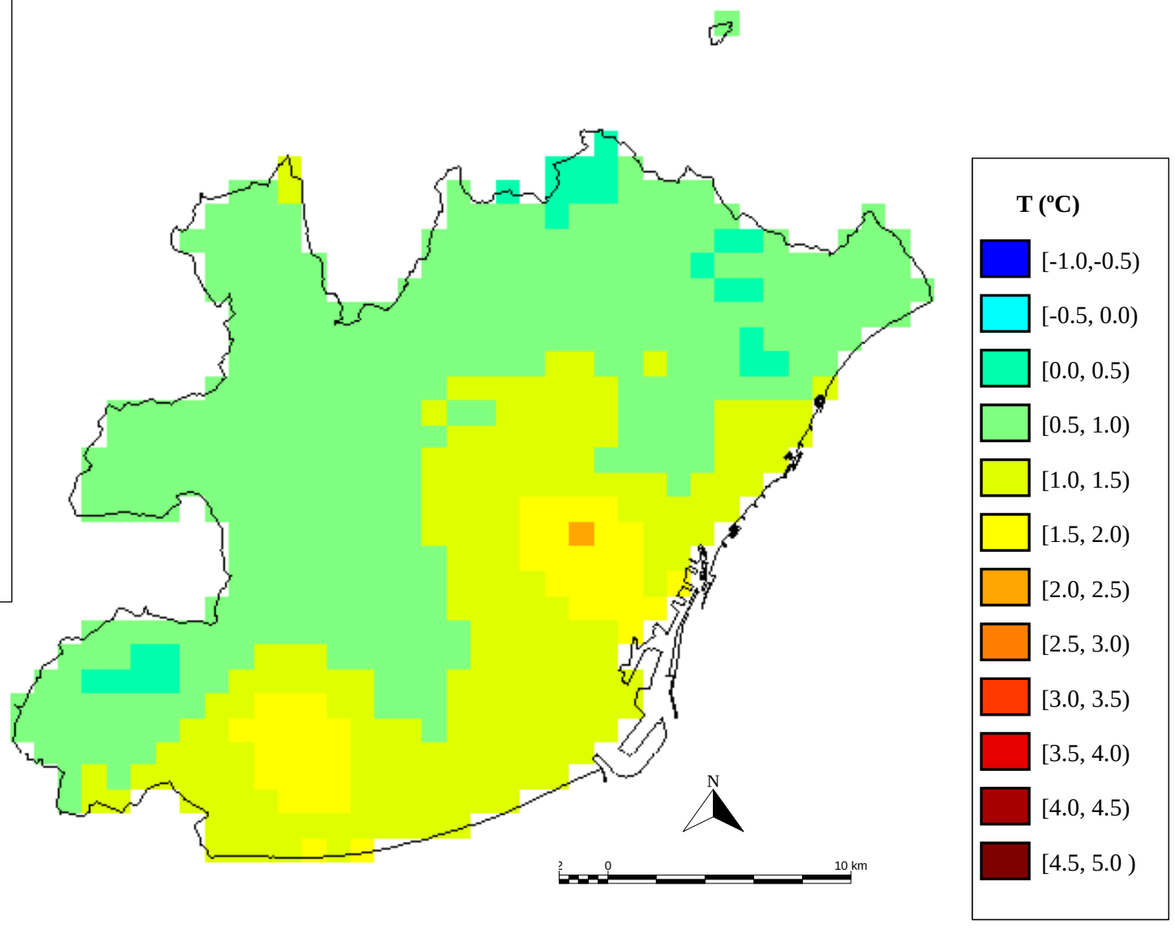


Mapa 3. Canvis en la pluviositat anual i en la temperatura mitjana de l`Àrea Metropolitana de Barcelona entre els períodes 1958-1962 i 2003-2007 (actual)
(Font: elaboració propia, a partir de les dades climàtiques del projecte MONTES CONSOLIDER)

Canvis en la pluviositat anual

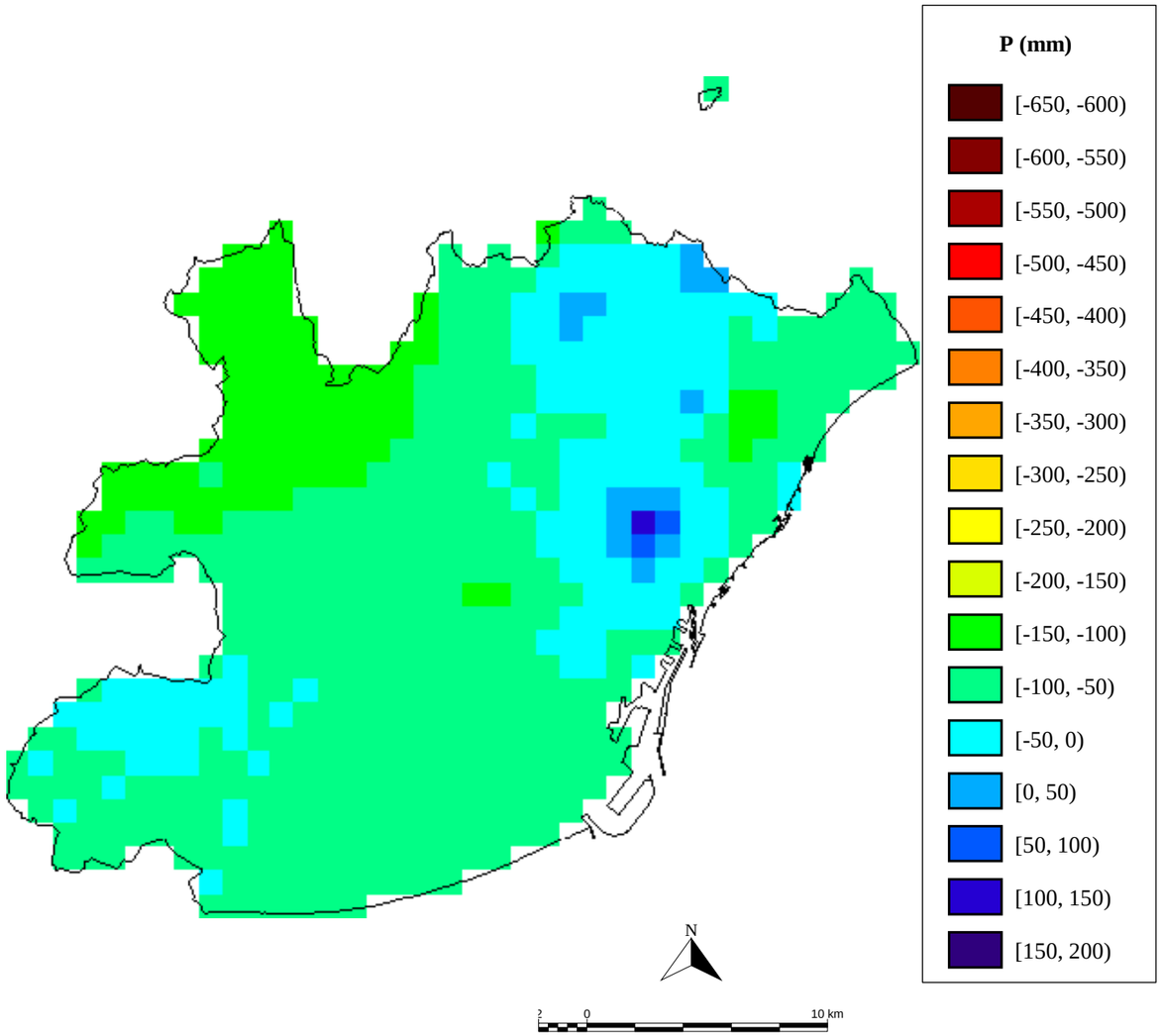


Canvis en la temperatura mitjana

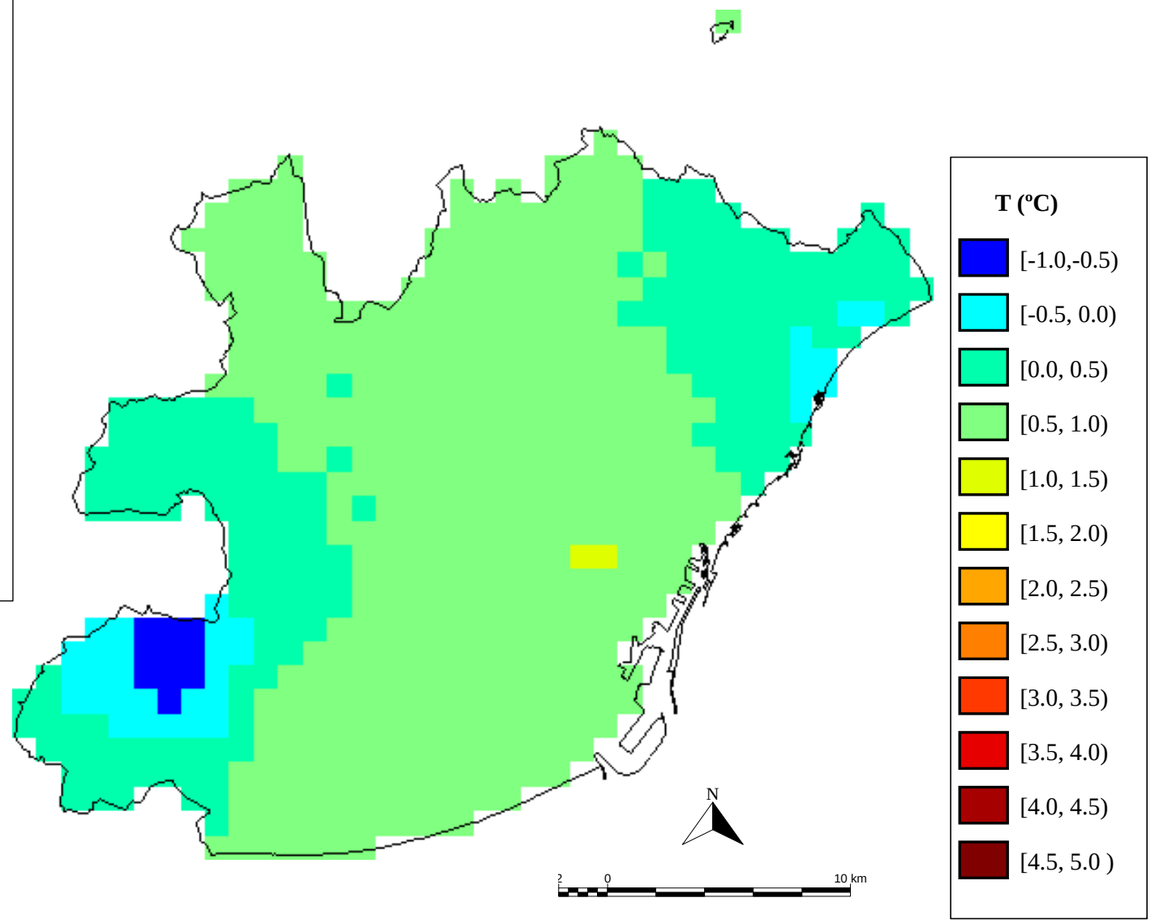


Mapa 4. Canvis en la pluviositat anual i en la temperatura mitjana de l`Àrea Metropolitana de Barcelona entre els períodes 1991-1995 i 2003-2007 (actual)
(Font: elaboració propia, a partir de les dades climàtiques del projecte MONTES CONSOLIDER).

Canvis en la pluviositat anual

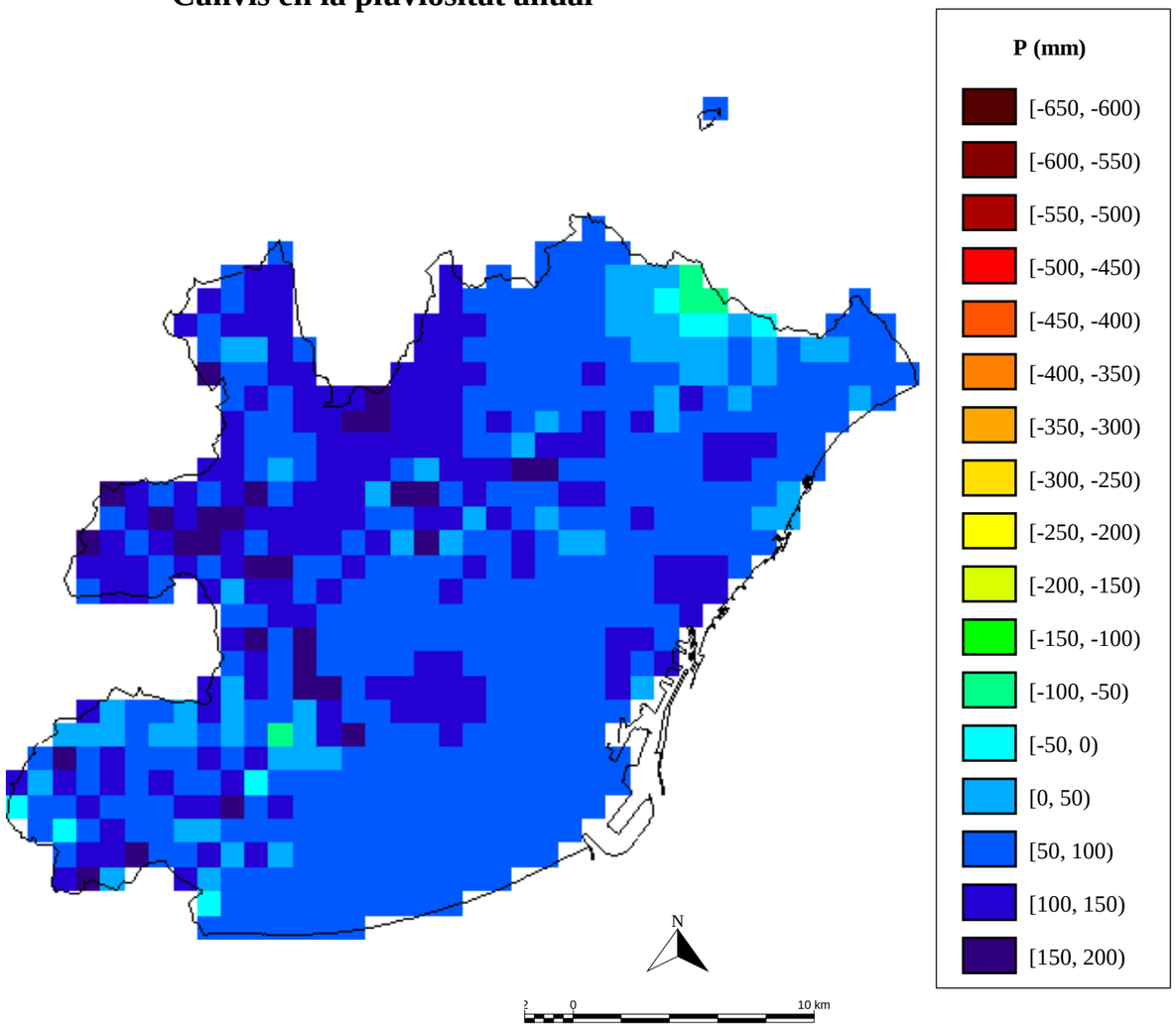


Canvis en la temperatura mitjana

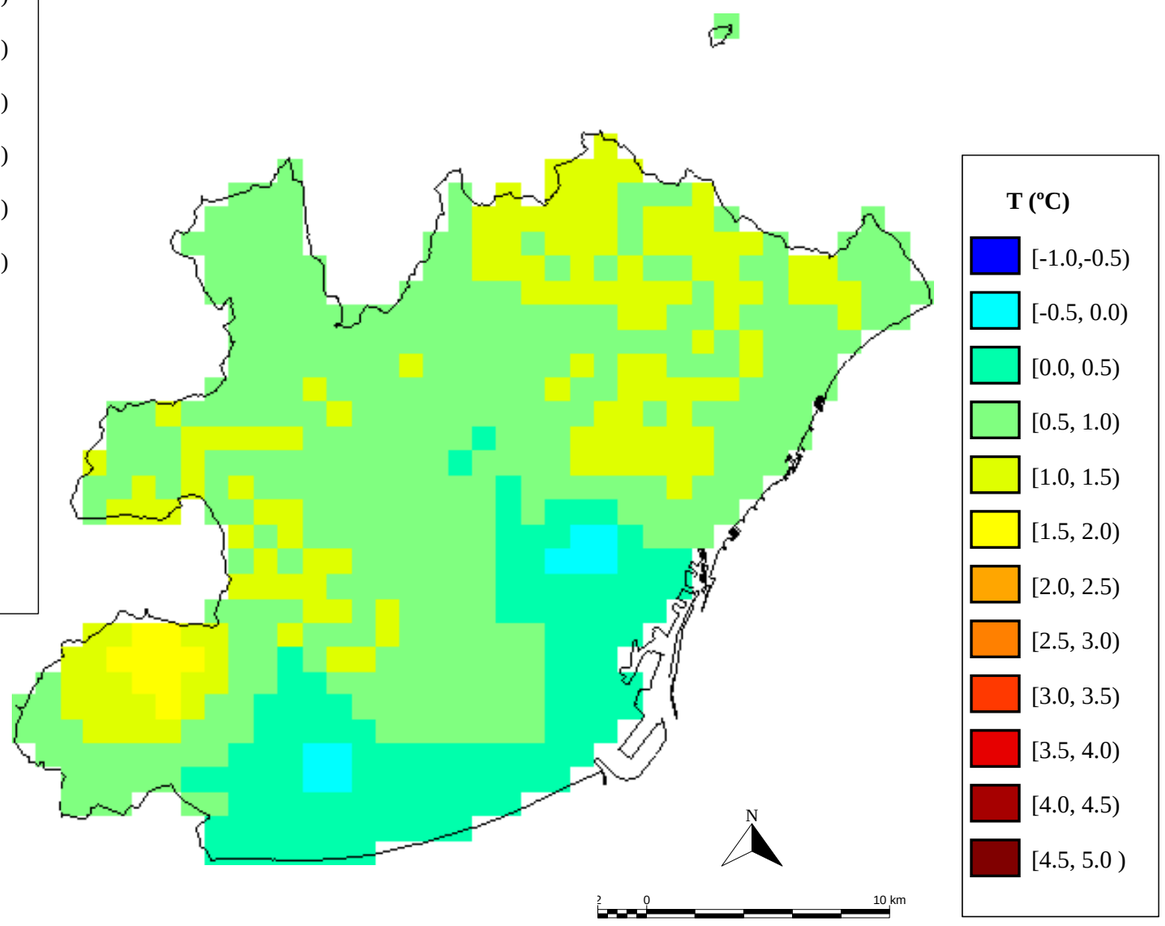


Mapa 5. Canvis en la pluviositat anual i en la temperatura mitjana de l`Àrea Metropolitana de Barcelona entre els períodes 2046-2050 i 2003-2007 (actual)
(Font: elaboració propia, a partir de les dades climàtiques del projecte MONTES CONSOLIDER).

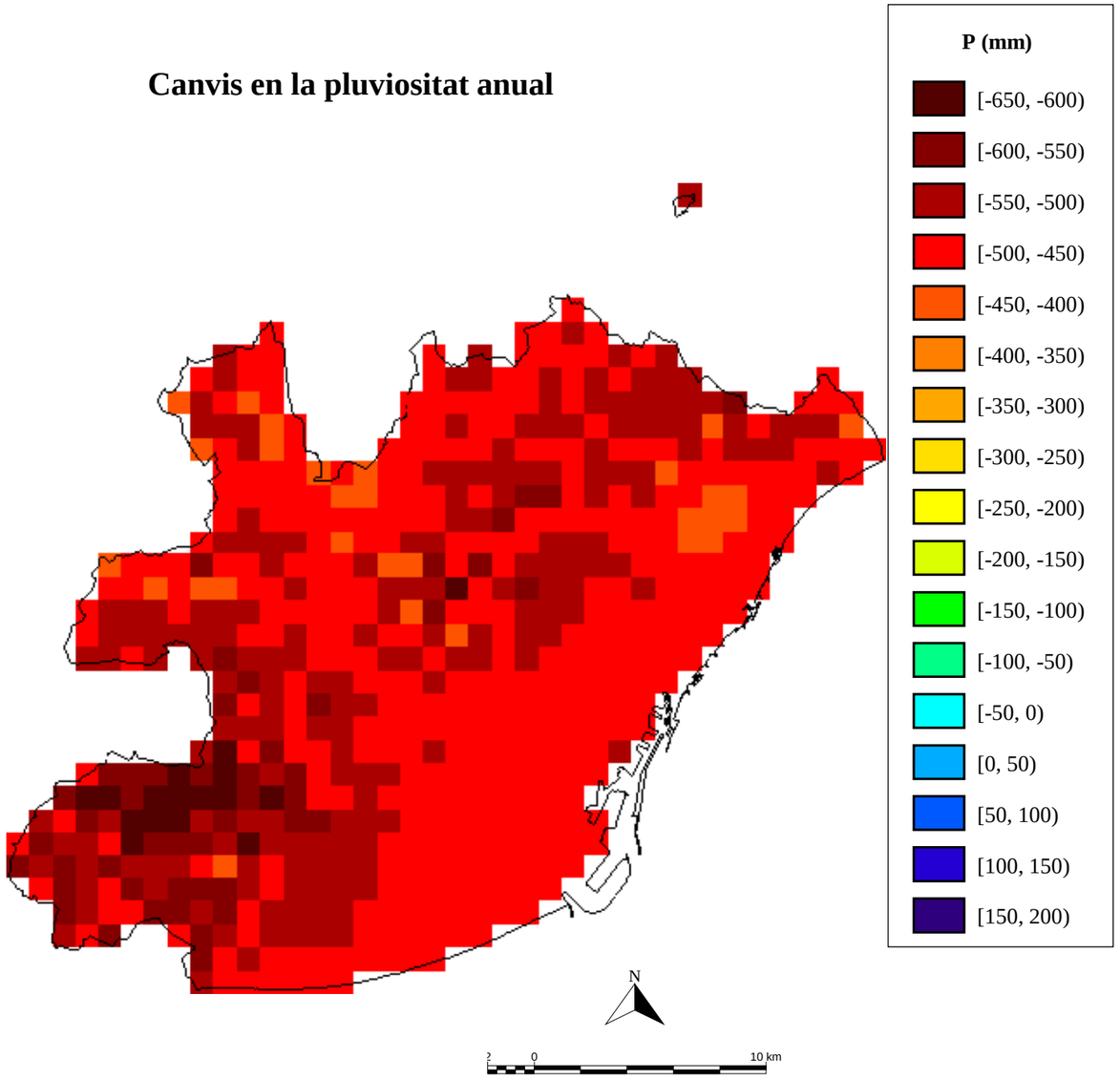
Canvis en la pluviositat anual

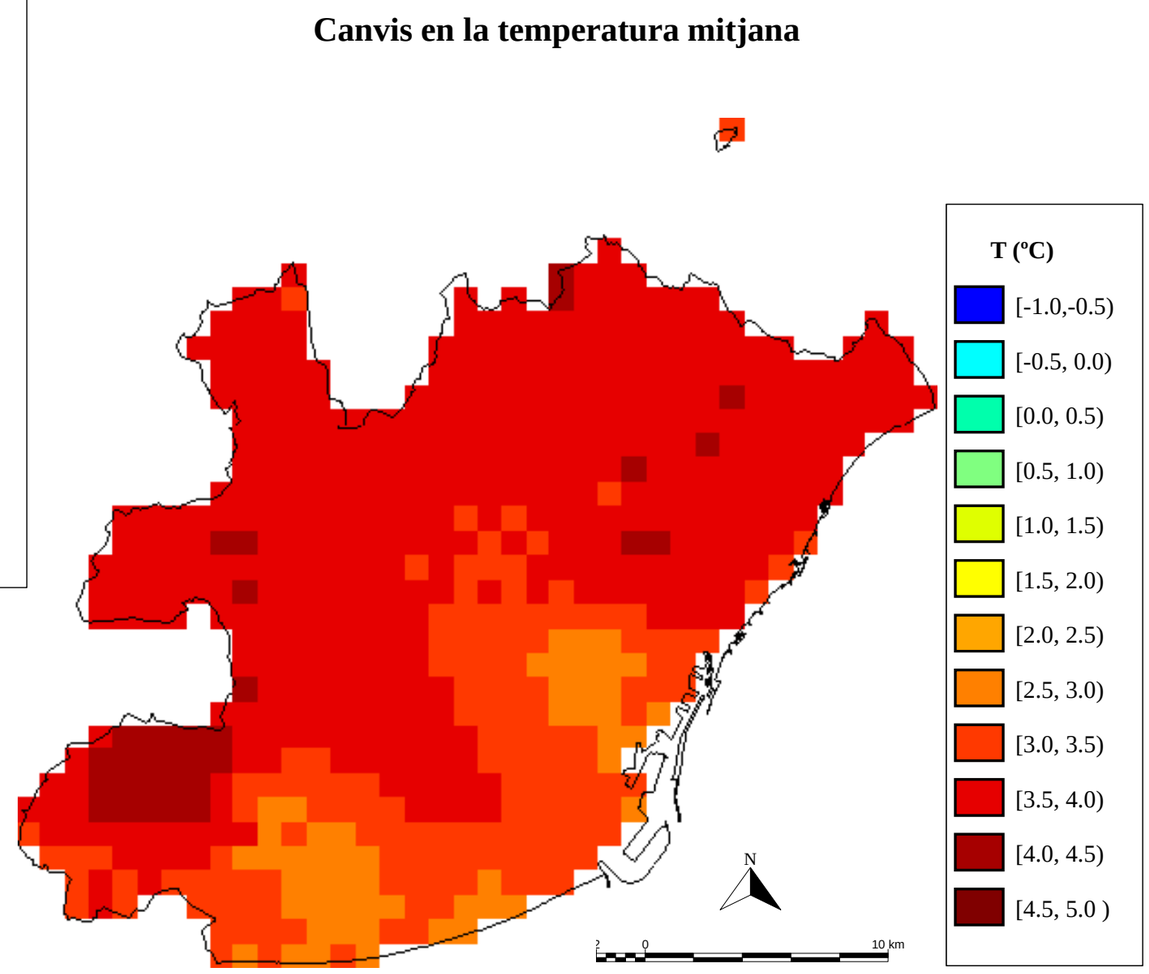


Canvis en la temperatura mitjana

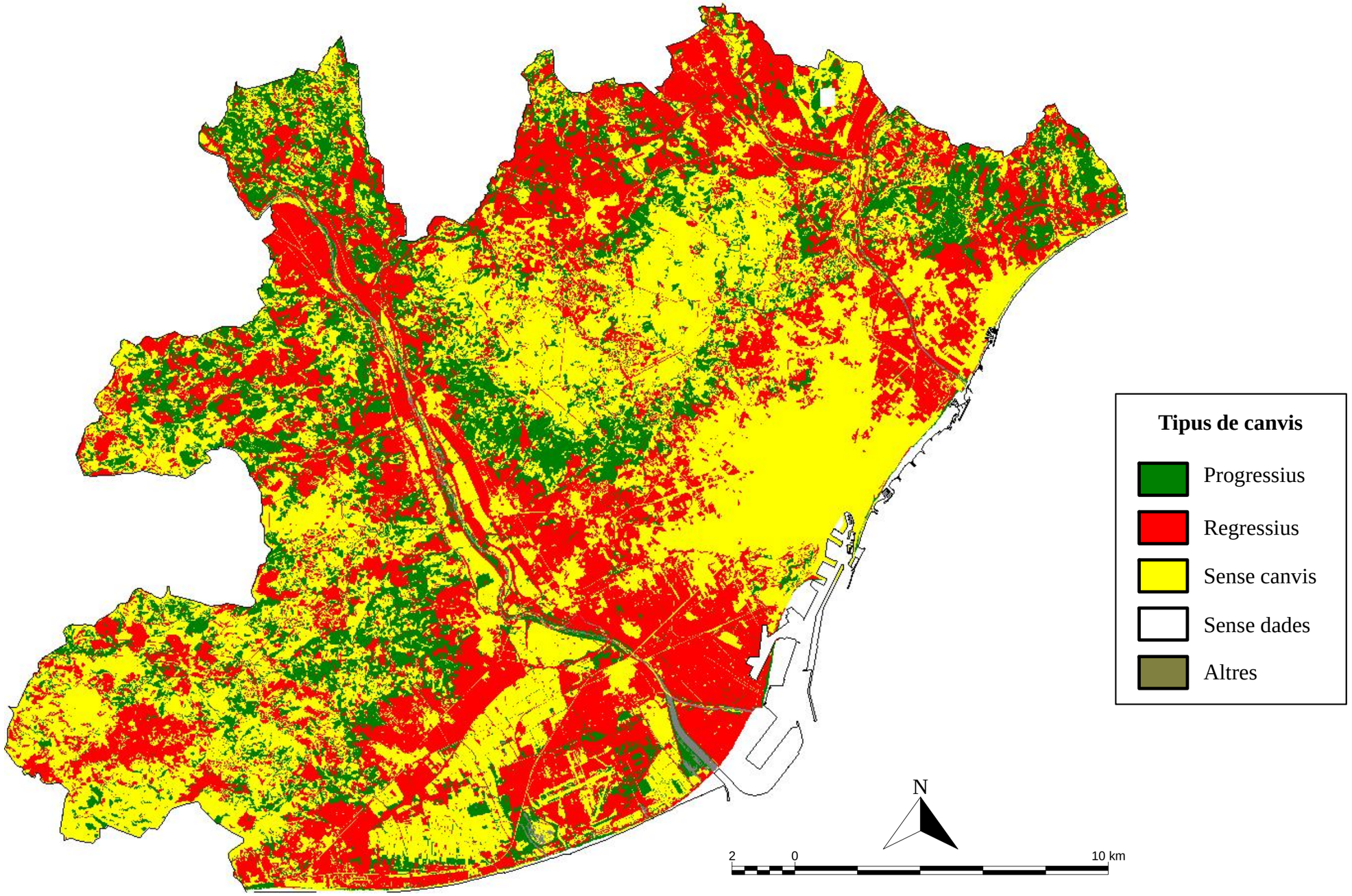


Mapa 6. Canvis en la pluviositat anual i en la temperatura mitjana de l`Àrea Metropolitana de Barcelona entre els períodes 2096-2100 i 2003-2007 (actual)
(Font: elaboració propia, a partir de les dades climàtiques del projecte MONTES CONSOLIDER).

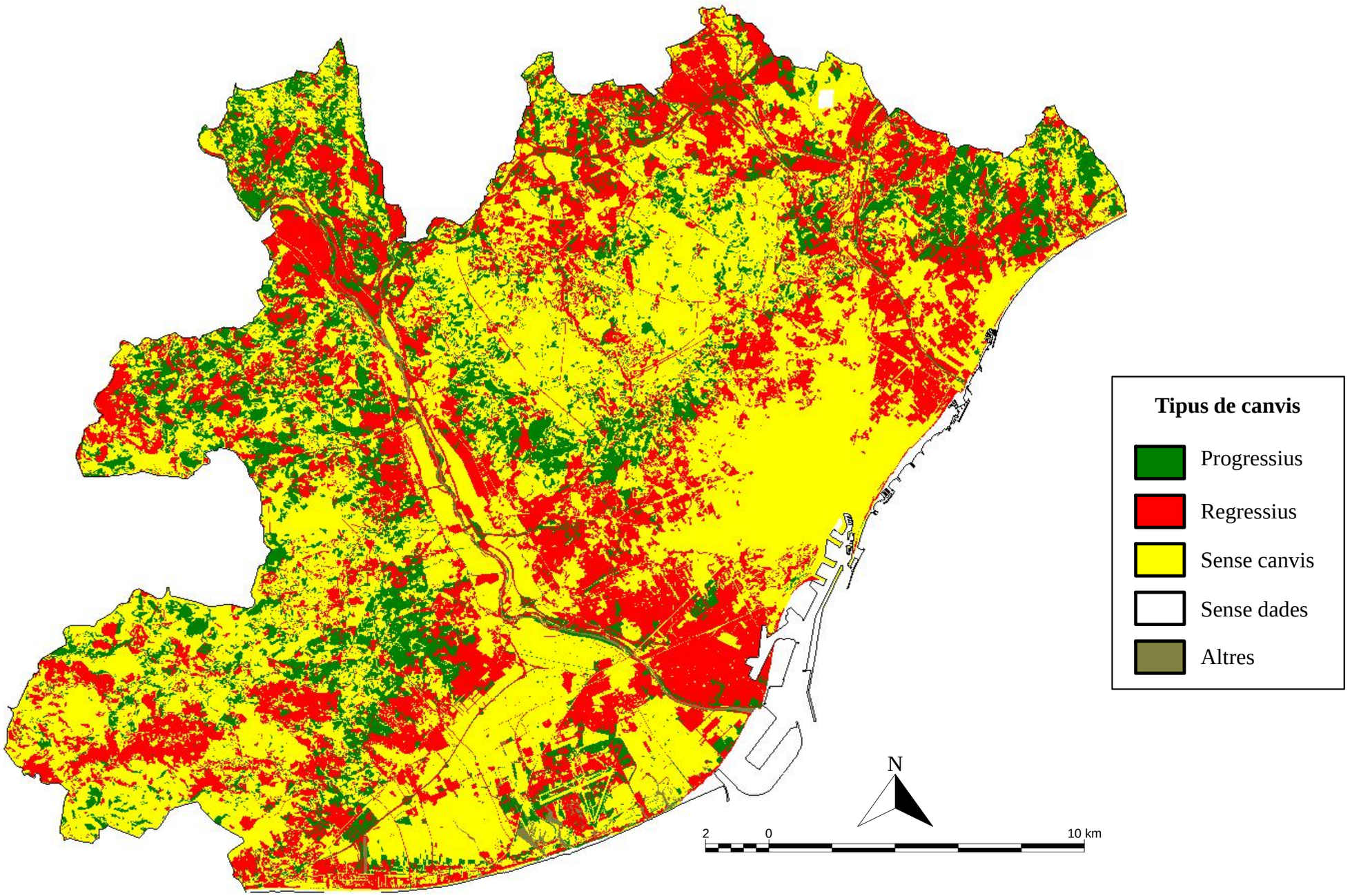




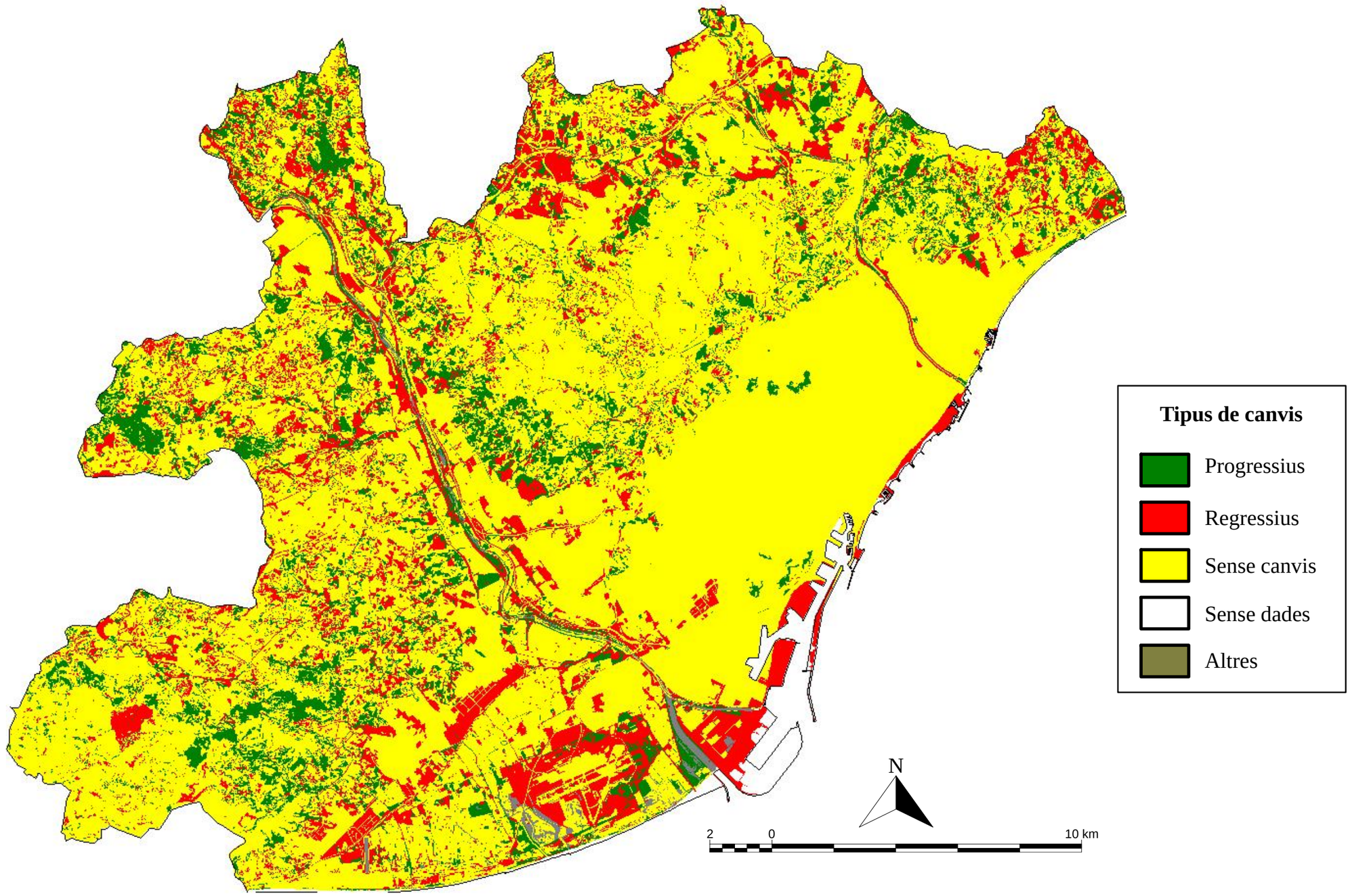
Mapa 7. Tipus de canvis en les cobertes de sòl (1956-2009) a l`Àrea Metropolitana de Barcelona
(Font: elaboració propia, a partir dels mapes de cobertes del sòl del CREAF)



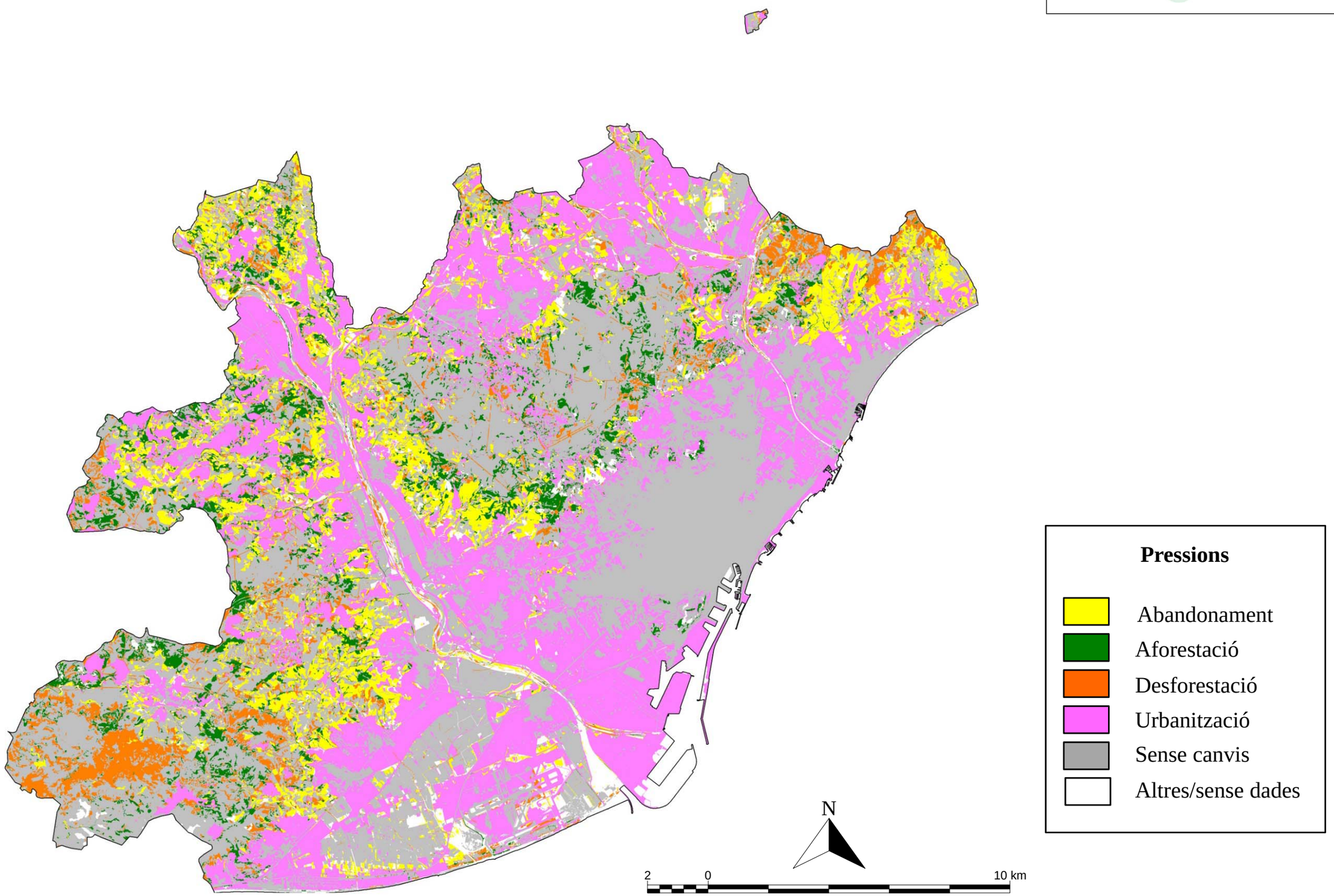
Mapa 8. Tipus de canvis en les cobertes de sòl (1956-1993) a l`Àrea Metropolitana de Barcelona
(Font: elaboració propia, a partir dels mapes de cobertes del sòl del CREAF)



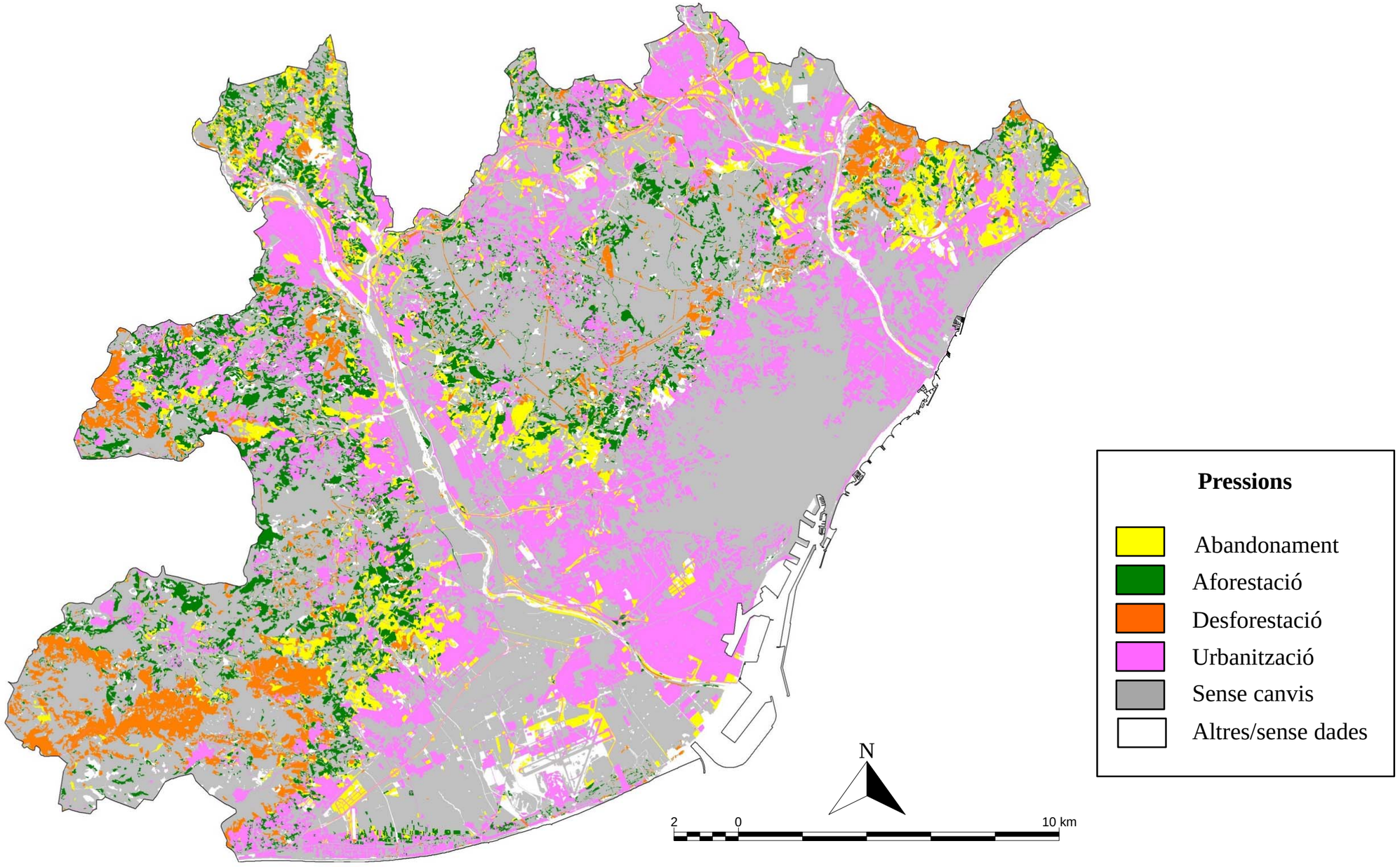
Mapa 9. Tipus de canvis en les cobertes de sòl (1993-2009) a l`Àrea Metropolitana de Barcelona (Font: elaboració propia, a partir dels mapes de cobertes del sòl del CREAF)



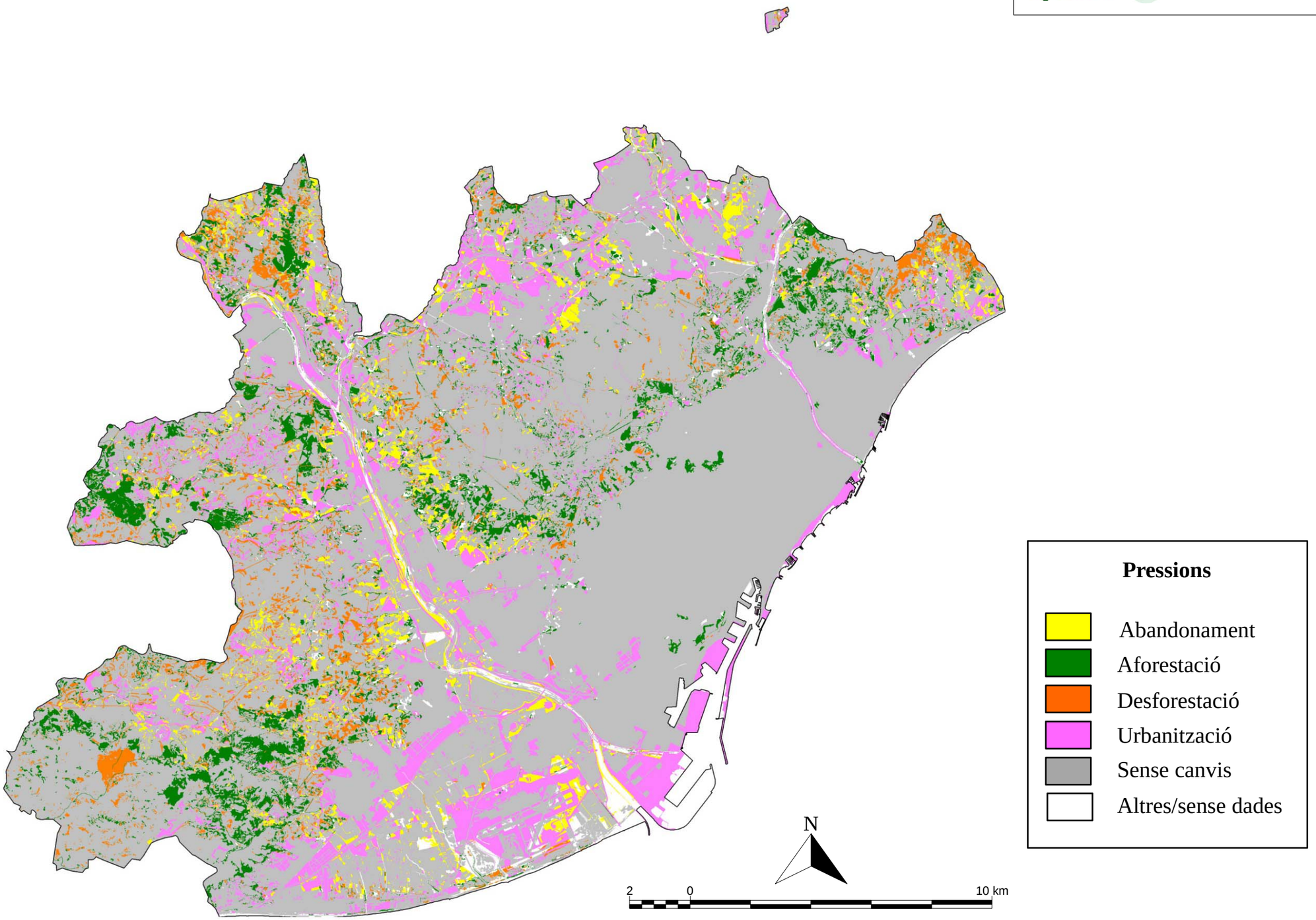
Mapa 10. Pressions sobre la biodiversitat (1956-2009) a l`Àrea Metropolitana de Barcelona
(Font: elaboració propia, a partir des mapes de cobertes del sòl del CREAF)



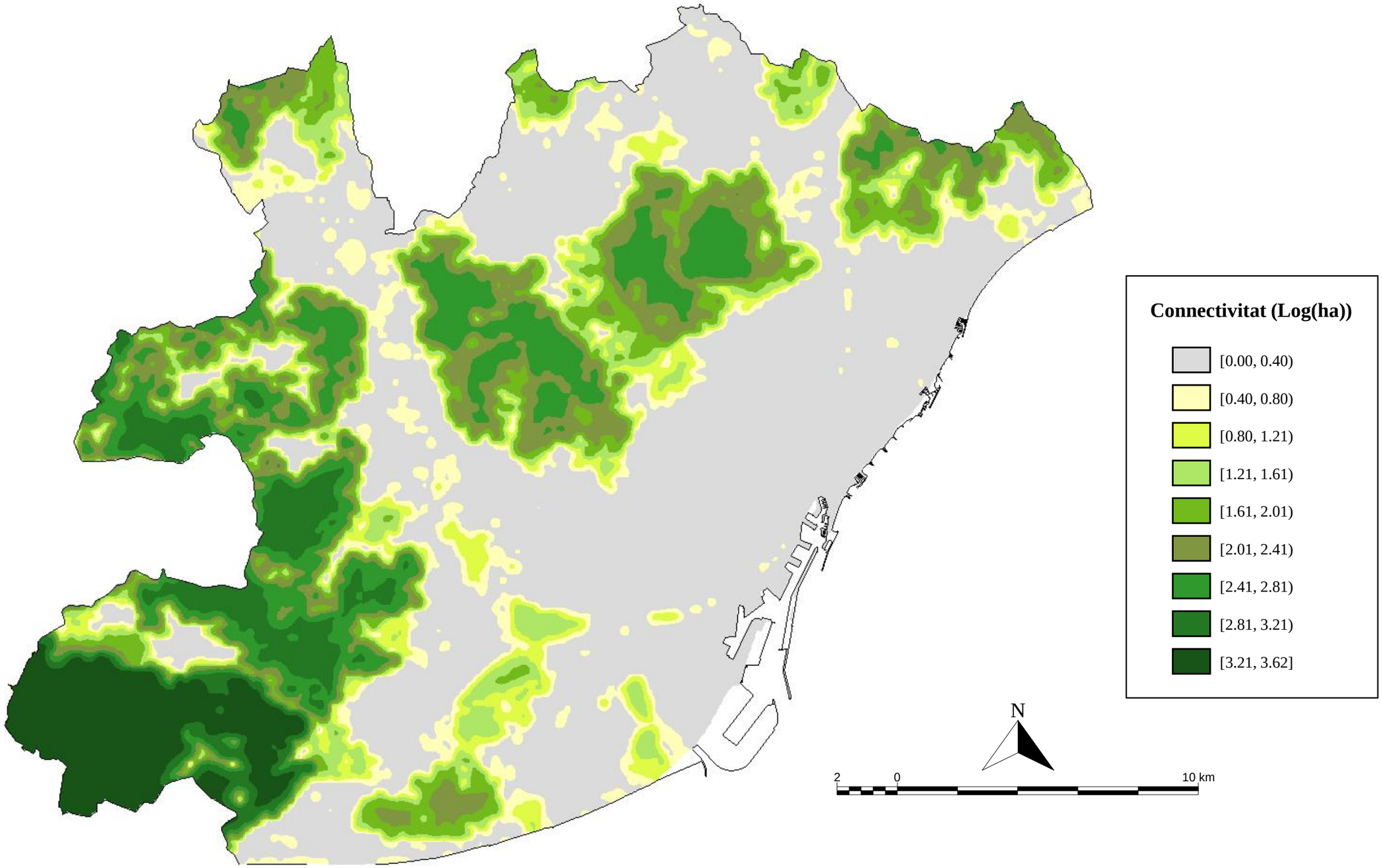
Mapa 11. Pressions sobre la biodiversitat (1956-1993) a l`Àrea Metropolitana de Barcelona
(Font: elaboració propia, a partir des mapes de cobertes del sòl del CREAF)



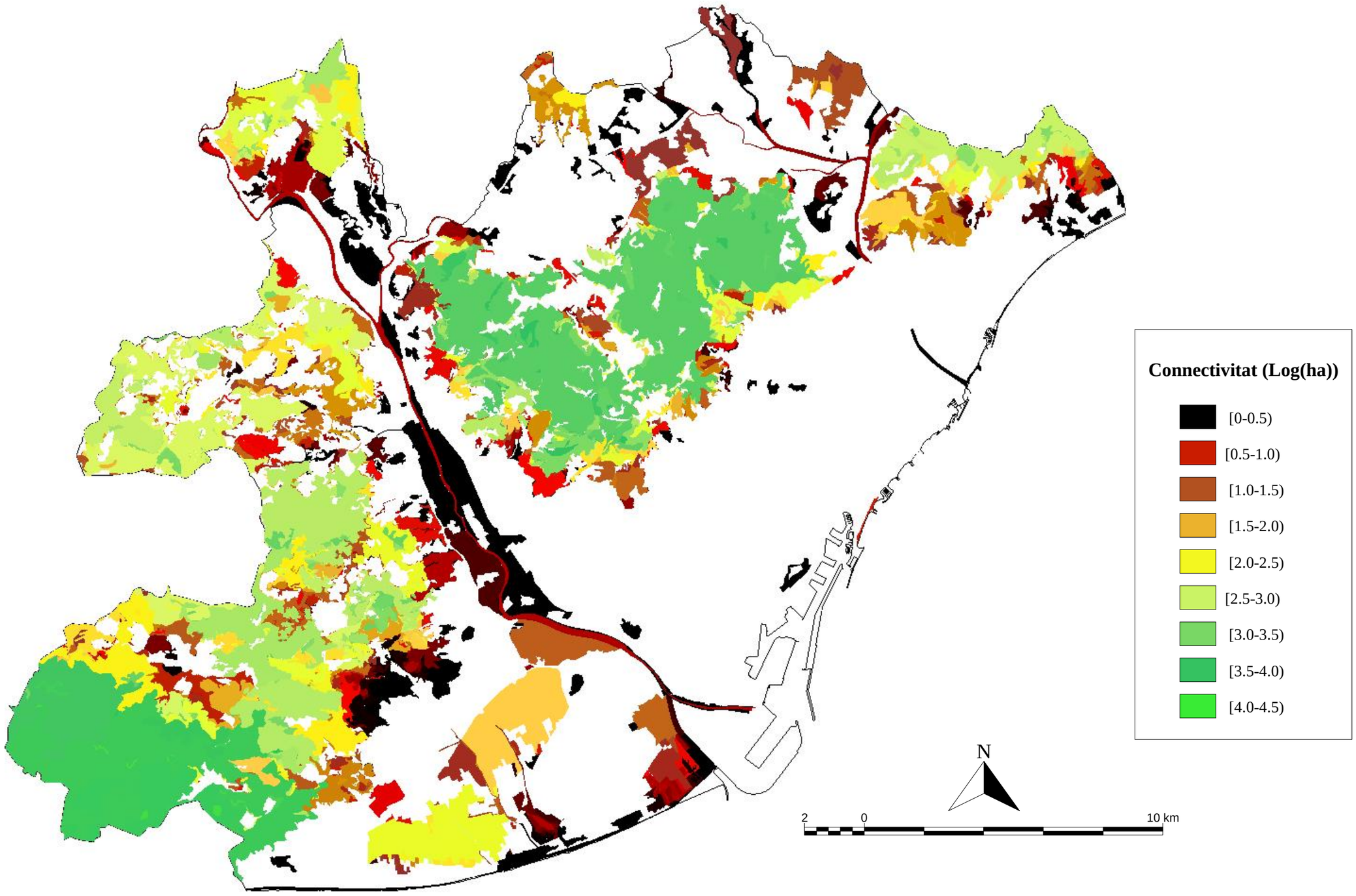
Mapa 12. Pressions sobre la biodiversitat (1993-2009) a l`Àrea Metropolitana de Barcelona
(Font: elaboració propia, a partir des mapes de cobertes del sòl del CREAF)



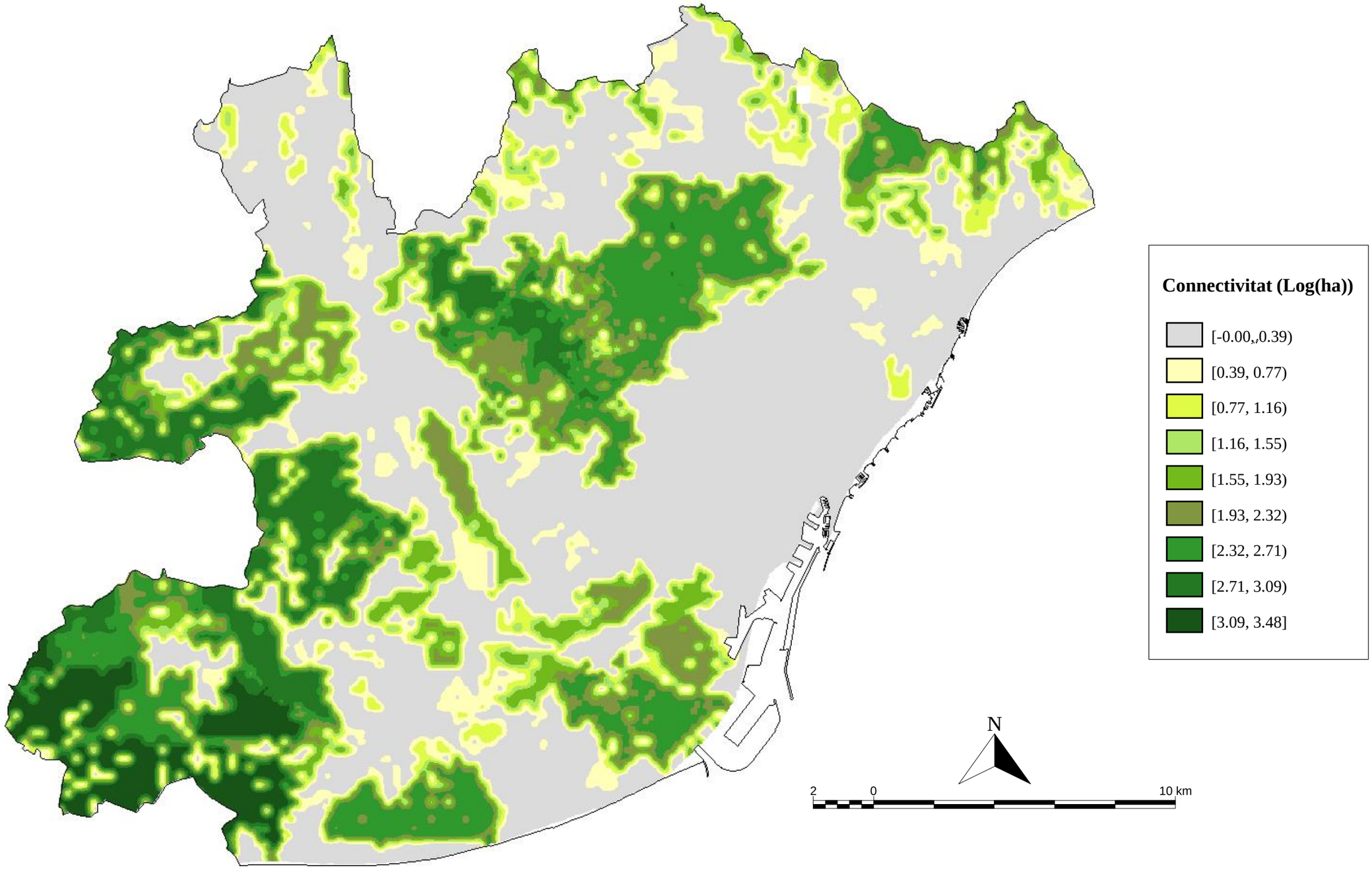
Mapa 13. Índex de connectivitat ecològica de 2005 de l'Àrea Metropolitana de Barcelona
(Font: elaboració pròpia, a partir del MCSC 2005)



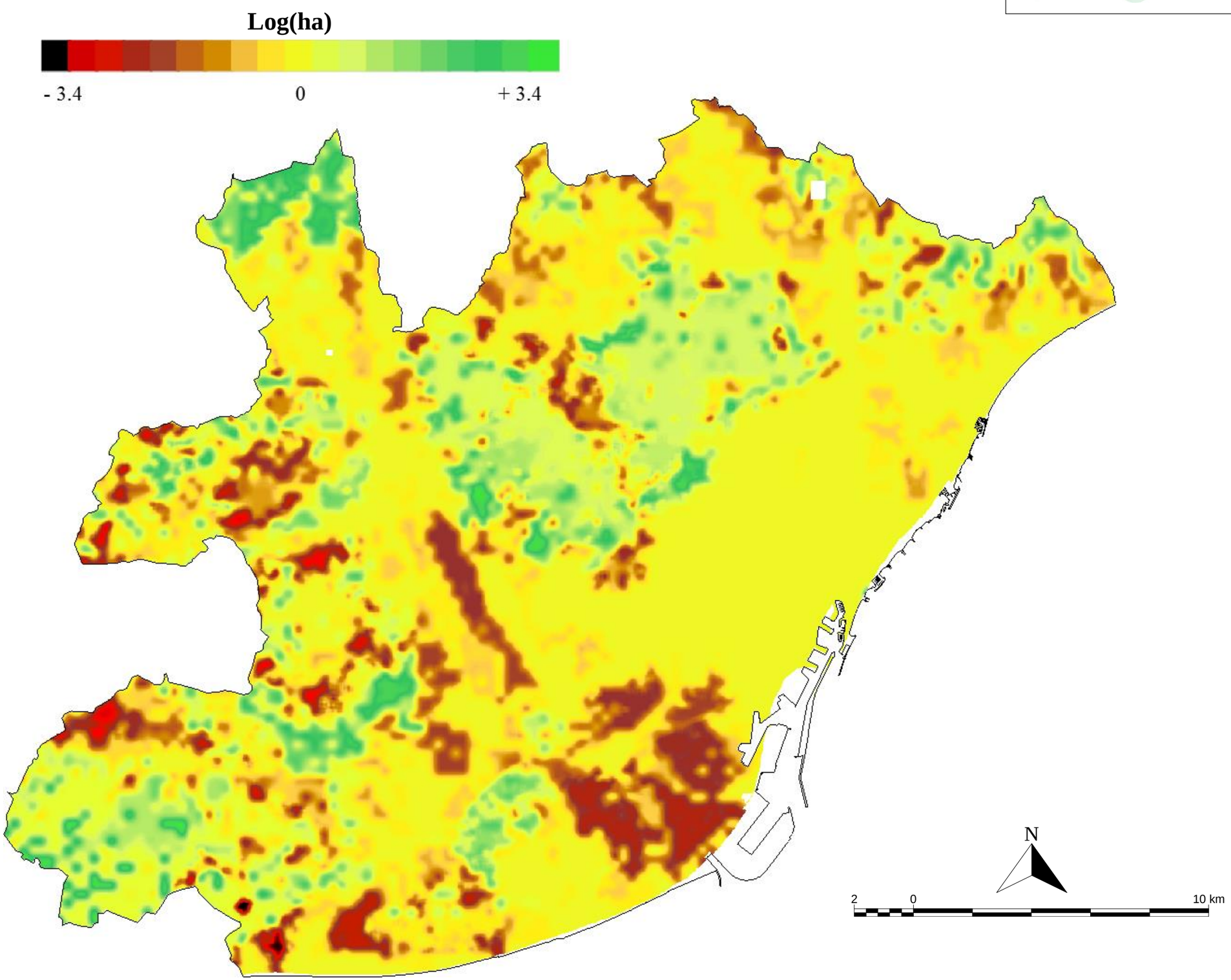
Mapa 14. Connectivitat mitjana per als principals polígons d'hàbitats no urbans de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (Font: elaboració pròpia, a partir del MCS56_B i la Cartografia dels Hàbitats de Catalunya)



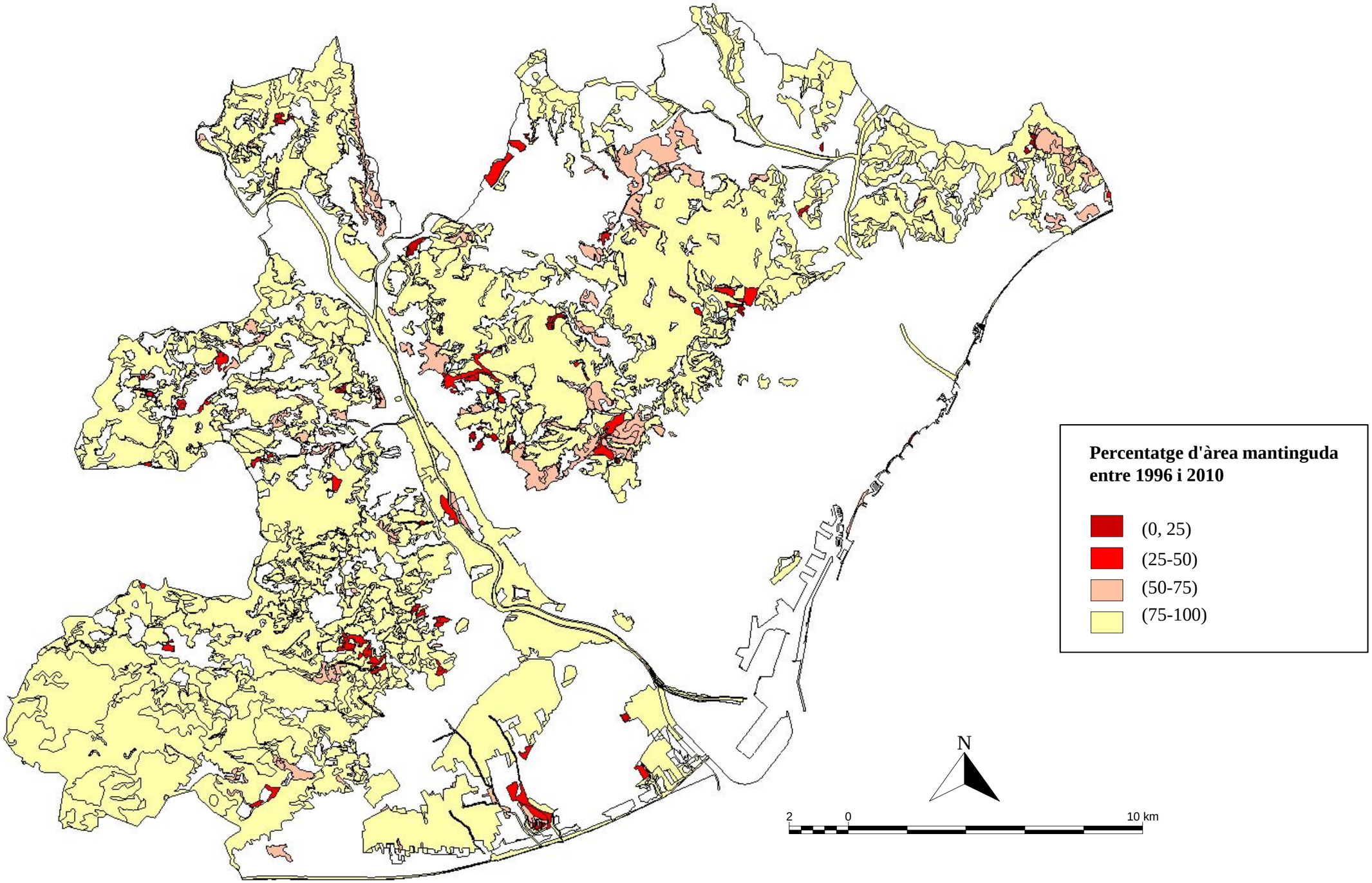
Mapa 15. Índex de connectivitat ecològica de 1956 de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (Font: elaboració pròpia, a partir del MCS56_B)



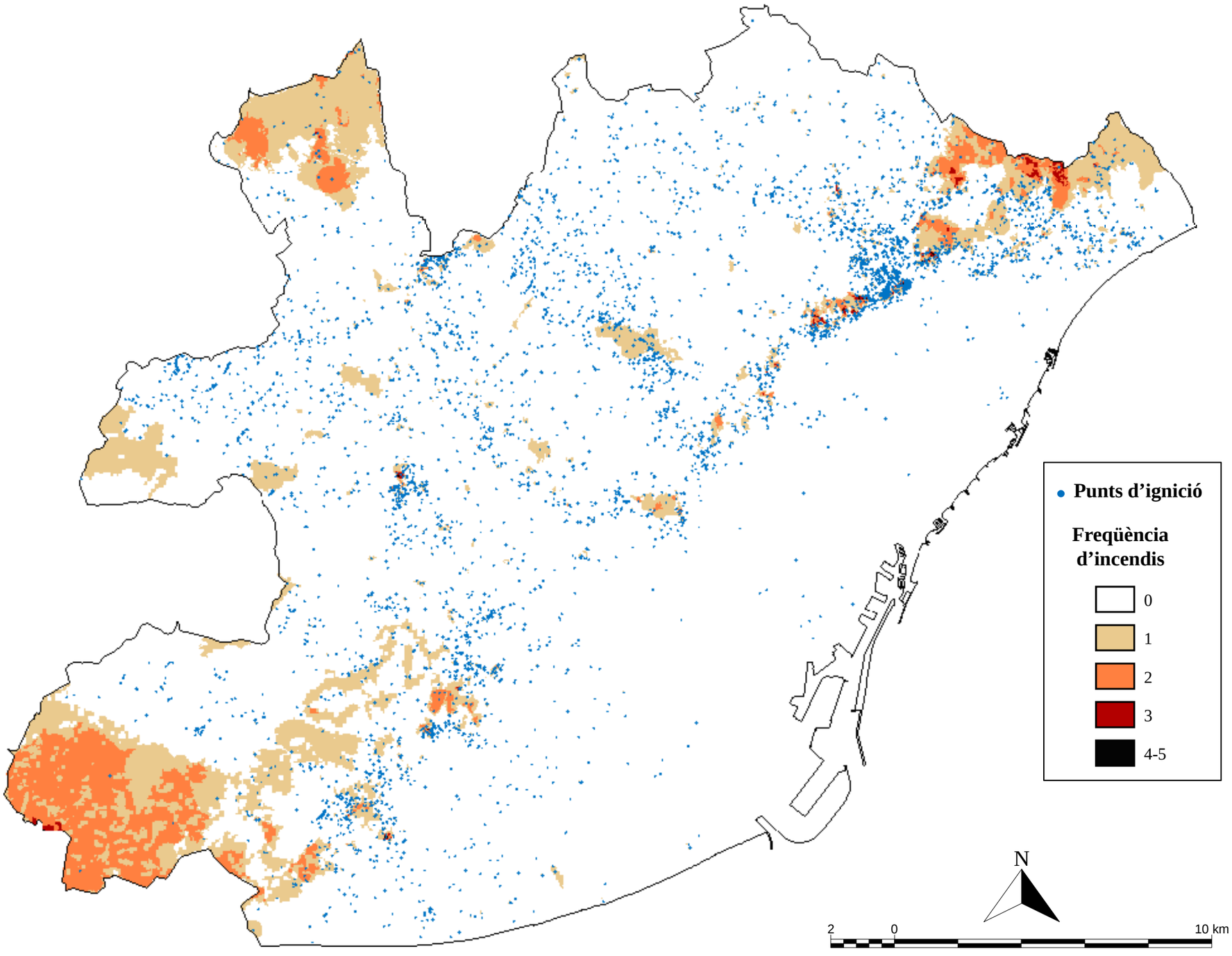
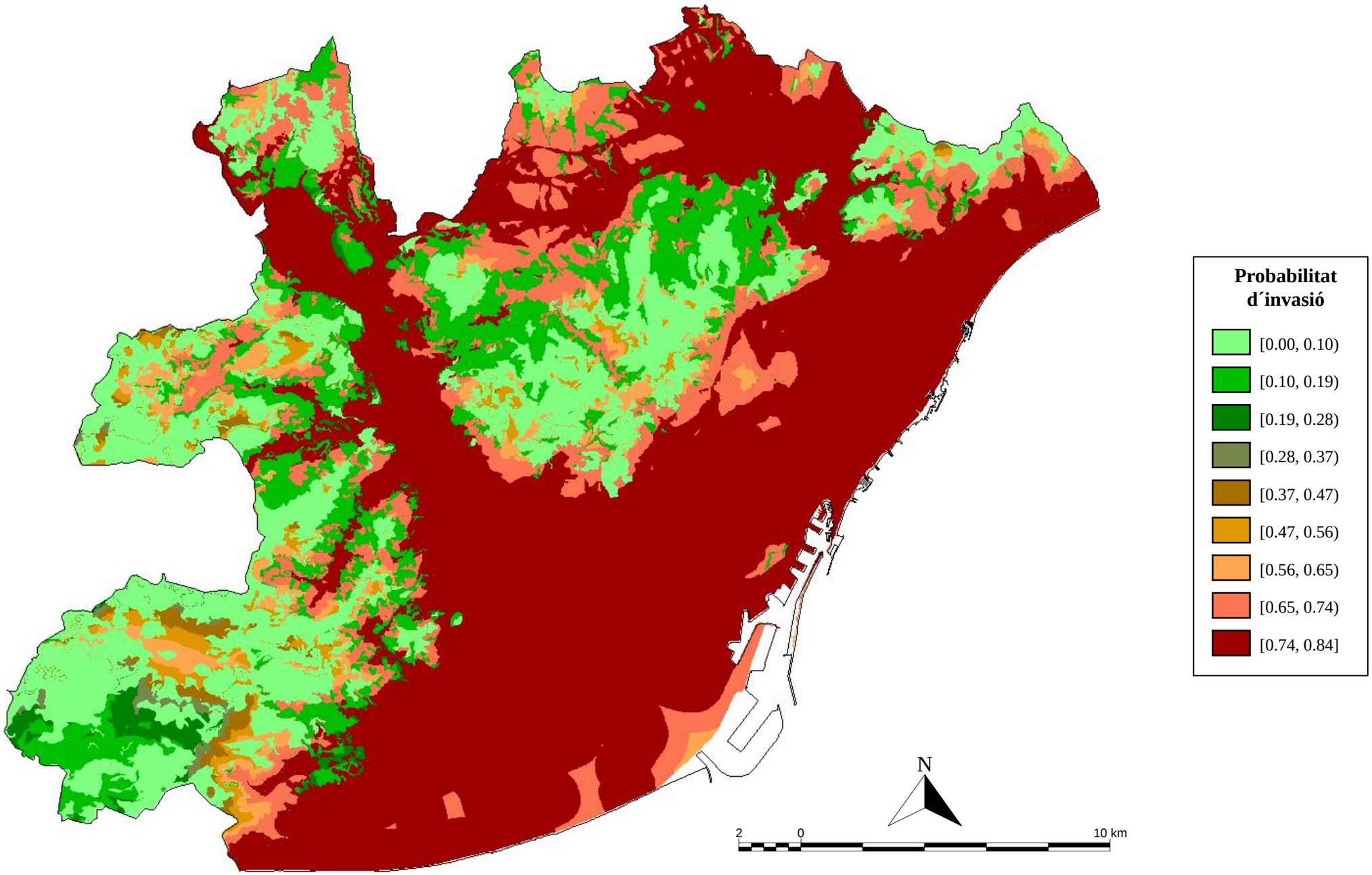
Mapa 16. Increment de la connnectivitat ecològica a l'Àrea Metropolitana de Barcelona entre 1956 i 2005
(Font: elaboració pròpia, a partir dels índexs de connectivitat ecològica de 1956 i 2005)



Mapa 17. Pèrdua d'àrea relativa (en %, entre 1996 i 2010) als hàbitats de l`Àrea Metropolitana de Barcelona (Font: Mapes d´hàbitats de Catalunya, GeoVeg, 1996, 2010)



Mapa 18. Punts d'ignició (1990-2013) i freqüència de focs (1975-2013) a l`Àrea Metropolitana de Barcelona (Font: CREAF i AMB)



Mapa 19. Risc d'invasió per plantes a l`Àrea Metropolitana de Barcelona
(Font: elaboració pròpia, a partir de dades de camp de 2012, CREAF)